

**UNIVERSIDAD CENTRAL  
VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DESARROLLO DE UN MODELO DE GESTIÓN PARA EL  
MANTENIMIENTO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA  
TENSIÓN MEDIANTE LA METODOLOGÍA DMAIC, PARA LA  
REGIÓN HUETAR CARIBE DE LA DIVISIÓN DE  
DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL  
GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ESTUDIANTE: JEFFREY R. ALVARADO SALAS**

**TUTOR: ING. ROCÍO HERRERA QUESADA**

**SEDE METROPOLITANA, COSTA RICA  
DICIEMBRE, 2024**

# CONTENIDO

<b>DECLARACIÓN JURADA</b> .....	<b>1</b>
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b> .....	<b>2</b>
<b>SOLICITUD DE DEFENSA</b> .....	<b>3</b>
<b>CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR</b> .....	<b>4</b>
<b>CERTIFICADO DEL FILÓLOGO</b> .....	<b>5</b>
<b>CONTENIDO</b> .....	<b>7</b>
<b>TABLAS</b> .....	<b>12</b>
<b>FIGURAS</b> .....	<b>13</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>15</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>16</b>
<b>EPÍGRAFE</b> .....	<b>17</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO I. PROBLEMA</b> .....	<b>19</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.2 OBJETIVOS.....	21
1.2.1 <i>Objetivo general</i> .....	21
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	22
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	22
1.4 ANTECEDENTES.....	24
1.4.1 <i>Antecedentes nacionales</i> .....	24
1.4.2 <i>Antecedentes internacionales</i> .....	25
1.5 PROYECCIONES.....	26
1.5.1 <i>Alcances</i> .....	27
1.5.2 <i>Limitaciones</i> .....	27
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>28</b>
2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES .....	29
2.1.1 <i>Metodología DMAIC</i> .....	29
2.1.2 <i>Análisis FODA</i> .....	31
2.1.3 <i>Matriz de Estrategias FODA</i> .....	33

2.1.4 Cinco Porqués y un Cómo (5W+1W) .....	34
2.1.5 Lluvia de ideas.....	36
2.1.6 Diagrama de Ishikawa .....	39
2.1.7 Multivoto .....	42
2.1.8 Diagrama de Pareto .....	45
2.1.9 Los Cinco Porqués .....	46
2.1.10 Auditoria del Mantenimiento Efectivo. MES (Maintenance Effectiveness Survey) .....	49
2.1.11 Análisis Estadístico.....	50
2.1.12 Gráfico de Barras .....	53
2.1.13 Gráfico de Pastel .....	54
2.1.14 SIPOC.....	55
2.1.15 Diagrama de flujo .....	58
2.1.16 VOC (Voz del Cliente) .....	59
2.1.17 Árbol CTQ.....	63
2.18 Cuadro de Mando Integral en la Gestión del Mantenimiento (Balanced Scorecard).....	65
2.19 Diagrama de Gantt .....	67
2.1.20 Costo Beneficio .....	71
<b>2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA .....</b>	<b>74</b>
2.2.1 Visión / Misión .....	74
2.2.2 Antecedentes históricos .....	74
2.2.3 Ubicación geográfica .....	77
2.2.4 Estructura organizacional.....	78
2.2.5 Cantidad de empleados.....	80
2.2.6 Tipos de productos.....	80
2.2.7 Mercado de exportación .....	80
2.2.8 Descripción general del proceso productivo .....	80
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>86</b>
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	87
3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN .....	87
3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	88
3.3.1 Sujetos de información.....	89
3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS .....	91
3.5 INSTRUMENTOS .....	95
3.5.1 DMAIC .....	95
3.5.2 Análisis FODA .....	96
3.5.3 Matriz de Estrategias FODA.....	97
3.5.4 Cinco Porqués y un Cómo (5+W).....	97

3.5.5 Lluvia de ideas.....	98
3.5.6 Diagrama de Ishikawa.....	98
3.5.7 Multivoto.....	98
3.5.8 Diagrama de Pareto.....	99
3.5.9 Cinco Porqués.....	100
3.5.10 Auditoria del Mantenimiento Efectivo. MES (Maintenance Effectiveness Survey).....	101
3.5.11 Análisis Estadístico.....	101
3.5.12 Gráfico de Barras.....	101
3.5.13 Gráfico de Pastel.....	102
3.5.14 SIPOC.....	102
3.5.15 Diagrama de flujo.....	103
3.5.16 VOC (Voz del Cliente).....	103
3.5.16 Árbol CTQ.....	104
3.5.17 Cuadro de Mando Integral.....	104
3.5.19 Diagrama de Gantt.....	105
3.5.20 Costo Beneficio.....	106
3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	107
<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>110</b>
4.1 DEFINIR.....	111
4.1.1 Análisis FODA.....	111
4.1.2 Matriz de Estrategia FODA.....	113
4.1.3 Herramienta 5W + 1H.....	114
4.1.4 Lluvia de ideas.....	116
4.1.5 Diagrama Causa – Efecto (Ishikawa).....	117
4.1.6 Multivotación.....	119
4.1.7 Los Cinco Por qué.....	120
4.1.8 Gráfico de Pareto.....	122
4.1.9 Auditoria MES para la Gestión del Mantenimiento.....	123
4.2 MEDIR.....	125
4.2.1 Gráfico de Barras Comparativo de Cantidad de Averías.....	125
4.2.2 Gráfico de Barras Comparativo DPIR (Duración Promedio Interrupciones de la Red).....	126
4.2.3 Gráfico de Causas de averías o fallas que aportan al DPIR (Duración Promedio Interrupciones de la Red) total de la región.....	128
4.2.4 Gráfico de Pastel de las principales causas de averías o fallas que aportan al DPIR (Duración Promedio Interrupciones de la Red) total de la región.....	129
4.3 ANALIZAR.....	130
4.3.1 SIPOC Actual del proceso.....	130

4.3.2 Diagrama de flujo actual del proceso .....	131
4.3.3 VOC (Voz del cliente) .....	132
4.3.5 CTQ Parámetros Críticos para la Calidad .....	133
4.2.3 Gráfico de Pareto DPIR (Duración Promedio Interrupciones de la Red) aporte al total de la región. .....	134
4.2.6 Pareto de aporte de Subregiones al total del DPIR de la región. ....	135
<b>CAPÍTULO V. PROPUESTA .....</b>	<b>137</b>
5.1 MEJORAR .....	139
5.1.1 SIPOC Propuesto para la Gestión del Mantenimiento de la Región Huetar.....	139
5.1.2 Diagrama de Flujo Propuesto para la Gestión del Mantenimiento de la Región Huetar .....	141
5.1.3 Propuesta Análisis del impacto del DPIR en Ingresos por Subregión. ....	142
5.1.4 Propuesta Análisis de Pareto de Ingresos por Circuito de la Región. Enfoque de los Circuitos de Distribución como líneas de producción.....	144
5.1.5 Propuesta del Modelo para la Gestión del Mantenimiento de Redes de la Región basado en DMAIC. ....	145
5.1.6 Propuesta del Plan Piloto en la Subregión de Talamanca, basado en el Modelo para Gestión del Mantenimiento de Redes de la Región .....	146
5.1.7 Etapa (D)efinir para el Plan Piloto .....	146
5.1.8 Etapa (M)edir para el Plan Piloto. ....	147
5.1.10 Etapa (A)nalizar para el Plan Piloto. ....	150
5.1.11 Etapa (M)ejorar para el Plan Piloto Subregión Limón-Talamanca.....	157
5.1.11 Etapa (C)ontrolar para el Plan Piloto Subregión Limón-Talamanca. ....	158
5.2 CONTROLAR .....	159
5.2.1 Cuadro de Mando Integral.....	160
5.2.2 Diagrama de Gantt de plan de Implementación del plan piloto .....	161
5.2.3 Cronograma de Capacitación de la Metodología.....	162
5.2.3 Análisis de Costo Beneficio del Plan Piloto.....	163
<b>CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>165</b>
CONCLUSIONES .....	166
RECOMENDACIONES .....	166
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>168</b>
<b>APÉNDICES Y ANEXOS .....</b>	<b>174</b>
APÉNDICE 1: Ejemplo plantilla aplicada de la Auditoría del Mantenimiento Efectivo. MES (Maintenance Effectiveness Survey).....	175
APÉNDICE 2: MATRIZ CUALITATIVA DE RIESGO APLICADA.....	176

APÉNDICE 3: HERRAMIENTA VALORACIÓN DE RIESGOS UTILIZADA.....	177
APÉNDICE 4: GANTT DE IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN PILOTO CON BASE EN EL MODELO DE GESTIÓN PARA MANTENIMIENTO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN.....	181
APÉNDICE 5: GANTT DE CAPACITACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN PARA MANTENIMIENTO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN.....	182
ANEXO 1: SUPERVISIÓN DE A CALIDAD DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN (AR-NT-SUCAL) .....	183
ANEXO 2: AR-NT-SUCAL. CAPITULO X. DURACIÓN PROMEDIO DE INTERRUPCIONES DE LA RED. (DPIR) ..	185

## TABLAS

<b>Tabla 2.1</b> Cantidad de empleados por área .....	80
<b>Tabla 3.1</b> Variables de la investigación por objetivo específico .....	92
<b>Tabla 3.2</b> Fases del DMAIC y herramientas a desarrollar.....	96
<b>Tabla 4.1</b> Análisis FODA de la Gestión del Mantenimiento en la región Huetar Caribe .....	111
<b>Tabla 4.2</b> Matriz de Estrategia FODA .....	113
<b>Tabla 4.3</b> Lluvia de ideas, principales causas que afectan la gestión del mantenimiento.....	116
<b>Tabla 4.4</b> Tabla multivoto para la gestión del mantenimiento de la red de distribución .....	119
<b>Tabla 4.5</b> Asignación de pesos por prioridad de atención.....	120
<b>Tabla 4.6</b> Matriz de los 5 Por qué de los problemas detectados en la Gestión del Mantenimiento.....	121
<b>Tabla 4.7</b> Resumen de aplicación auditoria MES en la Gestión del Mantenimiento .....	123
<b>Tabla 4.8</b> La voz del cliente en cuanto requerimiento para sus procesos (VOC).....	133
<b>Tabla 5.1</b> Análisis del DPIR en función de los Ingresos.....	142
<b>Tabla 5.2</b> Método 5 Porqués aplicado a las secciones que aportan mayor DPIR a los circuitos de la subregión de Limón-Talamanca.....	152
<b>Tabla 5.3</b> Resultados del análisis de riesgos aplicado a las secciones que mayor DPIR aportan a los circuitos de la subregión de Limón-Talamanca .....	153
<b>Tabla 5.4</b> Matriz de criticidad aplicado a las secciones que mayor DPIR aportan a los circuitos de la subregión de Limón-Talamanca.....	155
<b>Tabla 5.5</b> Lluvia de ideas para atención de trabajos para atender a las secciones que mayor DPIR aportan a los circuitos de la subregión de Limón-Talamanca .....	157
<b>Tabla 5.6</b> Plan Maestro de Mantenimiento para atención de trabajos de las secciones que mayor DPIR aportan a los circuitos de la subregión de Limón-Talamanca .....	159
<b>Tabla 5.7</b> Cuadro de mando integral del plan de acción de mejoras para la subregión Limón .....	160
<b>Tabla 5.8</b> Diagrama de Gantt de implementación del plan piloto .....	161
<b>Tabla 5.9</b> Cronograma de capacitación del Modelo para la Gestión del Mantenimiento en redes de distribución para la región Huetar Caribe .....	162
<b>Tabla 5.10</b> Análisis de rentabilidad de las mejoras del plan de acción Limón-Talamanca.....	163

## FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> Metodología DMAIC .....	31
<b>Figura 2.2</b> FODA .....	32
<b>Figura 2.3</b> Matriz de estrategias FODA .....	33
<b>Figura 2.4</b> Elementos del método 5W+1H.....	35
<b>Figura 2.5</b> Ejemplo de diagrama Ishikawa .....	41
<b>Figura 2.6</b> Procedimiento de Multivotación .....	43
<b>Figura 2.7</b> Ejemplo de Diagrama de Pareto .....	46
<b>Figura 2.8</b> Ejemplo de gráfico de barras .....	54
<b>Figura 2.9</b> Ejemplo de gráfico de pastel .....	54
<b>Figura 2.10</b> Ejemplo de SIPOC .....	56
<b>Figura 2.11</b> Ejemplo de diagrama de flujo.....	59
<b>Figura 2.12</b> Cómo hacer un árbol de calidad .....	64
<b>Figura 2.13</b> Cuadro de mando integral.....	67
<b>Figura 2.14</b> Ejemplo de Diagrama de Gantt .....	71
<b>Figura 2.15</b> Diagrama análisis costo – beneficio.....	73
<b>Figura 2.16</b> Mapa satelital de plantel del ICE. Barrio Los Ángeles, Guápiles. Coordinación General del Mantenimiento de redes de distribución de la región Huetar Caribe.....	78
<b>Figura 2.17</b> Organigrama de la Coordinación de la Región Huetar Caribe .....	79
<b>Figura 2.18</b> Diagramas de flujo del proceso de Mantenimiento de Redes .....	81
<b>Figura 2.19</b> Aspectos centrales de los Negocios del ICE en la estrategia 2023-2027 .....	82
<b>Figura 2.20</b> Aspectos centrales de los Negocios del ICE en la estrategia 2023-2027 .....	83
<b>Figura 2.21</b> Orientaciones Estratégicas de los Negocios del ICE 2023-2027 .....	84
<b>Figura 2.22</b> Propósitos Corporativos de Triple Utilidad de los Negocios del ICE 2023-2027 .....	85
<b>Figura 3.1</b> Herramientas a utilizar basado en DMAIC .....	88
<b>Figura 3.2</b> Acta de Constitución del Proyecto (Project Charter) para la investigación .....	90
<b>Figura 3.3</b> Procedimiento de Multivotación .....	99
<b>Figura 3.4</b> ¿Metodología de los 5 porqués?.....	100
<b>Figura 3.5</b> Ejemplo de diagrama de flujo.....	103
<b>Figura 3.6</b> Pasos para la construcción de un cuadro de mando integral.....	105
<b>Figura 3.7</b> Ejemplo de diagrama de Gantt.....	106
<b>Figura 3.8</b> Ejemplo de plantilla para cálculo de costo – beneficio de escenarios de alternativas de mejora para la gestión de mantenimiento .....	107
<b>Figura 3.9</b> Diagrama de Flujo del proceso para la recolección y análisis de datos .....	108
<b>Figura 4.1</b> 5W + 1H.....	115
<b>Figura 4.2</b> Diagrama Causa y Efecto de la gestión del mantenimiento.....	117
<b>Figura 4.3</b> Gráfico de Pareto de las causas que afectan la Gestión de Mantenimiento de Redes de Distribución .....	122
<b>Figura 4.4</b> Gráfico de radar de los resultados de la auditoría MES .....	124
<b>Figura 4.5</b> Cantidad de averías primarias .....	126

<b>Figura 4.6</b> Duración Promedio de Interrupción de la red de distribución de la región .....	127
<b>Figura 4.7</b> Total de Causas de fallas de la red de distribución de la Región Huetar Caribe.....	128
<b>Figura 4.8</b> Principales Causas de fallas que aportan al DPIR de la región Huetar Caribe .....	129
<b>Figura 4.9</b> SIPOC actual de la Gestión del Mantenimiento de redes de distribución .....	130
<b>Figura 4.10</b> Diagrama de Flujo Actual de la Gestión del Mantenimiento de la red de distribución.....	132
<b>Figura 4.11</b> CTQ Parámetros Críticos para la Calidad percibida por la Voz del Cliente.....	134
<b>Figura 4.12</b> Pareto del aporte de DPIR de los circuitos al Total Regional.....	135
<b>Figura 4.13</b> Aporte de las subregiones al DPIR Total de la Región Huetar.....	136
<b>Figura 5.1</b> SIPOC Propuesto para la Gestión del Mantenimiento de Redes de Distribución .....	140
<b>Figura 5.2</b> Diagrama de Flujo Propuesto para la Gestión del Mantenimiento .....	141
<b>Figura 5.3</b> Impacto en pérdidas de Ingresos por el efecto del DPIR en las Subregiones.....	143
<b>Figura 5.4</b> Gráfico Pareto de Ingresos por Circuitos de Distribución de la Región.....	144
<b>Figura 5.5</b> Modelo de Gestión del Mantenimiento para Redes de Distribución.....	145
<b>Figura 5.6</b> Etapa Definir del Modelo de Gestión para el Mantenimiento de Redes .....	146
<b>Figura 5.7</b> Etapa Medir del Modelo de Gestión para el Mantenimiento de Redes .....	147
<b>Figura 5.8</b> Diagrama de Ishikawa que afectan la subregión Limón-Talamanca .....	148
<b>Figura 5.9</b> Gráfico de Pareto de Causas que mayormente afectan la subregión Limón-Talamanca .....	148
<b>Figura 5.10</b> Aporte del DPIR según la protección que operó .....	149
<b>Figura 5.11</b> Etapa Analizar del Modelo de Gestión para el Mantenimiento de Redes .....	150
<b>Figura 5.12</b> Pareto de secciones que aportan DPIR a los circuitos de la subregión de Limón-Talamanca .....	151
<b>Figura 5.13</b> Resultados del análisis de riesgos aplicado a las secciones que mayor DPIR aportan a los circuitos de la subregión de Limón-Talamanca .....	154
<b>Figura 5.14</b> Evaluación y análisis con dron a las secciones que mayor DPIR aportan a los circuitos de la subregión de Limón-Talamanca.....	156
<b>Figura 5.15</b> Etapa Mejorar del Modelo de Gestión para el Mantenimiento de Redes .....	157
<b>Figura 5.16</b> Etapa Controlar del Modelo de Gestión para el Mantenimiento de Redes.....	158

## DEDICATORIA

A Dios, que, desde antes de nacer estaba en sus planes; me permitió venir a este mundo y hacer verbo que todo lo puedo hacer en su Nombre; que me fortalece cada segundo, cada instante de mi vida; que, aunque ande en valle de sombra de muerte, no temeré mal alguno porque estará conmigo; haga lo que haga, lo haga en su nombre y siempre me acompañará; que tenga Fe, que me esfuerce, que sea valiente, que confíe en Él y me irá bien, y definitivamente estoy convencido que me cuida todos los días ...

A mis hijas; Lara y Alanna, regalos de Dios, mis tesoros, mi vida.

A mi esposa Natalia, por su amor, paciencia, tolerancia y apoyo.

A mi madre Rosa, roca fuerte y mujer de Dios; por sus oraciones, amor y consejo.

A mi familia, que, sin duda, de alguna u otra forma, me han apoyado.

A Tatiana, por su apoyo, consejo y que, con su pensamiento crítico, me ayudó a enfocar el proyecto.

## **AGRADECIMIENTOS**

Un agradecimiento de todo corazón, a cada uno de mis compañeros en la región en el proceso de Mantenimiento de Redes, que, con sus ejemplos, desde su metro cuadrado de acción y desde su forma tan práctica de ver las redes de distribución abonaron lo que ya dio forma a este proyecto, a todos ellos y ellas, por su apoyo, su consejo, recomendaciones, altamente agradecido.

A mis compañeros de trabajo en la oficina por su apoyo.

A mi familia y personas cercanas, que estuvieron pendientes y apoyando el esfuerzo, muchas gracias.

## EPÍGRAFE

*Con Amor, con Respeto, con Cariño, con Actitud y mucha Pasión es posible y más sencillo avanzar.*

Jeffrey Alvarado Salas

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en el Instituto Costarricense de Electricidad, en el sector de Electricidad, en la División Distribución y Comercialización, específicamente, en la región Huetar Caribe, en el proceso de Mantenimiento de Redes de Distribución. El estudio contempló los últimos 32 meses (años 2022, 2023 hasta agosto 2024), el enfoque de este, se basó en analizar cómo disminuir el DPIR (Duración Promedio de Interrupción de la Red de Distribución de la región), este índice es mandatorio por la ARESEP para el ICE, para definir la continuidad y calidad del servicio eléctrico entregado a todos los clientes servidos por las empresas distribuidoras en el país, en este caso, 221 421 consumidores con una longitud de red de distribución de 6100 km. Se utilizó la metodología DMAIC para el estudio del proceso de mantenimiento, para mejorar el índice indicado, y sobre todo, para el desarrollo de un modelo de gestión que permita la mejora continua del proceso de mantenimiento, así como su eficacia y eficiencia. La metodología DMAIC se utiliza como base para el desarrollo del modelo de gestión para el mantenimiento, aquí se aplican una serie de herramientas y se crean otras para el uso en cada etapa del modelo. Dentro de los resultados más importantes, según el análisis, y mediante la herramienta de Pareto, se establece el 80/20 de los circuitos de la región que mayor aportan al DPIR, entre ellos los circuitos de Costanera, Muelle Alemán, Moín, Bribri, por mencionar algunos; otro resultado importante es el DPIR aportado por las subregiones, es decir, el de mayor impacto de averías, que corresponde a la subregión Limón-Talamanca; asimismo se estableció un Pareto de ingresos por circuitos. Desde la voz del cliente (VOC) y el CTQ (parámetros de calidad) los consumidores indican un impacto crítico en sus procesos productivos por las fallas por suministro eléctrico, el cual está asociado como parámetro de calidad al DPIR. Con base en el modelo desarrollado se aplica un plan piloto a la Subregión Limón-Talamanca, la cual, según análisis, representó un total en pérdidas por DPIR en 32 meses de 150 millones de colones, como resultado calculado de las mejoras, el costo beneficio es de 1.89, con una TIR de 10% y un VAN de 4 202 854, lo cual hace las propuestas de mejora muy rentables, lo que da como resultado el cumplimiento del objetivo general.

**Palabras clave:** DMAIC, Modelo de Gestión para Mantenimiento de Redes de Distribución.

## **CAPÍTULO I. PROBLEMA**

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La presente investigación se refiere al análisis de la gestión del proceso de mantenimiento de la red de distribución de la región Huetar Caribe, de la División de Distribución y Comercialización del Instituto Costarricense de Electricidad.

La región Huetar Caribe no cuenta con un modelo o método estandarizado de gestión del mantenimiento, posee debilidades en el registro de costos por el mantenimiento de la red de distribución, no posee una estrategia clara de la gestión del mantenimiento, un adecuado gerenciamiento de los recursos para el mantenimiento (humanos, materiales, financieros), no posee procesos de mejora continua para el mantenimiento, los indicadores asociados a la regulación del país brindada por ARESEP están en aumento, por lo que los clientes tienen un alto impacto en el uso del servicio eléctrico, por tales razones, las decisiones no consideran los índices técnicos, económicos y el análisis de riesgo en las inversiones.

Al tener esta condición, los costos del mantenimiento seguirán sin control y si no se tiene clara la identificación de estos, las acciones en los circuitos de distribución y en las inversiones no serán optimizadas. A raíz de lo antes mencionado, con esta investigación se pretende analizar la gestión del mantenimiento que permita el aprovechamiento máximo de los recursos y que sirva de instrumento para la toma adecuada de las decisiones, tanto en costos como en inversiones.

En la región se atiende la distribución y comercialización de la electricidad de alrededor de 223 000 clientes, con una red de distribución cercana a los 6100 kilómetros. En total se atienden 35 circuitos de distribución en toda la región, con una estructura organizacional de 4 subregiones que se dedican al mantenimiento de la red de distribución: Guápiles, Siquirres, Limón – Talamanca, Turrialba – Cóncevas.

La región tiene una facturación cercana a los 8 468 mil millones de colones mensuales, asimismo tiene una duración promedio de interrupción de la red distribución de 13.69 horas (DPIR), esto traducido en dinero son pérdidas, ya que ese valor representa a nivel de la región, que la cantidad de clientes servidos estuvo sin suministro eléctrico 13.69 horas, lo cual se refleja en pérdida de ingresos. Las principales causas asociadas a las fallas en la red de distribución son: Fauna, flora, desconocidas, daños en

elementos, entre otras. Las principales consecuencias que pueden generar esta condición de fallas o averías son: Pérdida de ingresos, multas por mala calidad y continuidad del servicio eléctrico, implicaciones negativas con el ente regulador (ARESEP), pérdida de imagen y confianza de los clientes.

La región utiliza el sistema SAP para gestionar el mantenimiento de la red de distribución, en el cual se registran las actividades de mantenimiento que se aplican a los circuitos de distribución, estas labores y métodos de trabajo, así como la priorización de actividades no están normalizados en la región y división, es decir, no existe un modelo de gestión del mantenimiento.

El análisis que se pretende desarrollar, también busca las soluciones integrales, un cambio de cultura en razón de los rendimientos, visto los circuitos de distribución como líneas de producción, que generan ingresos, esto para fomentar un compromiso por parte de todos los colaboradores que gestionan el mantenimiento de las redes de distribución, así como el bienestar de estos, para lo cual esta investigación aporta a otro de los objetivos estratégicos de la división y la región, promover una cultura de alto rendimiento, compromiso y enfoque en los resultados, manteniendo el bienestar financiero del Instituto y de los colaboradores.

Por lo anterior, se considera la siguiente interrogante: ¿Cómo mejorar la gestión del mantenimiento de redes de distribución en media tensión de la región Huetar Caribe, mediante la metodología DMAIC?

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general**

Analizar el proceso de Mantenimiento de Redes de Distribución de la región Huetar Caribe, de la División de Distribución y Comercialización del Instituto Costarricense de Electricidad, para desarrollar mediante la metodología DMAIC, un modelo de gestión de mejora continua para el mantenimiento de la red de distribución, para brindar mejor calidad, continuidad del servicio eléctrico, además de disminuir el DPIR regional en al menos 1 hora y obtener una mejor experiencia cliente.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Definir los factores que influyen en la problemática en la gestión del proceso de Mantenimiento, de los circuitos de distribución de media tensión de la Región Huetar Caribe.
- Medir el impacto de las causas y efectos actuales de las fallas de la red de distribución de la región Huetar Caribe.
- Analizar las causas que afectan la gestión del mantenimiento en redes de distribución para la Región Huetar Caribe.
- Mejorar la gestión del mantenimiento mediante el establecimiento de un modelo de mejora continua basado en la metodología DMAIC, que impacte positivamente en los índices de calidad y continuidad de la red de distribución.
- Implementar un plan piloto de mejora continua basado en la metodología DMAIC.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Esta investigación se encuentra alineada con los objetivos de la División y la Gerencia Electricidad, uno de estos, de los más importantes, es lograr la sostenibilidad financiera en todas las líneas del negocio y la experiencia cliente, esta investigación busca la optimización de los recursos, además de que las inversiones y el riesgo, desde el punto de vista de mantenimiento, sea gestionado con el mejor método, esto va a impactar de forma positiva este objetivo estratégico. Otro de los objetivos claves es el de aumentar la excelencia operacional mediante la innovación tecnológica y mejores prácticas de gestión, para lo cual la investigación, con el desarrollo de la propuesta para la gestión del mantenimiento basado en la metodología DMAIC, propone mejores prácticas, un análisis de criticidad para la aplicación del modelo, en razón de riesgos que

impacten la variable económica, por lo que va a ayudar con la búsqueda de la mejora continua tanto en las prácticas de gestión como en la innovación. El método, modelo o estrategia que se propone, también busca las soluciones integrales, un cambio de cultura en razón de los rendimientos, compromiso por parte de todos los colaboradores que gestionan el mantenimiento de las redes de distribución, así como el bienestar de estos, para lo cual la investigación aporta a otro de los objetivos estratégicos del negocio de electricidad, promover una cultura de alto rendimiento, compromiso y enfoque en los resultados de negocio, manteniendo el bienestar de los colaboradores.

Si la investigación no se ejecuta, no se tiene control sobre los costos y las inversiones que se generan en los circuitos de distribución de la División de Distribución y Comercialización, así mismo puede haber una afectación directa de la ARESEP sobre la Institución por el no cumplimiento de índices como el DPIR, afectando directamente las finanzas del ICE e impactando de forma negativa en los clientes de la empresa. Además, perjudicaría la imagen de la empresa, los costos, los ingresos ya que los clientes buscarían otras alternativas para atender su requerimiento del servicio eléctrico, por ejemplo, la generación distribuida, aumentaría las pérdidas por ingresos a la empresa. Todo esto, en el entorno tecnológico, puede provocar que clientes se pasen del sistema de distribución al sistema de transmisión, generando mayores pérdidas al ICE, así mismo que opten por otras tecnologías que le permitan el autoconsumo, y puede suceder que provoque que la regulación tarifaria promueva el uso de estas tecnologías, por lo que este tema va más allá de un impacto focal ya que impacta a las personas en sus tarifas eléctricas, sobre todo los clientes industriales.

Se propone una mejora sustancial, por lo que es necesario que se requiera de inmediato ejecutar la propuesta, para maximizar los recursos y tener un mejor enfoque, con herramientas que permitan tomar decisiones adecuadas debido al mantenimiento de los circuitos de distribución de la región y el país.

En el actual entorno político del país, se hace necesario buscar formas de bajar o disminuir el costo de la tarifa eléctrica para los consumidores, el desarrollo de esta investigación pretende proporcionar insumos para que este objetivo se cumpla con un enfoque sobre los ingresos, donde los circuitos de distribución tienen un rol predominante vistos como líneas de proceso.

En el entorno nacional e internacional se hace necesario realizar esfuerzos para optimizar los recursos, tanto en las empresas públicas como privadas en la variable de competitividad, razón por la cual, desde el punto de vista de mantenimiento, es necesario que esto se encuentre respaldado por un modelo que garantice que se tomaron las decisiones correctas mediante un análisis de riesgo.

## **1.4 ANTECEDENTES**

### **1.4.1 Antecedentes nacionales**

Núñez Mora, H. (2018). Diseño de un Modelo de Gestión de Mantenimiento basado en un Cuadro de Mando Integral (CMI) que alinee los objetivos del área de Dirección de Energía con los de la Compañía Coopesantos R.L. [Tesis de Licenciatura en Mantenimiento Industrial]. Instituto Tecnológico de Costa Rica. “De esta tesis, en particular, lo más interesante es el enfoque que le da el autor al control de índices basado en el Cuadro de Mando Integral para la gestión del mantenimiento en una red de distribución de energía.”

Varela Otárola, A. (2017). Propuesta de Modelo de Gestión de Mantenimiento para Industrias MAFAM S.A. [Tesis de Licenciatura en Mantenimiento Industrial]. Instituto Tecnológico de Costa Rica. “De esta tesis, en particular, lo más sobresaliente es el enfoque que le da el autor a las estrategias de mantenimiento y al diseño del modelo de Mantenimiento propuesto para la empresa.”

Mora Mata, F. (2018). Propuesta de un Modelo de Gestión de Mantenimiento para el Departamento Mantener la Red de la UEN Distribución de la JASEC. [Proyecto final de graduación, programa de maestría en administración de la ingeniería electromecánica]. Instituto Tecnológico de Costa Rica. “De este proyecto, en particular, lo más interesante es el enfoque que le da el autor al análisis del departamento de mantenimiento y la propuesta del modelo de gestión del mantenimiento.”

Castro Porras, J. (2019) Optimización del Modelo de Gestión de Mantenimiento para Centrales Hidroeléctricas de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A. [Tesis de Licenciatura en Mantenimiento Industrial]. Instituto Tecnológico de Costa Rica. “De esta

tesis, en particular, lo más destacable es el enfoque que le da el autor a las estrategias de mantenimiento y herramientas utilizadas para la optimización del modelo de gestión de mantenimiento.”

Castaing Duron, J. (2015) Mejora de la disponibilidad operacional de los equipos de protección de la red de transporte, mediante la implementación de un RCM. [Tesis de Licenciatura en Mantenimiento Industrial]. Instituto Tecnológico de Costa Rica. “De esta tesis, en particular, lo más importante es el enfoque que le da el autor a la metodología RCM y sus herramientas.”

#### **1.4.2 Antecedentes internacionales**

Ordoñez Sanclemente, J.P. (2010). Nieto Alvarado, L.G. (2010). Mantenimiento de sistemas eléctricos de distribución. [Tesis para obtener grado de Ingenieros Electricistas]. Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil. “De esta tesis, en particular, lo más relevante es el enfoque que le da el autor a los diferentes métodos existentes del mantenimiento y la metodología aplicable a la red de distribución para validar estos en la propuesta.”

Mosquera Ávila, G.A. (2015). Optimización de proyectos de mantenimiento de redes de distribución eléctrica, basado en el riesgo de la ocurrencia de fallas de sus equipos. [Tesis de maestría en sistema eléctricos de potencia]. Universidad de Cuenca. “De esta tesis, en particular, lo más interesante es el enfoque de optimización en las actividades del mantenimiento basado en sus activos y el riesgo, así como el impacto de los recursos con que se cuenta. Con la revisión de este trabajo la idea es incorporar como base la gestión de activos y riesgos en la propuesta.”

Arancibia Ordenes, R.E. (2008). Plan de Mantenimiento basado en criterios de confiabilidad para una empresa de distribución eléctrica. [Tesis para optar título de Ingeniero Civil Electricista]. Universidad de Chile. “De esta tesis lo más relevante es el enfoque de criterios de confiabilidad utilizados para la red de distribución eléctrica para validar la incorporación de la confiabilidad en la propuesta.”

Amendola, L. (2018). Organización y Gestión del mantenimiento. PMM Institute for learning. “De este libro, en particular, es destacable la gestión del mantenimiento basado en las buenas prácticas y la gestión de activos, la confiabilidad y el enfoque a la ISO 55 000. Lo más interesante de este texto es tropicalizar en la propuesta las ideas de buenas prácticas en el mantenimiento de redes, la base de la gestión de activos y la confiabilidad como ejes para la gestión del mantenimiento y, por ende, la disminución de los índices del DPIR y FPI de la red de distribución”.

Parra Márquez, C.A. Crespo Márquez, A. (2015). Ingeniería y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos. Asociación para el desarrollo de la ingeniería de mantenimiento (Ingeman). “De este libro se rescata la gestión de activos y la confiabilidad para la gestión del mantenimiento y su aplicabilidad a un modelo de gestión del mantenimiento de redes de distribución de electricidad”.

Bonilla, Iván (2017). Planificación del mantenimiento basado en un modelo de riesgo para redes de distribución en el corto y mediano plazo. Uniandes. “De este texto es relevante el modelo en riesgo que permite la planeación del mantenimiento de redes de distribución basado en una propuesta de un contexto regulado, y el mejor aprovechamiento en términos de confiabilidad para la incorporación en la investigación y la propuesta.”

## **1.5 PROYECCIONES**

Según el alcance de esta investigación se espera lograr:

1. La evaluación del proceso de mantenimiento de redes de distribución de la región Huetar Caribe.
2. El desarrollo de un modelo de gestión del mantenimiento que se adapte más al proceso de mantenimiento de la región.
3. La ejecución de un plan piloto de una subregión de la región, para aplicar el modelo desarrollado.
4. La disminución del promedio del DPIR acumulado de la región, basado en los resultados del plan piloto.

### **1.5.1 Alcances**

La investigación se realizará en la Región Huetar Caribe, en el proceso de Mantenimiento de redes de Distribución, de la División de Distribución y Comercialización, de la Gerencia de Electricidad del ICE.

Con este proyecto se espera mejorar el índice de continuidad y de calidad DPIR (Duración Promedio de Interrupciones de la Red de Distribución), además de la experiencia cliente de los abonados servidos por la institución en la región Huetar Caribe.

### **1.5.2 Limitaciones**

El proyecto no tiene limitantes materiales, solo posee confidencialidad de la información al ser fuentes de uso interno de la empresa y el tiempo para ejecutar el plan piloto para las mejoras.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

## **2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES**

Seguidamente se detallan las herramientas y conceptos ingenieriles que se tomaron en cuenta para el desarrollo del presente estudio.

### **2.1.1 Metodología DMAIC**

#### **¿Qué es DMAIC?**

Es un ciclo de mejora basado en datos que ayuda a las organizaciones a medir y mejorar su rendimiento. DMAIC es el acrónimo de cinco pasos: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. El objetivo principal de DMAIC es identificar y eliminar los residuos en un proceso empresarial. Esto puede hacerse mediante la aplicación de herramientas y técnicas Lean y Six Sigma. El DMAIC puede ser una forma eficaz de mejorar el rendimiento de la empresa, ya que puede ayudarle a identificar y resolver problemas, realizar mejoras y hacer un seguimiento de los resultados (safetyculture, 2023).

#### **Los beneficios de DMAIC**

El uso de esta metodología en las empresas tiene una serie de ventajas, dentro de las que se pueden mencionar:

- Ayudar a definir y medir claramente los objetivos.
- Hacer un seguimiento y mejorar el rendimiento a lo largo del tiempo.
- Proporcionar un marco para analizar los datos e identificar posibles mejoras.
- Ver las mejoras en la calidad, el tiempo de ciclo y la satisfacción del cliente.
- Ahorrar costes y aumentar los beneficios de las empresas que utilizan este método.

#### **El proceso/fases DMAIC**

El proceso es un enfoque basado en datos para la resolución de problemas que puede utilizarse en empresas de todos los tamaños. De seguido, se profundiza en las cinco fases basadas en el acrónimo DMAIC:

## **Definir**

El primer paso es identificar y definir claramente el problema que se quiere resolver. Esto incluye la comprensión de la causa raíz del problema y el establecimiento de un objetivo de mejora.

## **Medir**

Una vez definido el problema, hay que recopilar datos para comprender la situación actual. Esto incluye la medición de los indicadores clave de rendimiento (KPI) para seguir los progresos e identificar las áreas de mejora.

## **Analizar**

Después, hay que analizar los datos para ver cuál es la causa del problema. Esto incluye la identificación de la causa raíz y el desarrollo de hipótesis sobre cómo solucionarlo.

## **Mejorar**

Una vez que exista un plan de acción, es el momento de empezar a mejorar el negocio. Esto incluye la aplicación de los cambios y el seguimiento de los avances con respecto al objetivo fijado.

## **Controlar**

Por último, es importante poner en marcha sistemas que garanticen que las mejoras son sostenibles a largo plazo. Esto incluye el establecimiento de protocolos para medir los resultados y recalibrar los objetivos, según sea necesario.

**Figura 2.1 Metodología DMAIC**



Fuente: Safety Culture, 2023.

### **2.1.2 Análisis FODA**

El análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas), también conocido como análisis DAFO, es una herramienta de estudio de la situación de una empresa, institución, proyecto o persona, analizando sus características internas (Debilidades y Fortalezas) y su situación externa (Amenazas y Oportunidades) en una matriz cuadrada. Es una herramienta para conocer la situación real en que se encuentra una organización y planear una estrategia de futuro. El objetivo del análisis DAFO es determinar las ventajas competitivas de la empresa bajo análisis y la estrategia genérica que más le convenga en función de sus características propias y de las del mercado en que se mueve (Wikipedia Enciclopedia Libre, 2020).

Análisis interno: Los elementos internos que se deben analizar durante el análisis FODA corresponden a las fortalezas y debilidades que se tienen respecto a la disponibilidad de recursos de capital, personal, activos, calidad de producto, estructura interna y de mercado, percepción de los consumidores, entre otros. Fortalezas: para realizar el análisis interno de una corporación deben aplicarse diferentes técnicas que permitan identificar dentro de la organización qué atributos le permiten generar una ventaja competitiva sobre el resto de sus competidores. Debilidades: se refieren a todos aquellos elementos, recursos de energía, habilidades y actitudes que la empresa ya tiene

y que constituyen barreras para lograr la buena marcha de la organización. También están los siguientes aspectos: servicio que se brinda, financieros, de mercado, organizativos, y de control. Las debilidades son problemas internos que, una vez identificados y desarrollando una adecuada estrategia, pueden y deben eliminarse (Wikipedia Enciclopedia Libre, 2020).

Análisis externo: La organización no existe ni puede existir fuera de un entorno que le rodea. Así que el análisis externo permite fijar las oportunidades y amenazas que el contexto puede presentarle a una organización. El proceso para determinar esas oportunidades o amenazas se puede realizar estableciendo los principales hechos o acontecimientos del ambiente que tiene o podrían tener alguna relación con la organización. Oportunidades: son aquellos factores positivos que se generan en el entorno y que, una vez identificados, pueden ser aprovechados. Amenazas: son situaciones negativas, externas al programa o proyecto, que pueden atacar contra este, por lo que, llegado al caso, puede ser necesario diseñar una estrategia adecuada para poder sortearlas (Wikipedia Enciclopedia Libre, 2020).

**Figura 2.2 FODA**

## Infografía FODA



Fuente: <https://www.analisisfoda.com/>

### 2.1.3 Matriz de Estrategias FODA

Tomando como base el FODA, de la combinación de fortalezas con oportunidades surgen las potencialidades, las cuales señalan las líneas de acción más prometedoras para la organización o empresa. Las limitaciones, determinadas por una combinación de debilidades y amenazas, colocan una seria advertencia. Mientras que los riesgos (combinación de fortalezas y amenazas) y los desafíos (combinación de debilidades y oportunidades), determinados por su correspondiente combinación de factores, exigirán una cuidadosa consideración a la hora de marcar el rumbo que la organización deberá asumir hacia el futuro deseable como sería el desarrollo de un nuevo producto (Wikipedia Enciclopedia Libre, 2020).

**Figura 2.3** Matriz de estrategias FODA

<b>MATRIZ DAFO CRUZADO O CAME</b>	<b>Principales Oportunidades</b> 1. --- 2. --- 3. ---	<b>Principales Amenazas</b> 1. --- 2. --- 3. ---
<b>Principales Fortalezas</b> 1. --- 2. --- 3. ---	Estrategias FO (usar Fortalezas para aprovechar oportunidades)	Estrategias FA (usar fortalezas para evitar amenazas)
<b>Principales Debilidades</b> 1. --- 2. --- 3. ---	Estrategias DO (superar debilidades aprovechando oportunidades)	Estrategias DA (reducir debilidades y evitar amenazas)

Fuente: <https://rubenmanez.com/como-hacer-analisis-dafo-empresa/>

## 2.1.4 Cinco Porqués y un Cómo (5W+1W)

### ¿Qué es el método 5W1H?

El 5W1H es un planteamiento de preguntas y un método de resolución de problemas que pretende ver las ideas desde varias perspectivas con el objetivo de comprender en profundidad una situación concreta. Se suele utilizar como un método de mejora continua de los procesos y se consigue respondiendo a todos los elementos básicos de un problema: qué, quién, dónde, cuándo, por qué y cómo.

El 5W1H, también conocido como el método Kipling, es un conjunto de preguntas utilizadas por Rudyard Kipling para responder ampliamente a las preguntas existentes y desencadenar ideas que podrían contribuir a la resolución de un problema. Con el tiempo, el concepto se incorporó a las prácticas empresariales para eliminar errores, aumentar la eficiencia y agilizar los procesos.

El método Kipling es similar a otros métodos de mejora de procesos, como el análisis de la causa raíz, las 5S Lean y el ciclo PDCA.

Los elementos incluidos en el método 5W1H permiten un análisis exhaustivo de la situación presentada y permiten detectar oportunidades de mejora. Responder a las preguntas de las 5W y la 1H, y ser lo más detallado posible, ayuda a identificar posibles soluciones que podrían aplicarse y observar su eficacia.

Este enfoque se basa en responder las preguntas de quién, qué, dónde, cuándo, por qué y cómo. Al plantear preguntas de primer inventario 4 y 5 paso, se busca obtener información clave para el desarrollo y éxito de un proyecto. Estas preguntas, como “¿Quiénes serán los responsables de ejecutar el proyecto?” y “¿Cómo se llevará a cabo la implementación?”, permiten identificar los recursos humanos necesarios, las tareas específicas a realizar, los plazos y los métodos de ejecución.

Pueden colocarse en diferente orden, pero debe asegurarse que se incluyan las siguientes preguntas de 5W y 1H:

Figura 2.4 Elementos del método 5W+1H



Fuente: Los elementos del método 5W+1H | Safety Culture, 2024.

### Qué

El elemento *qué* debe describir claramente la situación, el problema específico o explicar básicamente el propósito del uso del método. Si es posible, también debería indicar el objetivo general de aplicación de la solución que se identifique.

### Quién

*Quién* se refiere a las personas o grupos específicos relevantes para el tema o la situación. Debe incluir a la persona que descubrió el problema, a la que posiblemente pueda resolverlo y a la que será responsable de aplicar la posible solución.

### Dónde

El elemento *dónde* debe contener la ubicación o posición exacta del asunto reconocido. Puede ser un lugar, una instalación o incluso un proceso determinado en el que se vaya a aplicar la solución.

### Cuándo

El *cuándo* debe incluir todos los componentes de la situación relativos a todo lo relacionado con las fechas. Debe indicar el calendario, el plazo, la duración o cualquier otro detalle que pueda ayudar a la resolución del problema.

## **Por qué**

Aunque cada uno de ellos es vital para lograr un enfoque eficaz de las preguntas, el *por qué* es probablemente uno de los elementos más importantes del método 5W1H. Explica en detalle la razón y los objetivos que hay detrás de la necesidad de actuar o por qué hay que emplear el método 5W1H en primer lugar. Esta última *W* también suele preguntarse cinco veces para descubrir la raíz de la situación y evitar que se repita. Este enfoque se denomina análisis de los 5 porqués.

## **Cómo**

El *cómo*, último elemento del método, especifica los pasos sobre cómo debe llevarse a cabo el/los planes/es identificado/s. También debe incluir todos los recursos, las herramientas, los métodos, los medios e incluso los gastos necesarios para que el esfuerzo sea eficaz.

En resumen, formular estas preguntas permite a los que van a utilizar el método 5W1H llegar al fondo de las cosas, estructurando sistemáticamente los pensamientos y destacando la información importante. En consecuencia, esto puede ayudar a reconocer los problemas potenciales y las posibles soluciones relacionadas con el escenario.

### **2.1.5 Lluvia de ideas**

La lluvia de ideas combina un enfoque informal y relajado para la resolución de problemas con el pensamiento lateral. Anima a las personas a pensar en ideas que, al principio, pueden parecer un poco locas.

Algunas de estas ideas pueden transformarse en soluciones originales y creativas a un problema, mientras que otras pueden generar aún más ideas. Esto obliga al cerebro a encontrar nuevas soluciones a problemas o ideas sobre un producto.

## **Origen**

La técnica de la lluvia de ideas fue desarrollada por Alex F. Osborn a finales de la década de 1940 para la resolución creativa de problemas. Frustrado por la incapacidad de los empleados para desarrollar ideas creativas para campañas publicitarias, Osborn notó que, durante las reuniones y discusiones de la empresa, los empleados no estaban

proponiendo ideas, métodos o soluciones creativas, lo que resultó en cierres de reuniones deficientes.

Osborn descubrió que las reuniones de negocios convencionales que él y sus colegas sostenían no incluían un intercambio de ideas útil y, por lo general, reprimían la espontaneidad de las personas y la capacidad de pensar libremente.

Entonces, Osborn empezó a establecer nuevos principios básicos para llevar a cabo reuniones efectivas que se basaran en la libertad mental y el pensamiento creativo.

Osborne nombró a estas reuniones de grupo como sesiones de “brainstorming” o «lluvia de ideas» y escribiría sobre la técnica en libros y publicaciones posteriores.

### **Reglas básicas o principios de la lluvia de ideas**

Si bien la lluvia de ideas ha evolucionado a lo largo de los años, los cuatro principios o reglas originales son un conjunto de pautas a ejecutar durante las sesiones. Estos principios incluyen:

- **Producir tantas ideas como sea posible:** Cuantas más ideas, mejor. Incluso si muchas de ellas nunca llegan a utilizarse. La idea es que la cantidad, eventualmente, genere calidad a medida que las ideas se refinan, fusionan y desarrollan más.
- **Nunca criticar las ideas de otro participante:** Los miembros del equipo deben tener la libertad de presentar todas y cada una de las ideas que se les ocurran. Criticar las ideas de los demás atrofia la creatividad y frustra el trabajo en equipo.
- **Evitar censurar ideas aparentemente «locas»:** Alentar a los miembros de su equipo a pensar fuera de la caja e introducir ideas “locas” abre la puerta a soluciones nuevas e innovadoras que pueden ser el boleto al éxito. La aparición de ideas locas en una sesión de lluvia de ideas es una señal de que se está pensando fuera de la caja, lo que significa que se están ejerciendo altos niveles de creatividad.
- **Desarrollar ideas existentes para expandirlas:** no solo se utiliza la lluvia de ideas para generar nuevas ideas. Es posible que se pueda trabajar sobre ideas antiguas para hacerlas frescas y utilizables nuevamente. Debe construirse sobre

ideas y establecer conexiones entre diferentes sugerencias para alentar el proceso de resolución de problemas.

### **Proceso para la lluvia de ideas:**

Para que surjan la verdadera creatividad e innovación, la lluvia de ideas debe seguir un proceso. El siguiente es un ejemplo de un proceso organizado para una sesión de lluvia de ideas:

- 1. Explicar el proceso.** El facilitador de la reunión debe describir claramente el proceso y las reglas.
- 2. Explicar el problema para el que se necesitan ideas.** Se define un objetivo para comprender cuál es el propósito principal de la lluvia de ideas. ¿Cuál es la pregunta para responder o el problema a resolver?
- 3. Recopilar ideas.** Una vez que se tiene un objetivo que alcanzar o un problema que resolver, se exploran diferentes aspectos del problema o situación y se enumeran formas de superar los desafíos.
- 4. Mostrar todas las ideas recopiladas.** Todas las ideas deben ser recopiladas y no debe haber ninguna evaluación de ideas en este momento.
- 5. Ordenar las ideas.** Agrupar ideas similares o relacionadas.
- 6. Eliminar las ideas.** Ahora se aplica el juicio, dentro de un entorno de respeto mutuo, y se decide qué ideas son las mejores para seguir: discusión y votación.
- 7. Priorizar las ideas restantes.** Hacer que el grupo decida el orden de importancia.
- 8. Decidir qué ocurrirá con las mejores ideas.** Definir los siguientes pasos para hacer avanzar la idea a lo largo del proceso; esto puede incluir como presentar la idea a la alta dirección, analizar la viabilidad de la idea, entre otros aspectos.

### **Ventajas**

Algunas de las ventajas de la lluvia de ideas incluyen:

- Desbloquea la creatividad mediante la colaboración.
- Rompe la monotonía y da una nueva perspectiva a la misma situación.
- Permite a las personas pensar con mayor libertad, sin temor a ser juzgadas.

- Fomenta la colaboración abierta y continua para resolver problemas y generar ideas innovadoras.
- Ayuda a los equipos a generar una gran cantidad de ideas rápidamente, que se pueden refinar y fusionar para crear la solución ideal.
- Permite a los equipos llegar a conclusiones por consenso, lo que lleva a un camino más completo y mejor informado.
- Ayuda a los miembros del equipo a sentirse más cómodos intercambiando ideas, incluso fuera de una sesión estructurada.
- Presenta diferentes perspectivas y abre la puerta a innovaciones listas para usar.
- Ayuda a los miembros del equipo a sacar ideas de la cabeza y llevarlas al mundo, donde se pueden ampliar, perfeccionar y poner en práctica.
- Es excelente para la formación de equipos. Nadie tiene la propiedad de los resultados, lo que permite un esfuerzo de equipo absoluto (Soloindustriales, 2020).

### **2.1.6 Diagrama de Ishikawa**

El diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de espina de pescado es una herramienta utilizada para identificar problemas en un sistema. Muestra cómo se relacionan las causas y los efectos y ayuda a analizar lo que va mal en los sistemas, procesos y productos. El nombre proviene del ingeniero japonés Kaoru Ishikawa, que desarrolló el método en la década de 1960.

Con el diagrama Ishikawa o diagrama de pescado, los ingenieros pueden comprender mejor los defectos del proceso de fabricación. Pero hoy en día, muchos profesionales del marketing utilizan el diagrama de Ishikawa para analizar situaciones complejas y encontrar la solución más eficaz para sus negocios (safetyculture, 2023).

Los diagramas Ishikawa pueden ser útiles en cualquier situación en la que sea necesario analizar problemas complejos o identificar las causas de los problemas en un sistema. Los equipos suelen utilizarlos en la fabricación, el marketing, el desarrollo de productos y otros campos que implican trabajar con personas, procesos y procedimientos. A continuación, se muestran las ventajas y desventajas del diagrama de Ishikawa. Algunas situaciones comunes en las que los diagramas Ishikawa pueden ser útiles son:

- Al identificar las causas de un problema.
- Cuando se trata de una lluvia de ideas para solucionar un problema.
- Al desarrollar o mejorar un proceso.
- Al analizar los datos de las encuestas a los clientes.
- Al evaluar los resultados de una campaña de marketing.
- Cuando se soluciona un problema con un producto o servicio.
- Cuando se planifica futuros proyectos o iniciativas.

Los diagramas Ishikawa tienen varias ventajas, entre ellas:

- Ayudan a identificar las causas de los problemas.
- Ayudan a los miembros del equipo a comunicarse y compartir ideas de forma más eficaz.
- Permiten a los equipos organizar, visualmente, la información compleja.
- Se pueden utilizar para aportar soluciones a los problemas.
- Permiten a los equipos hacer un seguimiento de los avances y planificar las acciones futuras.

Hay que tener en cuenta algunas desventajas de los diagramas de Ishikawa:

1. Su creación puede llevar mucho tiempo.
2. Pueden ser difíciles de interpretar si no están bien diseñados.
3. Pueden ser sesgados o incompletos si los miembros del equipo no participan activamente en el proceso de análisis.
4. Puede existir el riesgo de centrarse demasiado en los factores individuales en lugar de considerar cómo pueden interactuar entre sí.
5. Pueden ser difíciles de aplicar en situaciones en las que intervienen múltiples factores interrelacionados.

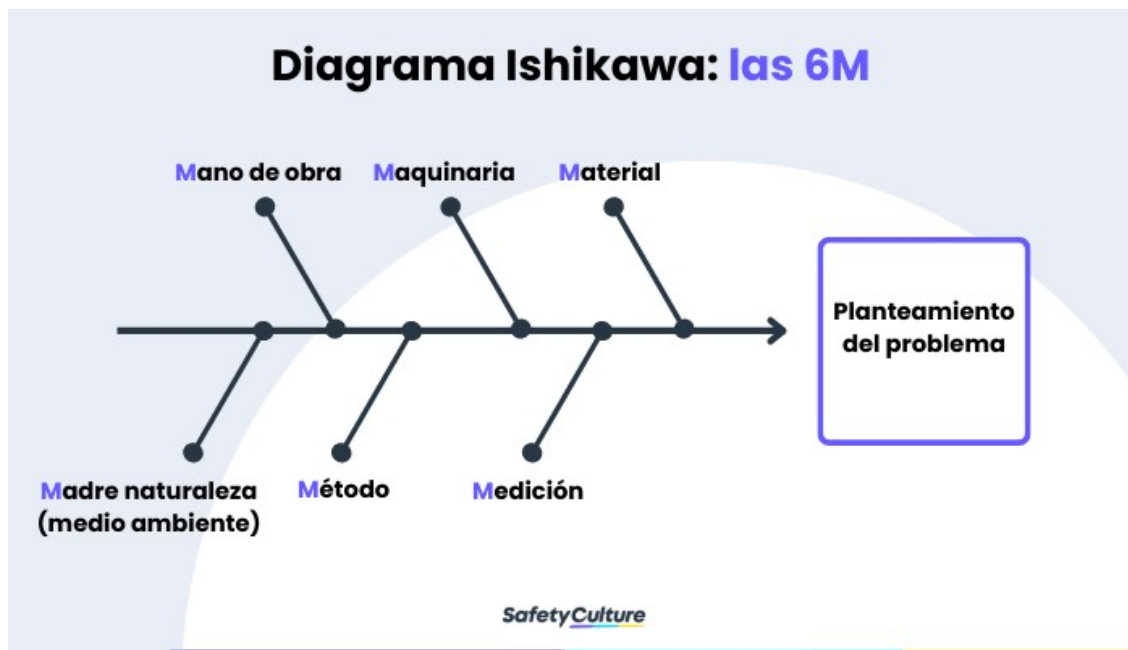
### ¿Qué son las 6 M de Ishikawa?

Las 6M de Ishikawa son factores críticos utilizados para identificar y analizar los problemas de un sistema. Estos factores incluyen:

1. **Material** – Se refiere a todos los componentes físicos o no físicos del sistema, incluidas las personas, los recursos y las herramientas.

2. **Método/Proceso** –Incluye los métodos y procedimientos utilizados para producir o entregar el producto o servicio.
3. **Máquina** –Representa las máquinas y equipos utilizados para crear o proporcionar el producto o servicio.
4. **Medición** – Se refiere a las herramientas y métodos utilizados para medir el progreso y el rendimiento.
5. **Mano de obra** –Son las personas que participan en la producción o entrega del producto o servicio.
6. **La madre naturaleza (medio ambiente)** –Representa los factores externos que afectan al sistema, como el clima, la geografía y la regulación.

Figura 2.5 Ejemplo de diagrama Ishikawa



Fuente: <https://safetyculture.com/es/temas/diagrama-ishikawa/>

### **2.1.7 Multivoto**

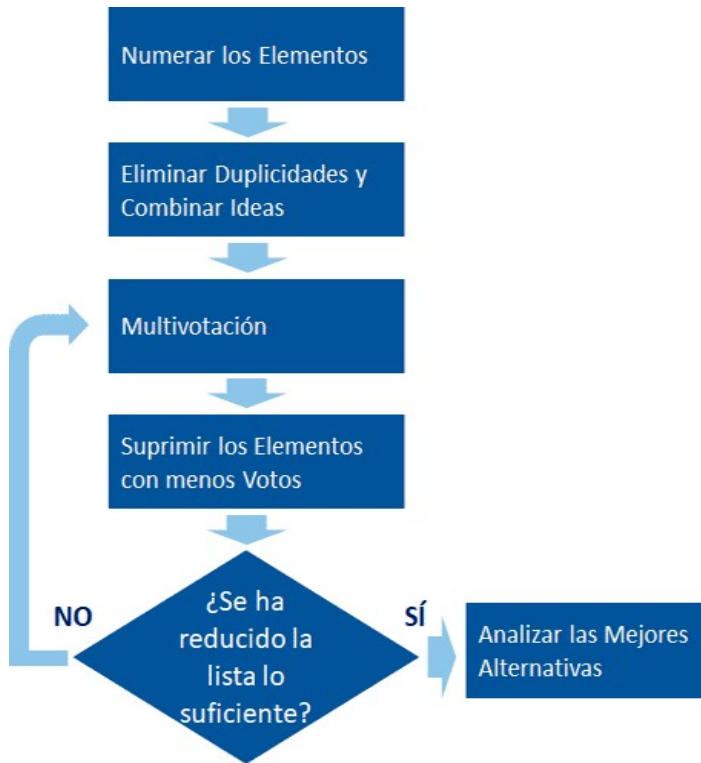
La multivotación es un procedimiento sencillo y estructurado que se aplica para seleccionar, de entre una amplia lista de elementos, aquellos que son más significativos y merecen mayor consideración.

Cuando se dispone de una gran cantidad de ideas u opciones la dificultad estriba en trabajar con ese alto número. Con la multivotación, esa amplia gama de elementos se reduce, lo que permite al equipo centrarse en unas pocas, más apropiadas e importantes. Con este fin, la técnica opera mediante una serie de votaciones, donde cada una de ellas reduce la lista en una cantidad especificada, generalmente la tercera parte (Scholtes, Joiner & Streibel, 2003)

#### **Procedimiento de Multivotación**

Para aplicar el procedimiento, en primer lugar, se debe de contar con una amplia lista de elementos. En esta capacidad para reducir esa lista a un tamaño manejable está la utilidad de la multivotación.

**Figura 2.6** Procedimiento de Multivotación



Fuente: Aiteco.com

## Procedimiento de Multivotación

### 1. Numerar los elementos

En primer lugar, se asigna un número a cada una de las ideas o elementos que componen la lista. Esto facilitará el trabajo posterior. Se utiliza para ello una pizarra, panel u hojas de rotafolios adosadas en la pared de forma que todos los elementos estén claramente visibles. También puede utilizarse la proyección de una tabla (documento u hoja de cálculo).

Al mismo tiempo, hay que asegurarse de que todas las personas del grupo comprendan el significado de cada idea.

### 2. Eliminar duplicidades y combinar ideas

En caso de que se identifiquen ideas duplicadas, hay que eliminarlas. Al mismo tiempo, y mientras se revisa la lista, combinar las ideas similares. Esto último se llevará a cabo solo si hay consenso entre los miembros del grupo.

### **3. Primera ronda de la Multivotación**

Hay que tener en cuenta que el objetivo es seleccionar los elementos más relevantes de la lista. En la multivotación, a cada miembro del equipo se le asigna un número de votos que es igual a la tercera parte del número total de elementos de la lista. Por ejemplo, si la lista es de 90 elementos, cada participante dispondrá de 30 votos.

Cada participante puede aplicar los votos a razón de uno, y no más de uno, por idea. Deben utilizarse todos los votos asignados.

Los votos pueden consistir en etiquetas adhesivas, que cada participante situaría junto a los elementos votados. Otro modo es que el moderador pregunte a cada participante por la asignación de votos y, entonces, marque los distintos elementos que reciben voto.

### **4. Descartar los elementos con menos votos**

Ahora se escribe, junto a cada elemento, el número de votos obtenido. Finalizada la votación se procede a eliminar los elementos menos votados. Para ello, se utilizan los siguientes criterios:

- En un equipo con hasta 5 miembros se eliminan los elementos que reciben 2 votos o menos.
- En el caso de un grupo de 6 a 15 miembros, se suprimen aquellos con 3 o menos votos.
- Si en el grupo hay más de 15 personas, se eliminan los que reciben 4 o menos votos.

Antes de dar por definitiva esta supresión de elementos, es conveniente preguntar al grupo si considera que hay que mantener alguno de los excluidos. Si hay consenso al respecto, se mantendrían para la segunda ronda.

### **5. Repetir el procedimiento de Multivotación.**

Se repite el procedimiento anterior hasta que la lista se ha reducido a un tamaño suficiente para que emerjan las mejores alternativas.

### **6. Analizar las mejores alternativas.**

Cuando la lista se ha reducido lo suficiente, el equipo podrá centrar la discusión en unos pocos elementos para decidir cuáles tienen mayor prelación.

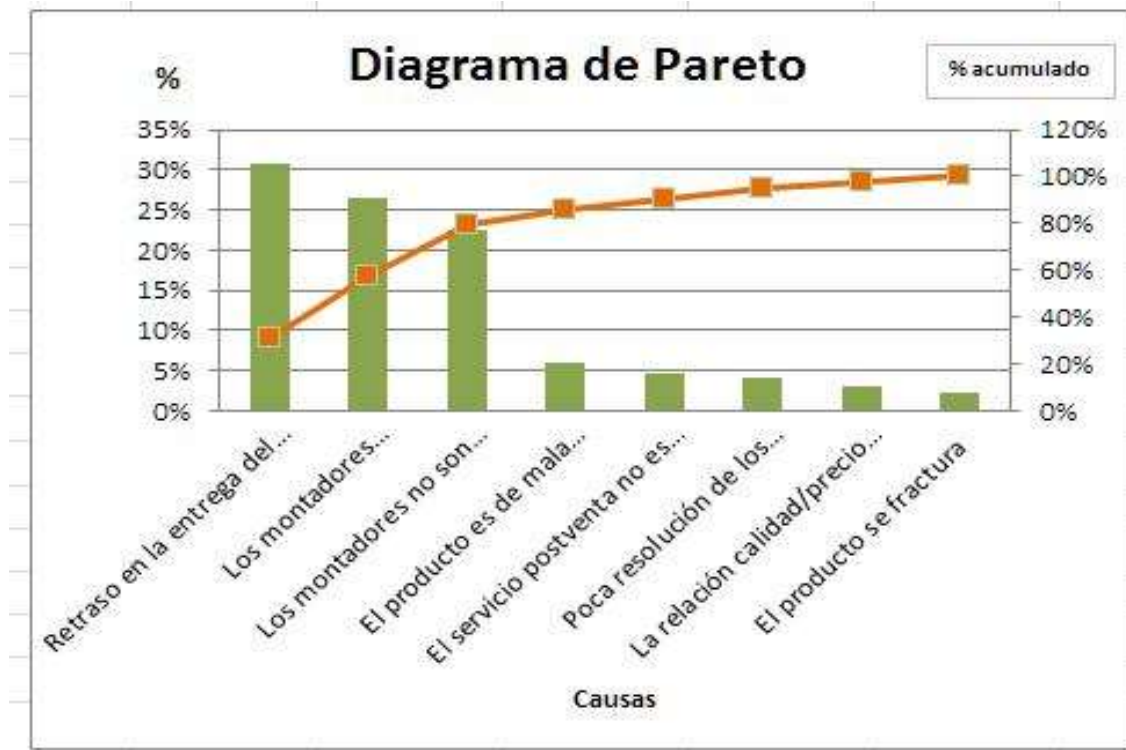
Esta prioridad puede determinarse con una herramienta como la matriz de priorización (Aiteco, 2020).

### **2.1.8 Diagrama de Pareto**

El diagrama de Pareto, también llamado curva cerrada o distribución A-B-C, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite asignar un orden de prioridades. El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos muy importantes. Mediante la gráfica se colocan los "pocos que son vitales" a la izquierda y los "muchos triviales" a la derecha. El diagrama facilita el estudio de las fallas en las industrias o empresas comerciales, así como fenómenos sociales o naturales psicosomáticos.

Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es un proceso lineal, sino que aproximadamente el 80% de los problemas se derivan del 20% de las causas totales. El principal uso que tiene el elaborar este tipo de diagrama es para establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones dentro de una organización. Evaluar todas las fallas, saber si se pueden resolver o mejor evitarla (Wikipedia, la enciclopedia libre, 2023).

**Figura 2.7** Ejemplo de Diagrama de Pareto



Fuente: <http://asesordecalidad.blogspot.com/2017/05/diagrama-de-pareto-8020-herramienta-de.html>

### 2.1.9 Los Cinco Porqués

Los problemas imprevistos pueden ocurrir en cualquier equipo o proceso. Sin embargo, los problemas son tan solo síntomas de causas más profundas. Una solución rápida a un problema puede ser conveniente; sin embargo, esta no protege el proceso de trabajo de errores recurrentes. Es por ello que el equipo debe enfocarse en encontrar la causa raíz y abordarla adecuadamente.

La técnica de los 5 porqués es una de las herramientas más efectivas para el análisis de causa raíz dentro del arsenal de Lean Management. En su trabajo diario cada equipo enfrenta obstáculos. Sin embargo, usar los 5 porqués ayudará a encontrar la causa raíz de cualquier problema y a proteger el proceso de errores y fallas recurrentes.

## **Origen de los 5 Porqués**

El método de los 5 porqués es parte del Sistema de Producción de Toyota. La técnica, desarrollada por Sakichi Toyoda, un inventor e industrial japonés, se convirtió en una parte integral de la filosofía Lean: “La base del enfoque científico de Toyota es preguntarse “por qué” cinco veces cada vez que encontramos un problema... Al repetir “por qué” cinco veces, la naturaleza del problema y su solución se vuelven claras” (Taiichi Ohno)

Uno de los factores clave para la implementación exitosa de la técnica es tomar una decisión informada. Esto significa que el proceso de toma de decisiones debe basarse en una comprensión profunda de lo que realmente está sucediendo en el lugar de trabajo.

En otras palabras, el proceso de análisis de causa raíz debe incluir personas que posean experiencia práctica. Es lógico que ellas den la información más valiosa sobre cualquier problema que aparezca en su área de especialización.

## **Análisis de los 5 Porqués en Acción**

Al aplicar la técnica de los 5 porqués, se busca llegar a la esencia del problema y después solucionarlo. En realidad, los 5 porqués pueden mostrar que la fuente del problema puede ser bastante inesperada.

A menudo, los problemas que pueden ser considerados como un problema técnico, resultan ser en realidad problemas humanos y de proceso.

Es por ello por lo que encontrar y eliminar la causa raíz es crucial si se desea evitar la reiteración de fallas.

## **Cómo comenzar con los 5 Porqués**

La técnica de 5 porqués puede ayudar a lograr una mejora continua en cualquier nivel de la organización. A continuación, se enlistan algunos pasos básicos que se deben seguir.

- **Formar un equipo**

Se debe formar un equipo de personas de diferentes departamentos. Cada representante debe estar familiarizado con el proceso que será investigado.

Al formar un equipo multifuncional, se recibirán puntos de vista únicos. Esto ayudará a recopilar suficiente información para tomar una decisión informada. Esta no es una tarea individual y debe ser ejecutada por el equipo.

- **Definir el problema**

Discutir el problema con el equipo y realizar una declaración clara del problema. Esto ayudará a definir el alcance del problema que se va a investigar.

Esto es importante puesto que investigar un problema de amplio alcance puede consumir mucho tiempo y tener límites borrosos. Se debe estar lo más enfocado posible para encontrar al final una solución efectiva.

- **Preguntar por qué**

Empoderar a una persona para que facilite todo el proceso. Este líder del equipo hará las preguntas y tratará de mantener al equipo enfocado. Las respuestas deben estar basadas en hechos y datos reales, en lugar de basarse en opiniones emocionales.

El facilitador debe preguntar "Por qué" tantas veces como sea necesario hasta que el equipo pueda identificar la causa raíz del problema inicial.

**Consejo 1.** No preguntar demasiados porqués. Al hacerlo se pueden recibir toneladas de sugerencias y quejas irrazonables, y ese no es el propósito. Debe concentrarse en encontrar la causa raíz.

**Consejo 2.** Algunas veces puede haber más de una causa raíz. En estos casos, el análisis de los 5 porqués se verá más como una matriz con diferentes ramificaciones. Esto incluso puede ayudar a detectar y eliminar problemas organizacionales que tienen efectos negativos permanentes en el rendimiento general.

- **Tomar acción**

Después de que el equipo detecta la causa o las causas raíz, es hora de tomar medidas correctivas. Todos los miembros deben involucrarse en una discusión con el fin de encontrar y aplicar la mejor solución que protegerá el proceso de problemas recurrentes.

Cuando la decisión sea tomada, uno de los miembros del equipo deberá ser el responsable de aplicar las acciones correctas y de observar todo el proceso.

Después de un cierto período de tiempo, el equipo deberá reunirse nuevamente y verificar si sus acciones realmente tuvieron un impacto positivo. De lo contrario, el proceso debe repetirse.

Al final, el caso deberá documentarse y enviarse a toda la organización, compartir esta información dará una visión general de los diferentes tipos de problemas con los que un equipo puede lidiar y cómo esos problemas pueden eliminarse (Businessmap, 2024).

### **2.1.10 Auditoría del Mantenimiento Efectivo. MES (Maintenance Effectiveness Survey)**

La auditoría MES, propuesta por el Instituto Marshall, está basada en un cuestionario de evaluación de 60 preguntas repartidas en 5 áreas del mantenimiento. Las respuestas a cada pregunta, se limitan a cinco posibles opciones. Las áreas de mantenimiento evaluadas son: • Recursos Gerenciales • Gerencia de la información (Software de gestión del mantenimiento). • Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo • Planificación y ejecución • Soporte, Calidad y Motivación. El proceso de aplicación de la auditoría es a nivel de personal de gerencia, supervisión, operaciones y mantenimiento, recomendándose pasar el cuestionario a 8 participantes, como mínimo. El proceso de cuantificación de las áreas de mantenimiento a diagnosticar se realiza de la siguiente forma: Las personas seleccionadas, evalúan las 12 preguntas desarrolladas para cada área (total: 5 áreas / 60 preguntas) en función de una escala del 1 al 5. Para la calificación se puntúa, de acuerdo con la siguiente escala: 1 = no se cuenta (muy deficiente), 2 = deficiente, 3 = regular, 4 = bueno y 5 = excelente. Cada área por evaluar se considera con el mismo nivel de importancia. Las posibles puntuaciones máximas y mínimas a obtener son: • Puntuación máxima: por área: 60 unidades, por las 5 áreas: 300 unidades. • Puntuación mínima: por área: 12 unidades, por las 5 áreas: 60 unidades. Las puntuaciones totales se suman y promedian entre el número de personas encuestadas. Finalmente, se estima la posición del mantenimiento en función de los siguientes rangos: • 300–261: Categoría “Clase Mundial”/nivel de excelencia en

mantenimiento • 201–260: Categoría “Muy buena”/nivel de buenas prácticas en mantenimiento • 141–200: Categoría “Por arriba del nivel promedio”/nivel aceptable en mantenimiento • 81–140: Categoría “Por debajo del promedio”/nivel no muy bueno de mantenimiento, con oportunidades para mejorar • Menos de 80: Categoría “Muy por debajo del promedio”/nivel muy malo mantenimiento con muchas oportunidades para mejorar ( Parra Márquez & Crespo Márquez, 2020).

### 2.1.11 Análisis Estadístico

El análisis estadístico es una herramienta que se utiliza para examinar y comprender los datos. Se trata de un conjunto de técnicas y métodos que permiten organizar, describir, analizar e interpretar los datos para obtener información significativa y útil.

El análisis estadístico se produce cuando se recogen e interpretan datos con la intención de identificar patrones y tendencias; esto significa que, si bien es un tipo de análisis de datos en sí mismo, se aborda con un ángulo interpretativo que resulta útil para tomar decisiones concretas y comprender a los clientes potenciales de una empresa, su comportamiento y sus experiencias.

Hoy en día, la estadística es una herramienta que no puede faltar para analizar los datos de una investigación, desde la concepción de la idea de lo que se va a indagar, pasando por la definición de objetivos, hipótesis, variables, recolección de los datos, organización, revisión, clasificación y tabulación, hasta la obtención de los resultados, ya que estos representan una verdadera solución a los problemas inherentes al campo donde se desarrollan las actividades propias de las diferentes investigaciones.

Llevar a cabo un análisis estadístico puede tener varias ventajas, entre las que se incluyen:

1. **Identificar patrones y tendencias:** El análisis estadístico puede ayudar a identificar patrones y tendencias en los datos que de otra manera podrían pasar desapercibidos.
2. **Evaluar la significancia de los resultados:** Esto ayuda a determinar si las diferencias observadas son significativas o simplemente aleatorias.

3. **Tomar decisiones informadas:** Al proporcionar información objetiva y cuantitativa, el análisis estadístico puede ayudar a tomar decisiones informadas y basadas en evidencia en lugar de basarse en suposiciones o creencias personales.
4. **Ahorrar tiempo y recursos:** El análisis estadístico puede ayudar a reducir la cantidad de tiempo y recursos necesarios para obtener información significativa. En lugar de analizar manualmente grandes cantidades de datos, las herramientas estadísticas pueden procesar y analizar los datos de manera más eficiente.
5. **Comunicar de manera efectiva:** Esto se puede hacer a través de gráficos, tablas y otros métodos visuales, lo que puede hacer que la información sea más accesible y fácil de entender.

### **Usos de la estadística en el análisis de datos**

Al hacer una interpretación más clara de un conjunto de datos, desde los datos cualitativos y los cuantitativos, a través del análisis y categorización, se puede manipular y ajustar situaciones en determinados contextos con una toma de decisiones adecuada. Cuando se tiene una noción más amplia de las tendencias que rodean nuestro mercado, se va un paso adelante, ya que se puede utilizar el análisis estadístico para predecir comportamientos futuros como resultado de la aplicación de estrategias adecuadas para la gestión del riesgo.

Además, se contará con datos específicos sobre el comportamiento de los consumidores para identificar sus preferencias, los productos o servicios que les resultan más y menos atractivos y cómo acercarse a ellos para que sean nuestros clientes.

### **¿Qué puede hacerse con un análisis estadístico?**

Con un análisis estadístico pueden responderse las siguientes preguntas:

- ¿Quiénes son nuestros clientes?
- ¿Cuánto paga un cliente en una visita?
- ¿Cuál es la edad de nuestros clientes?
- ¿Cómo clasificar nuestros tipos de clientes?
- ¿Qué tipo de experiencia disfrutaban nuestros clientes?

Identificar patrones de comportamiento o diferentes tendencias en un conjunto de datos ayuda a las empresas a observar y registrar el comportamiento de compra de los clientes, tanto para mejorar productos o servicios como para facilitar una experiencia de compra actualizada y mejorada, obteniendo como resultado clientes satisfechos y una gran notoriedad de marca.

### ¿Cómo realizar un análisis estadístico?

A continuación, se muestran algunos pasos para realizar un análisis estadístico:

1. **Definir el problema:** Es importante tener claro cuál es el problema o pregunta que se quiere responder con el análisis estadístico. Por ejemplo, ¿cuál es la relación entre la edad y el ingreso de una población determinada?
2. **Recopilar los datos:** Una vez que se ha definido el problema, es necesario recopilar los datos necesarios para responder a la pregunta. Esto puede incluir encuestas, experimentos, registros u otras fuentes de información.
3. **Organizar los datos:** Una vez que se tienen los datos, es importante organizarlos de una manera que permita su análisis posterior. Esto puede incluir la creación de tablas, gráficos, diagramas o cualquier otra herramienta que facilite la comprensión de los datos.
4. **Analizar los datos:** En este paso, se aplican técnicas estadísticas para obtener información significativa y útil de los datos. Esto puede incluir la identificación de tendencias, patrones, relaciones, correlaciones y cualquier otra información relevante que permita responder la pregunta planteada.
5. **Interpretar los resultados:** Una vez que se han analizado los datos, es necesario interpretar los resultados y sacar conclusiones. Es importante tener en cuenta las limitaciones de los datos y las técnicas utilizadas, y considerar cualquier otra información relevante que pueda influir en las conclusiones.
6. **Presentar los resultados:** Finalmente, es importante presentar los resultados de una manera clara y concisa que permita a otras personas comprender las conclusiones y decisiones basadas en el análisis estadístico.

## **Consejos para realizar un análisis estadístico funcional**

Para realizar un análisis estadístico, es necesario recoger y revisar las muestras de datos disponibles en los resultados del estudio a analizar.

Aunque no existe una única forma de realizar un análisis interpretativo, hay prácticas que pueden replicarse en cualquier estudio si se realizan de forma adecuada a la información aportada. Estos consejos permiten realizar un análisis estadístico útil:

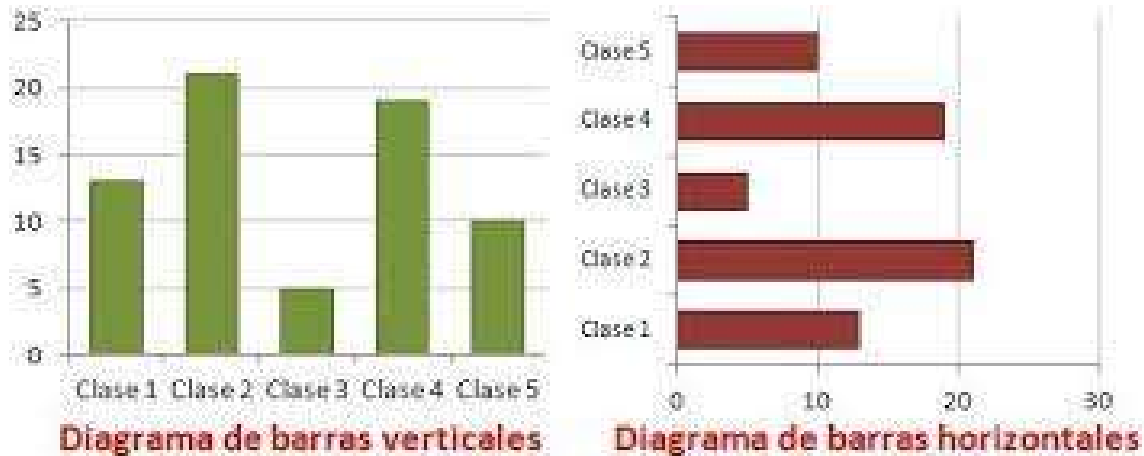
- Dar una descripción clara y realista de los datos que se tienen.
- Analizar cómo se relacionan los datos con los sujetos del estudio.
- Diseñar un modelo que considere y describa la relación entre los datos y los sujetos del estudio.
- Evaluar el modelo para determinar su validez.
- Considerar los escenarios y las pruebas, utilizando el análisis predictivo.
- Conocer qué es la validez y confiabilidad en la investigación.

En resumen, el análisis estadístico es una herramienta importante para obtener información significativa y tomar decisiones informadas en una variedad de campos y situaciones. Sin embargo, para poder realizar un análisis estadístico efectivo, es esencial contar con datos precisos y confiables. La recopilación y organización cuidadosa de los datos es crucial para asegurarse de que los resultados del análisis estadístico sean precisos y relevantes (QuestionPro, 2024).

### **2.1.12 Gráfico de Barras**

El gráfico de barras es utilizado para comparar cantidades por medio de líneas en forma de rectángulos (barras) de igual espesor, pero de altura proporcional al valor que representan. En el eje de la X se indican las categorías, criterios o hechos que se están comparando. En el eje de la Y se indican las cantidades que pueden ser frecuencias, costos, otros (por medio de la altura de las barras) (Ingenio Virtual, s.f.).

**Figura 2.8** Ejemplo de gráfico de barras

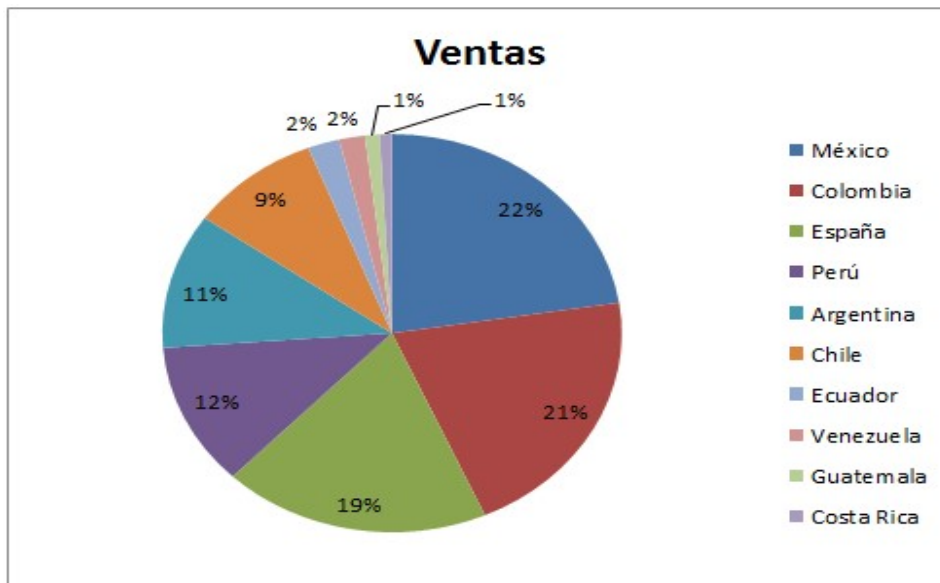


Fuente: <https://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/diagrama-barras/>

### 2.1.13 Gráfico de Pastel

Los gráficos circulares o de pastel son imágenes visuales que contienen información. Su distribución presenta o simboliza el resumen de una serie de datos, siendo su propósito lograr entenderla, interpretarla y compararla de manera visual, fácil y rápidamente. Esta herramienta estadística es muy utilizada para representar porciones o porcentajes de la información que se desea analizar o mostrar (CK-12 Foundation, 2020).

**Figura 2.9** Ejemplo de gráfico de pastel



Fuente: <https://exceltotal.com/crear-un-grafico-circular-con-subgrafico/>

## 2.1.14 SIPOC

Este diagrama sirve para documentar los **Proveedores** (*Suppliers*), **Entradas** (*Inputs*), **Procesos** (*Process*), **Salidas** (*Outputs*) y **Clientes** (*Customers*) en una operación. Una lista de estos elementos ayuda a marcar los límites de un proceso a un alto nivel. El diagrama se usa para proveer a quienes toman las decisiones con información crucial sobre todo el proceso, pero sin entrar en mayores detalles.

Gracias a la visualización de los procesos y a la limitación de la información a sólo lo necesario para que la dirección encuentre las áreas del proceso que deben mejorarse, el diagrama SIPOC ayuda a agilizar los flujos de trabajo, a identificar y resolver los problemas y a eliminar las actividades inútiles.

El diagrama SIPOC fue inventado por el movimiento de la Gestión de la Calidad Total en los años 80 y ha sido incorporado por los profesionales de la gestión Lean y Seis Sigma. Suele aplicarse como parte de la fase de “medir” de un ejercicio de DMAIC.

### ¿Cuándo usar el SIPOC?

Dada la multitud de factores de los que depende el éxito del negocio, se debe aprovechar cualquier oportunidad para garantizar un funcionamiento más fluido y una mayor satisfacción de los clientes. El SIPOC le mostrará la relación directa entre lo que le piden los clientes, lo que obtiene de los proveedores y la forma de casar ambas cosas en su proceso. Le ayudará a encontrar respuestas a preguntas como:

- ✓ ¿Se traducen correctamente las peticiones de sus clientes en bienes y servicios?
- ✓ ¿Suministran sus proveedores exactamente lo que usted necesita?
- ✓ ¿Conoce realmente a su cliente?
- ✓ ¿Su equipo está tomando la ruta más sencilla en la creación del producto?

Los diagramas SIPOC también son útiles cuando se introduce a los nuevos miembros del equipo en un proceso, y cuando se planifican nuevos conceptos empresariales.

## ¿Cómo crear un diagrama SIPOC?

Los diagramas SIPOC son muy sencillos de realizar, simplemente, se dibuja la vista de alto nivel de su proceso, junto con los insumos recibidos y los productos producidos, enumerando también los clientes de estos productos y los proveedores de los insumos.

**Figura 2.10** Ejemplo de SIPOC



Fuente: <https://kanbantool.com/es/guia-kanban/que-es-un-diagrama-sipoc>

Aunque la forma más utilizada es el SIPOC, un buen lugar para empezar el análisis es, de hecho, el extremo del cliente. Por eso, a veces se oye hablar de un diagrama COPIS relacionado con la misma idea.

### Paso 1: Clientes

Averiguar quién es el cliente y qué busca. Tener en cuenta que un cliente puede ser cualquier persona para la que el proceso haya sido diseñado para obtener resultados, por lo que puede haber clientes internos y externos. Como parte de este paso, también debe tratar de definir el nivel en el que el cliente puede afectar a su proceso.

Comenzar por el cliente está en consonancia con el enfoque de los métodos Lean, donde se piensa en el valor en términos de lo que el cliente está dispuesto a pagar. El concepto Lean Seis Sigma de la voz del cliente es importante aquí, expresando las

necesidades del cliente. Identificarlas correctamente le ayudará a asegurarse de que está orientado a los requisitos específicos y validados del cliente.

## **Paso 2: Salidas**

Las salidas, o productos, son el resultado del proceso, y deben responder, en gran medida, a los requisitos del cliente; lo ideal es que sean la manifestación del valor, tal y como lo ve el cliente. Suelen ser una lista de bienes producidos, servicios prestados, acciones completadas o información obtenida.

## **Paso 3: Proceso**

Se trata de una lista de los pasos de alto nivel que componen el proceso. La captura de los pasos en el centro del diagrama SIPOC proporciona una visión general de dónde empieza y termina el proceso, y qué implica. Asegúrese de que sólo enumera los pocos pasos vitales y generales -no más de 10- y que no entra en demasiados detalles.

## **Paso 4: Entradas**

Los proveedores aportan los insumos al proceso en forma de materiales, ya sean bienes físicos o información, que una empresa necesita para funcionar. Para que los insumos y todo el SIPOC sean precisos, asegúrese de reunir a todas las partes interesadas cuando lo elabore.

## **Paso 5: Proveedores**

Son la fuente de entradas en el proceso. Teniendo en cuenta que el diagrama debe ser conciso, hay que concentrarse sólo en aquellos proveedores que tengan un impacto directo en los resultados del proceso. Hay que estar abierto a las oportunidades de mejora.

Se debe tener en cuenta la satisfacción de los clientes y permitir que la creación del SIPOC desencadene preguntas como:

- ✓ ¿Hay alguna forma de facilitar este proceso?
- ✓ ¿Estamos ofreciendo calidad a nuestros clientes?
- ✓ ¿Estamos gestionando a nuestros proveedores de la mejor manera posible

(Kanban Tool, 2009-2024).

### **2.1.15 Diagrama de flujo**

#### **¿Qué es un diagrama de flujo de procesos?**

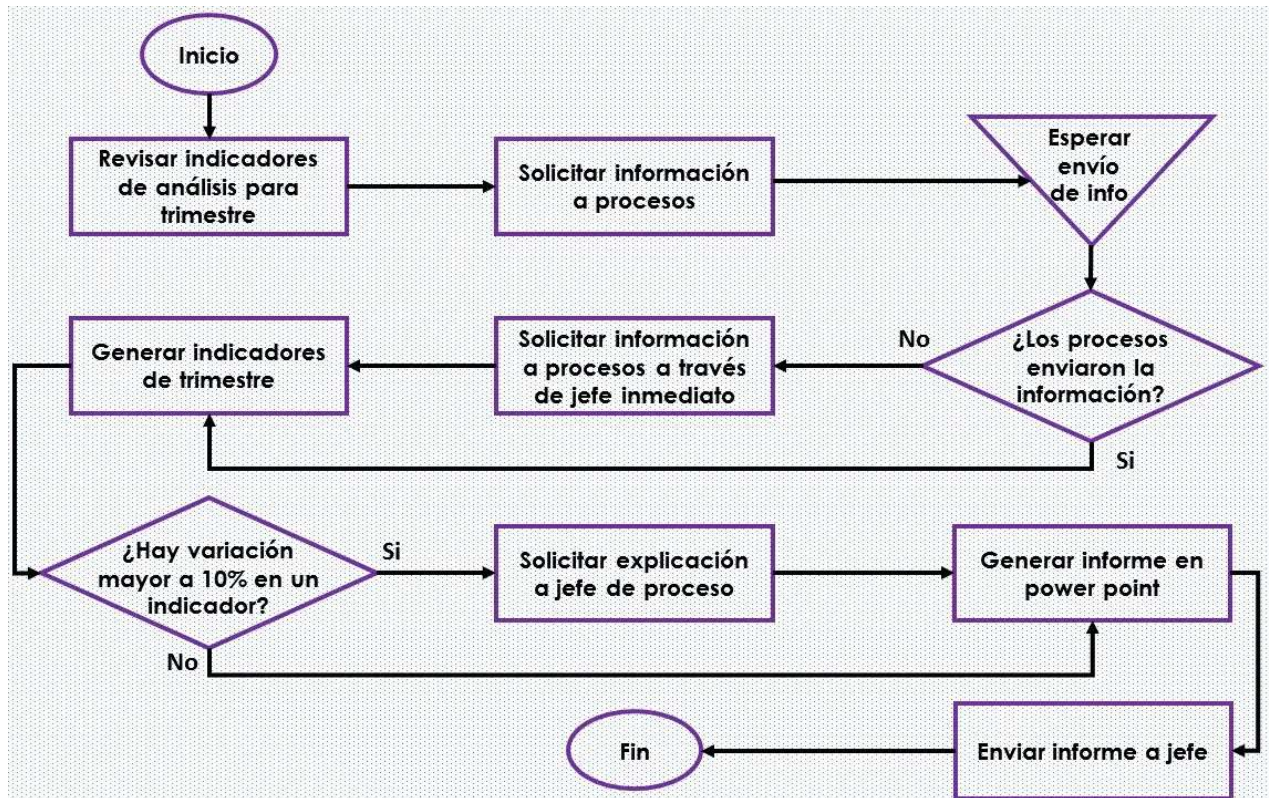
Un diagrama de flujo de procesos (PFD) es un tipo de diagrama de flujo que ilustra las relaciones entre los principales componentes de una planta industrial. Se usa ampliamente en los ámbitos de ingeniería química e ingeniería de procesos, aunque sus conceptos a veces también se aplican a otros ámbitos. Se usa para documentar o mejorar un proceso o modelar uno nuevo. En función de su uso y contenido, también se puede denominar "diagrama de flujo de procesos", "diagrama de flujo de bloques", "diagrama de flujo esquemático", "diagrama de flujo macro", "diagrama de flujo vertical", "diagrama de tuberías e instrumentación", "diagrama de flujo de sistema" o "diagrama de sistema". Estos emplean un conjunto de símbolos y notaciones para describir un proceso. Los símbolos cambian en distintos lugares y los diagramas pueden variar desde simples garabatos trazados a mano o notas adhesivas hasta diagramas de aspecto profesional con información detallada expansible desarrollados mediante software (Wikipedia enciclopedia libre, 2023).

#### **Propósitos y beneficios**

Un diagrama de flujo de procesos tiene múltiples propósitos:

- Documentar un proceso con el fin de lograr una mejora en la comprensión, el control de calidad y la capacitación de los empleados.
- Estandarizar un proceso para obtener una eficiencia y repetibilidad óptimas.
- Estudiar un proceso para alcanzar su eficiencia y mejora. Ayuda a mostrar los pasos innecesarios, cuellos de botella y otras ineficiencias.
- Crear un proceso nuevo o modelar uno mejor.
- Comunicar y colaborar con diagramas que se dirijan a diversos roles dentro y fuera de la organización.

Figura 2.11 Ejemplo de diagrama de flujo



Fuente: <https://www.ingenioempresa.com/diagrama-de-flujo/>

## 2.1.16 VOC (Voz del Cliente)

### ¿Qué es la Voz del Cliente (VOC) y cómo utilizarlo?

La Voz del Cliente, también conocida por sus siglas VOC, es una de las herramientas más útiles para las empresas que quieren realmente conectar con su público objetivo.

Clave en cualquier estrategia de experiencia de cliente, permite conocer en profundidad los anhelos y deseos de este. Supone una oportunidad de mejorar cada proceso que se lleva a cabo en la empresa, desde la experiencia de compra a aspectos previos o la atención postventa.

Escuchar es la mejor manera de optimizar el servicio y los productos. También de rentabilizarlo, porque en todo proceso de experiencia en atención de cliente hay dos

partes fundamentales. Por un lado, ahorrar costes y, por otro, mejorar el retorno de la inversión.

La Voz del Cliente (VOC) consiste en escuchar y analizar las opiniones, anhelos, expectativas y experiencias del cliente respecto a una marca, productos y servicios, para dar un prestación mejor y más rentable.

Este proceso también se enfoca en lograr un conocimiento más profundo de la marca, de los valores e ideas que se asocian con la misma e incluso la personalidad que desprende a sus consumidores.

Muchas veces puede que la imagen auto percibida por la empresa no corresponda realmente con la que está ofreciendo a los consumidores. Igualmente, se pueden encontrar claves para dar un mejor servicio y optimizar los puntos más importantes.

Por ejemplo, puede que la empresa esté invirtiendo en un aspecto que no genere valor añadido en lugar de invertir en otro que produzca una mayor satisfacción. Gracias a este proceso, podrá identificar estas oportunidades.

Dentro del modelo de Voz del Cliente hay que seguir los siguientes pasos:

1. Recogida del *feedback* de cliente a través de fuentes estructuradas y desestructuradas.
2. Análisis e interpretación de la información.
3. Diseño de mejoras estructurales y acción en tiempo real a través de alertas.
4. Distribución de información y sensibilización al resto de la organización para una visión única del cliente.

## **El Programa de Voz del Cliente**

Para entender qué significa VOC y cómo utilizar el programa de voz del cliente se debe tener en cuenta los siguientes aspectos.

Uno de los más importantes es tener claro cuáles son los objetivos. Antes de iniciar el programa es fundamental haber creado objetivos SMART en los que esté enumerado lo que quiere conseguirse y los medidores que se utilizan para comprobarlo.

Igualmente, se debe implicar a toda la plantilla en las diferentes partes del proceso. No puede quedarse como un proyecto a nivel directivo o en determinados departamentos,

la voz del cliente es completamente transversal y debe escucharse en cada uno de los puestos involucrados.

También los departamentos que no están en contacto directo con el cliente deben saber lo que está pasando con los datos e interacciones. Si se usa una herramienta de CRM *marketing* o de *marketing automation* habrá que dar acceso a los miembros para que puedan contribuir en la creación de encuestas, a la hora de buscar las preguntas correctas.

Tan importante como esto es compartir los informes resultantes. Si lo que se pretende es cambiar y mejorar, cada miembro de la empresa debe tener acceso a las conclusiones. Además, debe estar claro qué se busca lograr con los cambios que se apliquen.

Por último, hay que calcular el ROI de las diferentes acciones que surjan de analizar los datos recopilados. De esta manera, se podrá tener un control exhaustivo del rendimiento de las acciones, viendo si tiene influencia o no en las ventas, en el NPS y en la experiencia de cliente en general.

## **Metodologías y herramientas para captar la voz del cliente**

Las herramientas son fundamentales para captar la voz del cliente; de seguido a a hacerse un repaso por aquellas más utilizadas, muchas veces incorporadas dentro de un software o un CRM especializado. En otras ocasiones son metodologías provenientes de las ciencias sociales que permiten tener un estudio cualitativo, construir nuestros arquetipos de clientes y saber más de nuestro *buyer* persona, qué es lo que quiere y qué necesita.

Combinadas, permiten saber más sobre las personas que dan sentido a nuestra compañía. Al final, la clave está en encontrar los medios para escuchar la opinión sincera del cliente y aquellos campos que se pueden mejorar para generar experiencias aún más rentables. Para poner en marcha un proyecto de VOC no solo se necesitan herramientas y objetivos, también profesionales que sepan cómo implementarlo en la empresa.

## **Encuestas**

Las encuestas son la primera opción que se viene a la mente cuando se piensa en la voz del cliente. Sin embargo, también es importante elegir qué tipo de encuesta o formulario va a utilizarse. Desde cuestionarios online a encuestas presenciales en el propio punto de venta, cada opción tiene sus propias ventajas e inconvenientes.

Por ejemplo, las encuestas de satisfacción de clientes suelen ser las más recomendables para saber cómo están siendo recibidos los productos y servicios, pudiendo hacerse tanto online como de manera presencial. Con estas, además, se puede evaluar el nivel de servicio tanto antes, durante como después de la venta para establecer mejor dónde se pueden hacer mejoras. Otra opción son las encuestas de puntuación del esfuerzo del cliente (CES). En este caso, la encuesta está centrada no en las dificultades sino en los puntos de dolor del cliente. Una vez identificados, será mucho más sencillo poder corregirlos y mejorar el proceso de venta.

Si se busca algo más simple pero igualmente útil, el NPS o Net Promoter Score puede ser muy útil, es un medidor que cuenta cuán dispuestos están los clientes a recomendar los servicios que la compañía brinda, para compararlo con la competencia. Una última opción es la utilización de formularios online con los que se pueden recolectar datos de interés para aprender más sobre los clientes, sin que tengan el nivel de complejidad de las encuestas.

## **Redes sociales y correos electrónicos**

También las redes sociales y el email pueden ayudar de manera diferente con el programa VOC. Con las redes sociales se pueden monitorizar las opiniones, ver cuáles son positivas y cuáles negativas. Clave para la gestión de comunidades online es detectar e intentar neutralizar a los detractores, pero, sobre todo, reconocer y premiar a los promotores. Es importante que los clientes sientan que son valiosos para la empresa, especialmente si la están recomendando, por lo que las redes sociales pueden funcionar muy bien. El email, por su parte, es un recurso muy valioso que permite tener retroalimentación para solucionar problemas, logrando un contacto más directo en caso de que sea necesario y sin que sea tan invasivo como una llamada telefónica.

## **Chatbots**

Contar con chats en vivo de atención al cliente permite resolver problemas de manera más rápida y 24 horas, 365 días al año, con opciones cada vez más desarrolladas tecnológicamente y difícilmente distinguible en muchas ocasiones de la atención humana. Los chatbots también pueden servir para captar información de los clientes potenciales y poder utilizarla en nuestra estrategia de experiencia de cliente.

## **Entrevistas en profundidad a clientes**

Una manera muy interesante de construir el *buyer* persona y tener datos cualitativos de valor es con las entrevistas en profundidad.

Por medio de estas entrevistas se puede saber muchas cosas más allá de los datos demográficos. Qué cosas le motivan, qué les disgusta, qué deseos tienen para el futuro, qué les gustaría conseguir. Son diferentes datos que pueden ser muy útiles para elaborar los arquetipos y perfiles, permitiendo una profundidad que no es posible conseguir con los métodos más cuantitativos.

## **Grupos de discusión**

Por último, hay que mencionar los grupos de discusión. En este caso, se trata de grupos de entre 5 y 10 clientes, habitualmente, que hacen un estudio de diferentes aspectos de la marca. Puede utilizarse tanto para ver cómo es la recepción de un nuevo producto o servicio como para comprobar la atención en tienda, recorridos creados y cualquier aspecto relacionado con la experiencia de cliente. Debido a la pandemia del Coronavirus, cada vez hay también más grupos virtuales que hacen que sea más económico (Connection visions, 2020).

## **2.17 Árbol CTQ**

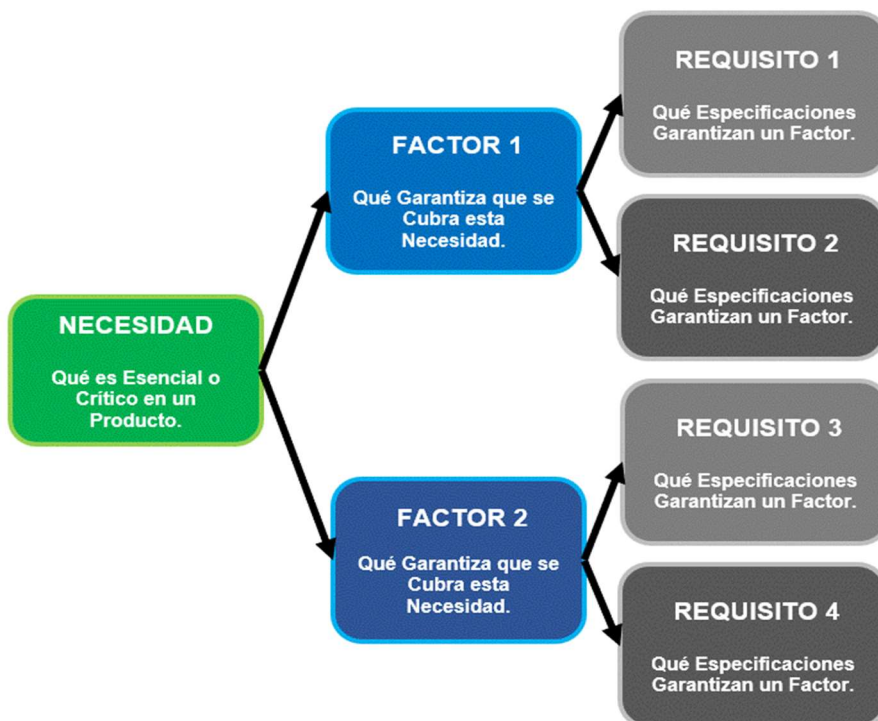
Típicamente, la organización está en constante búsqueda de afinar su estrategia para cumplir con las expectativas de sus clientes y desarrollar un producto y /o servicio que los ayude a destacarse entre la competencia. Para ello, debe mantener constante diálogo con los clientes, tomar en cuenta que la percepción de su producto y/o servicio

es subjetiva y consiste en la combinación de deseos, demandas y expectativas, según los atributos del producto y/o servicio.

El árbol crítico de la calidad (CTQ, por sus siglas en inglés) es un diagrama en el que se muestran los indicadores de calidad que permiten medir y determinar la calidad de un producto y/o servicio de una forma cuantitativa y cualitativa. Para desarrollar el árbol CTQ, la organización necesita identificar al cliente o usuario, las necesidades críticas que el producto y/o servicio debe satisfacer, los controladores de calidad y los requisitos de rendimiento. Su elaboración implica la jerarquización de prioridades en el resultado y la eliminación de aquellos rasgos que no son fundamentales para satisfacer las exigencias del cliente.

Uno de los atributos más importantes de un árbol CTQ es que viene trasladado directamente de la voz del cliente (VOC, por sus siglas en inglés) y esto da un panorama completo de las necesidades reales del cliente (Global Trust Association, 2019).

**Figura 2.12** *Cómo hacer un árbol de calidad*



Fuente: <https://www.consuunt.es/arbol-de-calidad/>

## **2.18 Cuadro de Mando Integral en la Gestión del Mantenimiento (Balanced Scorecard)**

El mantenimiento industrial día a día está rompiendo con las barreras del pasado. Hoy, en la práctica en muchas empresas, los directivos del mantenimiento tienen que pensar que es un negocio invertir en mantenimiento de activos y no ver esto como un gasto. Esta transformación que está ocurriendo en el mundo del mantenimiento ha hecho latente la necesidad de una mejora sustancial y sostenida de los resultados operacionales y financieros de las empresas, lo que ha llevado a la progresiva búsqueda y aplicación de nuevas y más eficientes técnicas y prácticas gerenciales de planificación y medición del desempeño del negocio.

Estas herramientas deben permitir, por un lado, identificar cuáles son las estrategias que se deben seguir para alcanzar la visión de empresa (un alto desempeño), y por otro, expresar dichas estrategias en objetivos específicos, cuyo logro sea medible a través de un conjunto de indicadores de desempeño técnicos económicos, en un proceso de transformación para adaptarse a las exigencias de los cambios y retos que habrá que afrontar a medio plazo. Entre los elementos que surgen de esta evolución está la orientación hacia una visión sistémica de la importancia del negocio en mantenimiento, identificando los roles y necesidades de cada uno de los actores involucrados (stakeholders), lo que conlleva la reorientación en los esquemas de evaluación de resultados y definición de estrategias de indicadores técnicos y financieros para medir la rentabilidad del negocio.

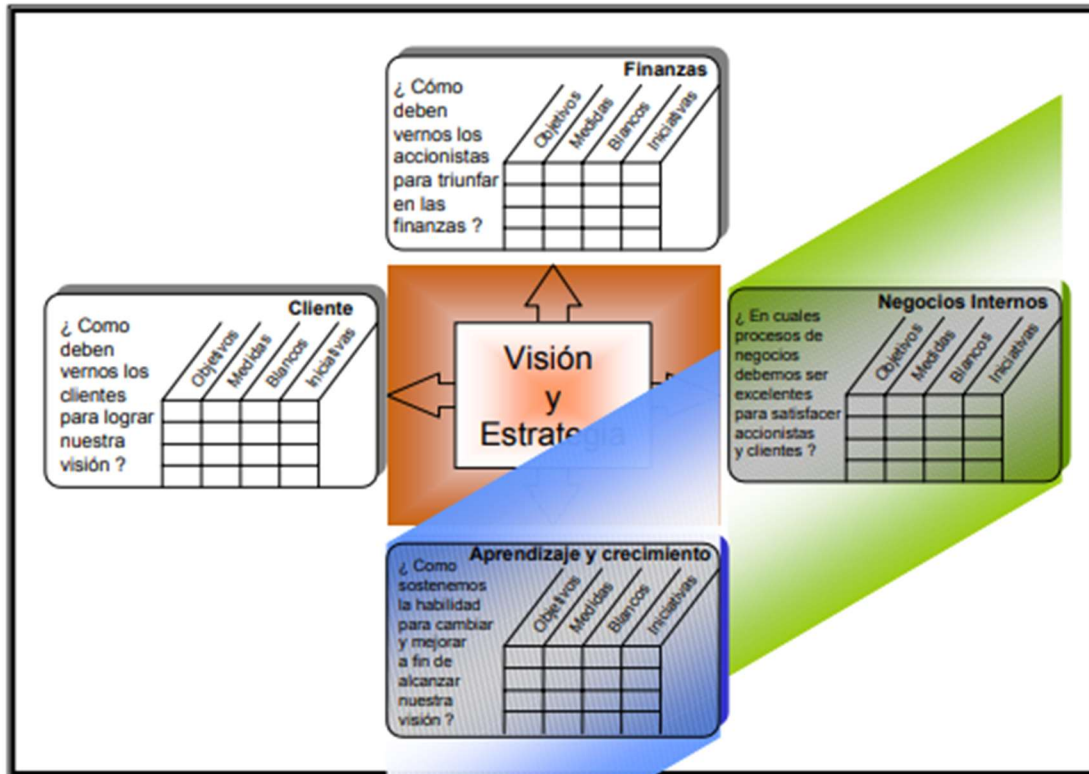
El Balanced Scorecard, es una metodología que logra integrar la estrategia y la evaluación del desempeño del negocio. Su aplicación en el mantenimiento ha obtenido excelentes resultados. Desde su divulgación en 1992 por sus dos autores Robert Kaplan y David Norton. Ha sido incorporada a los procesos de gerencia estratégica en otras áreas del negocio con unos resultados extraordinarios en empresas de Estados Unidos, Asia e Iberoamérica.

En el pasado reciente, la gestión de las empresas se focalizaba en el aspecto financiero, considerado el más relevante y hasta quizás el único tomado en cuenta para evaluar el desempeño. Muchos directores de importantes empresas se percataban de

que indicadores como el ROI y el de ganancias por acción emitían señales erradas cuando se pretendía incorporar en el análisis actividades como la innovación o mejoras continuas. Enfoques como el TQM, Reingeniería de Procesos, Desarrollo Organizacional y más recientemente la Gerencia basada en el Valor (EVA y SHV), lograban éxitos parciales en la medición del performance alcanzado, por la única razón de no considerar de una manera holística las diversas perspectivas de la dinámica empresarial.

Actualmente, los cambios bruscos en el ámbito competitivo, la velocidad incrementada de las tendencias globalizantes y el impacto de los gaps tecnológicos definen un nuevo espacio empresarial donde los poderes, amenazas y rivalidades de los actores del sector industrial se potencian. Ante este entorno de incertidumbre, la búsqueda se centra en una herramienta gerencial, que facilite la transición hacia una gerencia más estratégica, orientada permanentemente en la visión de la empresa, con amplia participación del personal e interrelacionada cercanamente al cliente, con énfasis en el logro de la excelencia a nivel de procesos, que permita no solamente lograr el resultado financiero deseado sino mantener un severo mecanismo de control capaz de ajustar el rumbo estratégico en tiempo real y no en tiempo. El reto ante este marco definido es, además de generar una estrategia competitiva exitosa, tener la capacidad de lograr excelentes resultados a partir de un proceso de gerencia estratégica integradora de diferentes áreas de la empresa entre ellas la función mantenimiento, lo que representa un vuelco en el concepto tradicional de gerenciar, al asumir ahora una posición de autocontrol. El Balanced Scorecard, es traducir la estrategia en cuatro perspectivas: Cliente, Negocio Interno, Innovación y Aprendizaje y Perspectiva Financiera, sustentadas cada una de ellas en un set de objetivos, indicadores de gestión, metas e iniciativas, interactivamente conectadas en una relación causa-efecto (Amendola, 2017).

**Figura 2.13** Cuadro de mando integral



Fuente: Organización y Gestión del mantenimiento. Amendola, 2017.

## 2.19 Diagrama de Gantt

Un diagrama de Gantt es una herramienta de planificación y gestión de proyectos que ayuda a visualizar las tareas y principales hitos de una forma práctica.

El diagrama de Gantt, muy usado en la gestión de proyectos, es un gráfico de barras horizontales que se usa para ilustrar el cronograma de un proyecto, programa o trabajo. Es una forma de visualizar la programación de un proyecto, de dar seguimiento a los logros y de estar siempre familiarizado con el cronograma de trabajo. Cada barra de un diagrama de Gantt representa una etapa del proceso (o una tarea del proyecto) y su longitud, la duración de la tarea. Los diagramas de Gantt ofrecen a los miembros del equipo un panorama general acerca de cuál es el trabajo que hay que hacer, quién lo hace y cuándo. Gracias a los programas de gestión de proyectos en la nube los diagramas de Gantt pueden actualizarse y sincronizarse de forma rápida y para todos los miembros del equipo a la vez.

## **Breve historia del diagrama de Gantt**

La primera versión de un diagrama de Gantt fue desarrollada por Karol Adamiecki, quien inventó el armonograma en 1896. Adamiecki publicó sus hallazgos en ruso y polaco, lo que dificultó su acceso a los países de habla inglesa. En 1910, Henry Laurence Gantt popularizó, por su parte, un gráfico similar en los Estados Unidos, que elaboró con el objetivo de representar cuánto tiempo dedicaban los obreros de una fábrica a trabajar en una tarea específica. Desde entonces, estos dos sistemas se han combinado para crear lo que hoy se conoce como el diagrama de Gantt.

Todo comenzó con el seguimiento de las tareas de los obreros en las fábricas, pero más adelante, los diagramas de Gantt se transformaron en una forma muy difundida de dar seguimiento a los cronogramas de los proyectos. Originalmente, los diagramas de Gantt se hacían en papel, entonces, si las fechas cambiaban había que volver a dibujarlos. Más adelante, los responsables de proyectos empezaron a usar hojas de papel o bloques para representar las barras del diagrama de Gantt y así poder moverlas de acuerdo con sus necesidades. En la actualidad, al diagrama de Gantt se le denomina también hoja de ruta ya que muestra de forma visual la ruta del proyecto.

## **Beneficios de un diagrama de Gantt**

Normalmente, el diagrama de Gantt se usa para visualizar el plan de un proyecto. Y a pesar de que no es la única forma de crear una representación visual de un trabajo, pueden ser particularmente útiles para ciertos tipos de actividades. Por ejemplo, los diagramas de Gantt son una buena opción para tener en cuenta si se necesita:

- Representar de forma visual el plan y cronograma de un proyecto. El diagrama de Gantt actuará como una hoja de ruta que mostrará cuál es el trabajo que se hará, cuándo se hará y en qué orden. Además, puede ayudar a aportar claridad con respecto al plan y al cronograma del proyecto.
- Organizar proyectos complejos. Ya sea que se trate de una iniciativa entre distintos equipos o un nuevo proyecto grande y ambicioso, un gráfico de Gantt servirá de guía. Al igual que en un mapa, se puede ver cada paso con anticipación y qué debe hacer el equipo a continuación.

- Coordinar a múltiples colaboradores. Con frecuencia, varios miembros del equipo trabajan de manera simultánea en distintas partes de un proyecto. Los diagramas de Gantt permiten ver en todo momento todas las piezas en movimiento, y cuándo pasar el testigo a la persona siguiente.
- Estimar los cronogramas y la carga de trabajo. Ya sea que se trabaje en la oficina o en una agencia, el diagrama de Gantt permite saber con anticipación cuánto tiempo y cuánta mano de obra se necesita, de modo que se pueda realizar una adecuada asignación de recursos y programar las fechas de entrega, según sea necesario.

### **Ventajas de usar un diagrama de Gantt**

El diagrama de Gantt u hoja de ruta puede ser una herramienta potente para la gestión de los proyectos desde lo visual. Algunas de las ventajas de usar un diagrama de Gantt son las siguientes:

- Vista general del cronograma de actividades del proyecto

Al inicio de un proyecto, el diagrama de Gantt permite ver la dirección en que se dirigen los planes y cuándo se espera cumplir cada logro. De este modo, se puede compartir el cronograma de actividades del proyecto con los demás colaboradores y planificar mejor la asignación de recursos. También permite saber lo que hay que hacer, cuándo y así mantener todo encaminado.

- Interrelación de las tareas

Al agregar fechas de inicio y finalización a cada tarea y crear dependencias, se visualiza cómo cada pieza del trabajo afecta a las demás. Ayuda a identificar problemas y a resolver conflictos de dependencia antes de empezar.

- Mejora en la gestión de los recursos del equipo

Agregar un responsable a cada trabajo puede ayudar a ver la duración de la tarea y quién la hará; y de este modo, se gestiona mejor el volumen de trabajo individual. Como todo está trazado de forma secuencial en una escala de tiempo, se puede ver si un compañero de equipo en particular o un equipo entero tiene demasiado trabajo en un momento determinado y así, reasignar o reprogramar las tareas, según sea necesario.

## **Riesgos de usar un diagrama de Gantt**

Los diagramas de Gantt tienen sus imperfecciones. A continuación, se enumeran algunas dificultades que las personas enfrentan con frecuencia:

- Prepararlos puede demandar mucho tiempo

Hacer un diagrama de Gantt no es instantáneo. En particular, si se usa una hoja de cálculo (Excel), podría llevar bastante tiempo plasmar el trabajo en la vista de un diagrama de Gantt. Incluso si se usa una plantilla de diagrama de Gantt, probablemente aun así hay que hacerle ajustes para personalizarla, según las necesidades específicas del equipo.

- No es fácil gestionar un proyecto en el mismo lugar en el que se planificó

Los diagramas de Gantt tradicionales pueden utilizarse para la fase de planificación de un proyecto. Una vez que se haya trazado el esquema de trabajo, con frecuencia se cambiará a una herramienta o plataforma diferente para gestionar las actividades diarias y será difícil saber cuál es el verdadero punto de referencia del equipo.

- Al agregar más detalles se vuelve más complicado

Independientemente de que se hable de micro pasos de un logro, archivos o una explicación de lo que quiere decir “Activar la campaña de recaptación”, agregar esos detalles útiles al plan de un proyecto en un diagrama de Gantt puede convertir un plan ordenado en un desorden abrumador (Asana Inc. 2024).

Figura 2.14 Ejemplo de Diagrama de Gantt



Fuente: <https://www.canva.com/templates/EAFPYBuXEus-pastel-aesthetic-departments-professional-gantt-graph/>

### 2.1.20 Costo Beneficio

Tomar decisiones es complicado. Sobre todo, cuando de ellas depende el futuro de un proyecto. Para cualquier empresa uno de los objetivos más importantes a alcanzar es la rentabilidad. Sin ella, la permanencia corre un gran riesgo.

El análisis de costo-beneficio es un proceso que se realiza para medir la relación que existe entre los costes de un proyecto y los beneficios que otorga. Su objetivo es determinar si una próxima inversión es rentable o no para una empresa.

El costo-beneficio (B/C) también es conocido como índice neto de rentabilidad. Esta herramienta es muy utilizada por las empresas, ya que les permite llevar la administración financiera en hojas de cálculo, sustentada en bases de datos. Esto ayuda a los dirigentes a tomar decisiones más acertadas acerca de la inversión y manejo de recursos.

## **Fórmula del análisis de costo-beneficio**

El valor del costo-beneficio se obtiene al dividir el Valor Actual de los Ingresos Totales Netos (VAN) o beneficios netos entre el Valor Actual de los Costos de inversión (VAC) o costos totales.

La fórmula quedaría de la siguiente manera:

$$\mathbf{B/C = VAN / VAC}$$

Al ser un valor muy amplio, existen diferentes variables que pueden determinar la ratio del costo-beneficio; entre las principales se encuentran:

- Costes de producción
- Suministros
- Salarios / sueldos
- Impuestos
- Nivel de producción óptimo
- Volumen de ventas
- Costes de financiación

Es importante considerar todas las variables posibles para comprobar que existe el presupuesto suficiente para cubrirlas. Además, no hay que olvidar otros gastos imprevistos como alguna contingencia, desequilibrio en el mercado, multas o sanciones. Una vez realizado todo el procedimiento correspondiente se podrá hacer una interpretación del resultado al compararlo con el número 1, bajo las siguientes reglas:

- **B/C mayor a 1:** quiere decir que los ingresos son superiores a los costos, por lo que el proyecto es rentable.
- **B/C igual a 1:** significa que no hay ni ganancias ni pérdidas, ya que uno absorbe al otro, así el proyecto no es viable.
- **B/C menor a 1:** indica que los costos sobrepasan a los beneficios por lo que el proyecto no es rentable.

## **Para qué sirve un análisis de costo-beneficio**

El cálculo del costo-beneficio es muy útil a la hora de emprender un negocio o lanzar un producto nuevo. De esta forma, quienes toman las decisiones pueden tener

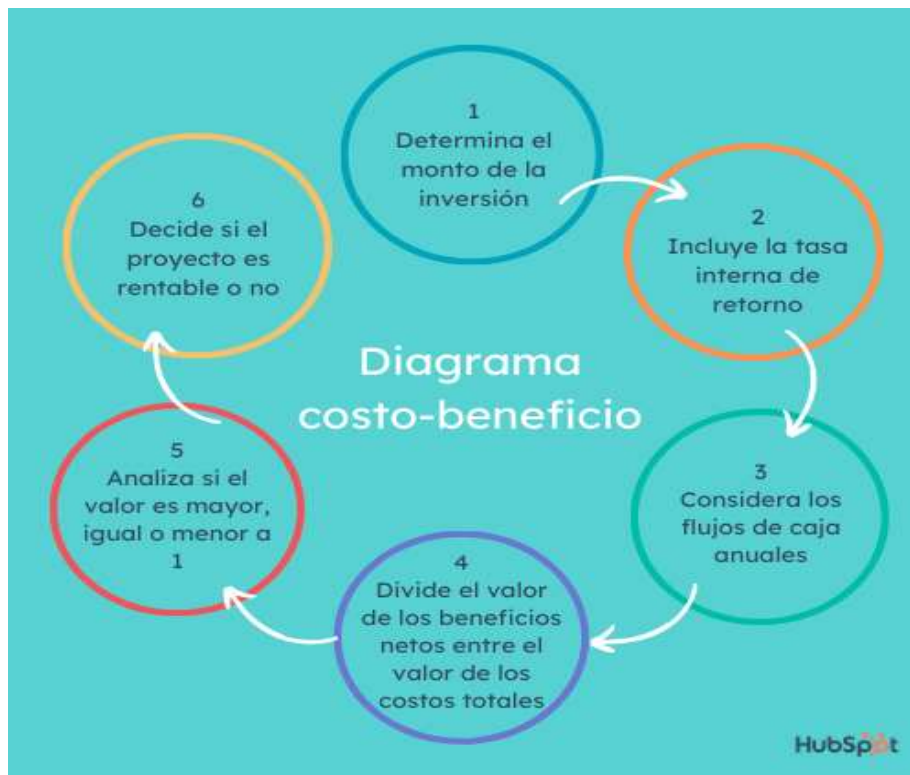
una amplia visión de las inversiones a realizar y si los beneficios a corto, mediano y largo plazo serán los esperados.

Según los resultados obtenidos, se determina si un proyecto será rentable o no. Si los beneficios son mayores a la inversión, entonces los resultados serán positivos. Mientras que si los beneficios son iguales o menores a la inversión es mejor considerar otro proyecto o estrategia.

A continuación, se muestra el paso a paso para hacer un análisis de costo-beneficio:

1. Recopilar los datos principales y calcula la TIR.
2. Sumar los ingresos de tu flujo de caja.
3. Sumar los egresos de tu flujo de caja.
4. Obtener el cálculo de costo de inversión.
5. Calcular el costo-beneficio (HubSpot, Inc, 2024).

**Figura 2.15** Diagrama análisis costo – beneficio



Fuente: [https://blog.hubspot.es/sales/analisis-costo-beneficio#:~:text=El%20valor%20del%20costo%2Dbeneficio,\(VAC\)%20o%20costos%20totales.](https://blog.hubspot.es/sales/analisis-costo-beneficio#:~:text=El%20valor%20del%20costo%2Dbeneficio,(VAC)%20o%20costos%20totales.)

## **2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA**

A continuación, se explican los aspectos más importantes de la empresa donde va a desarrollarse esta investigación, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), Negocio de Electricidad, División Distribución y Comercialización, región Huetar Caribe.

### **2.2.1 Visión / Misión**

La visión y misión de la empresa se muestran seguidamente.

#### **Visión**

"El Grupo ICE liderará la electrificación renovable de la economía y proveerá al país de un ecosistema seguro de telecomunicaciones digitales de última generación" (Principios corporativos, grupoice.com, 2023).

#### **Misión**

"Brindar energía, conectividad y servicios digitales, seguros y sostenibles a los habitantes de Costa Rica" (Principios corporativos, grupoice.com, 2023).

### **2.2.2 Antecedentes históricos**

#### **Energía y comunicación para todos**

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) fue creado por el Decreto - Ley No.449 del 8 de abril de 1949. Ese año, solo el 14% del país tenía acceso a la energía eléctrica. Hoy el servicio llega a todo el país.

En 1963, dado su éxito en la electrificación, se le asigna el desarrollo de las telecomunicaciones.

El 2008 se formaliza el Grupo ICE –integrado por el ICE, la CNFL y RACSA— mediante la Ley No.8660.

## **Tras luchas sociales**

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) nació tras una larga lucha de varias generaciones de costarricenses por solucionar los problemas de escasez de energía eléctrica de los años 40. Así, su creación se apegó a los principios de soberanía nacional y al mandato de desarrollar, de manera sostenible, las fuentes de energía del país (en ese momento, principalmente, la hidroeléctrica). Desde entonces, el ICE ha llevado electricidad, con energías limpias, a prácticamente cada rincón del país. Hoy cuenta con una matriz eléctrica que es referente mundial, dada su diversidad de fuentes renovables, entre las que destacan la hidroeléctrica, geotérmica, eólica y solar. Sus 40 plantas de generación, y robustos sistemas de transmisión y distribución eléctrica iluminan y mueven a Costa Rica de costa a costa y de frontera a frontera. Dado su éxito en la electrificación del país, en 1963 se le confirió un nuevo objetivo: el desarrollo y la operación de las telecomunicaciones del país. Tres años después, instaló las primeras centrales telefónicas automáticas y, a partir de entonces, las telecomunicaciones iniciaron un acelerado desarrollo, principalmente a través de la masificación de la telefonía fija y pública, y más recientemente, la telefonía móvil y el internet. A partir de la década de los 60, evolucionó como un grupo de empresas estatales, integrado por el ICE, Radiográfica Costarricense (RACSA) y la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL).

## **Los pioneros**

A mediados del siglo XIX, San José se alumbraba con lámparas de kerosén o canfín. El crecimiento urbano y los años acentuaban los daños que el tiempo había ocasionado en los postes. Hacia finales de ese siglo, Luis Batres García-Granados (nacido en 1845 y descendiente directo de peninsulares que ocuparon cargos de la Corona Española en Guatemala) y el costarricense Manuel Víctor Dengo fundaron la Compañía Eléctrica de Costa Rica. Con esta, levantaron la primera planta hidroeléctrica, en Barrio Aranjuez, la cual tenía una fuerza de 75 caballos y generaba 50 kilovatios para 25 lámparas de carbón.

Esas lámparas marcaron uno de los hitos en la historia eléctrica del país: la inauguración, el 9 de agosto de 1884 del alumbrado público en San José. De esta

manera culminaba una gigantesca obra, ansiada durante muchos años, y cuyo servicio se extendió, en 1888, a Cartago y, en 1894, a Heredia.

Con el siglo XX, uno de los principales actores del mercado eléctrico es el estadounidense Minor Cooper Keith. Cooper compra la empresa de Dengo y Batres y construye las plantas hidroeléctricas Tournón y Los Anonos, en la capital. En 1912 inauguró Brasil.

Para entonces, otros empresarios ingresan al mercado eléctrico y levantaron las plantas Belén (1914) y Electriona (1922). Si bien, el servicio iba en crecimiento, el acceso de este era para pocos. Ante esta realidad, en 1923, una serie de intelectuales crearon la Liga Cívica Nacional, la cual luchaba por la defensa del país frente a la inversión y el mal servicio de las empresas extranjeras. En 1928, la Liga Cívica junto con el ingeniero Max Koberg Bolandi redactaron y propusieron un proyecto de ley para la nacionalización de las fuerzas hidroeléctricas del país. Como resultado, el 31 de julio de 1928 se promulgó la Ley 77, que creó el Servicio Nacional de Electricidad (SNE), pero por razones políticas y económicas el SNE no cumplió su objetivo y el problema eléctrico continuó en los años 40. Todos estos movimientos, fueron la antesala del ICE, creado en 1949. (GrupolCE,2024)

## **Llega el ICE**

En 1948, un grupo de ingenieros eléctricos y civiles encabezados por Jorge Manuel Dengo Obregón presenta a la junta directiva del Banco Nacional un documento titulado Plan General de Electrificación de Costa Rica. La trascendencia de esta iniciativa fue tal, que el Banco Nacional lo remite al Gobierno de la República y el resultado fue la creación del Instituto Costarricense de Electricidad, el 8 de abril de 1949. Con el ICE, los problemas de escasez de energía eléctrica empiezan a solucionarse. El instituto, amplía la cobertura eléctrica (que era de un 14%), pone en servicio más plantas hidroeléctricas y le apuesta a la protección de las cuencas, los causes de los ríos y las corrientes de agua.

Con el paso de las décadas, incursiona en la explotación de otras energías renovables, como la geotérmica, la eólica y la solar. El éxito en la electrificación propició que en 1963 el Estado le asignara la responsabilidad histórica de convertir las

telecomunicaciones del país (en ese momento, las más atrasadas de Centroamérica) en una verdadera herramienta de crecimiento económico, social y tecnológico. A partir de entonces, el ICE instaló 24 centrales telefónicas automáticas y más de 34.200 líneas telefónicas (la primera en 1966, en Escazú, con una capacidad de las 1000 líneas). En los años 70 avanzó vertiginosamente en esta materia.

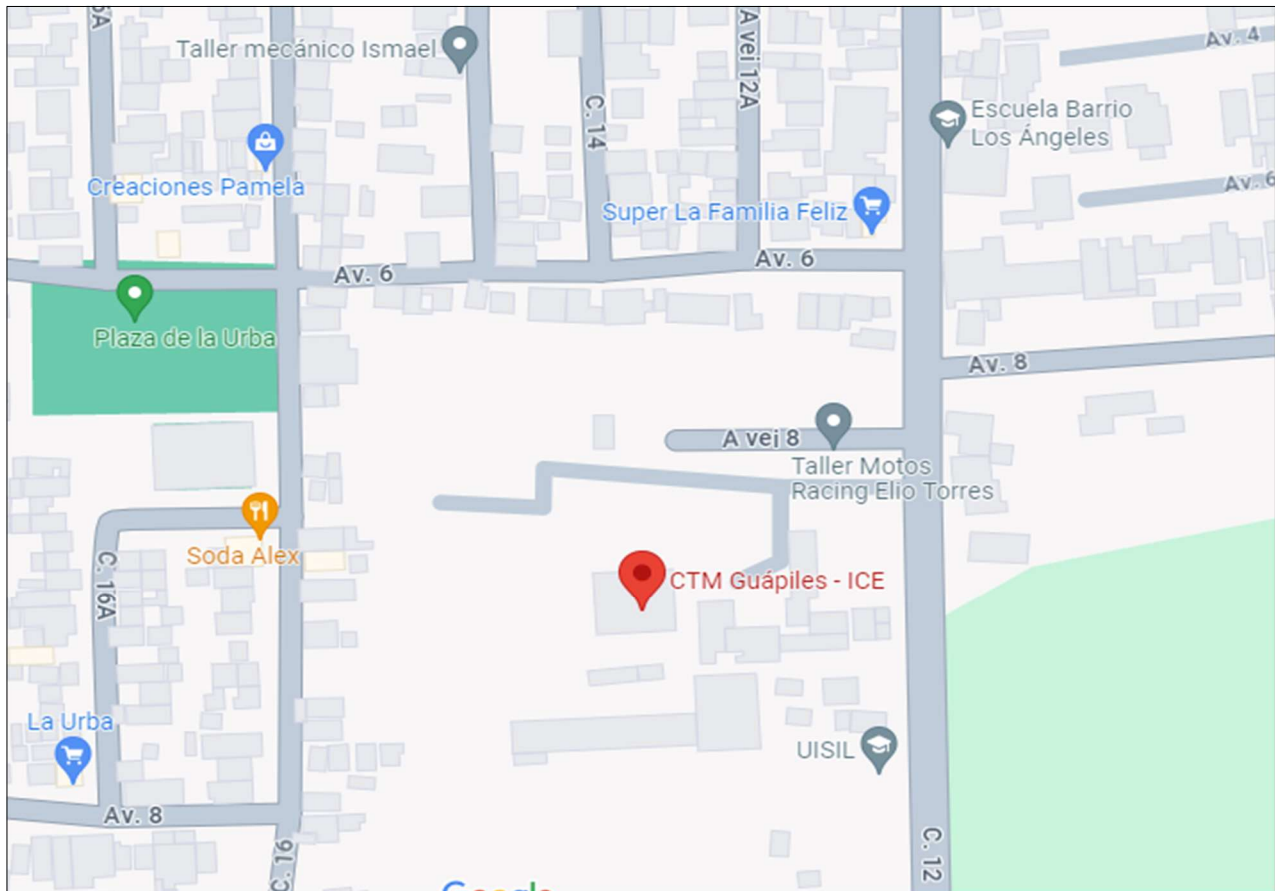
A nivel internacional, por ejemplo, con la Red Centroamericana de Microondas y, más adelante, el Sistema de Marcación Directa de Abonado (MIDA), con el cual el cliente podría marcar directamente a otros países. Así, mientras que en los años 70 se contaba con apenas una línea de telefonía fija por cada 100 habitantes, a finales de 2008 este indicador fue de 34 líneas por cada 100, uno de los índices más altos en Latinoamérica. Para entonces, también contaba con una red de 22.000 teléfonos públicos en todo el país. Los años 80 trajeron cambios en las centrales telefónicas, de analógicas a digitales. Esta modernización permitió mayor rapidez en las comunicaciones y nuevos servicios, como el correo de voz, llamada en espera, desviación de llamadas y teléfono despertador. La telefonía celular llegó, con tecnología analógica, en 1994. Al poco tiempo, debido a la alta demanda del mercado pasó a la TDM y GSM. Ese mismo año, la numeración telefónica pasó de 6 a 7 dígitos y, en 2008, a 8 dígitos. A partir de 2009, el ICE amplió su cartera de servicios; con la tecnología móvil 3G (UMTS), plataformas para IPTV y VoIP (televisión y voz sobre el protocolo de Internet), que le permiten incursionar como un operador Triple Play, es decir, envió instantáneo de voz, datos y video. Hoy, el ICE cubre con electricidad el 99,7% del país y es protagonista en la descarbonización de la economía, a través de la electromovilidad y la consolidación de ciudades inteligentes, gracias a sinergias con sus empresas, RACSA y CNFL. Es, además, el operador dominante del mercado celular, con su marca kölbi, y cuenta con una robusta red de fibra óptica y de cables submarinos que permiten la conectividad de alta calidad con el mundo.

### **2.2.3 Ubicación geográfica**

La ubicación de la empresa es Sabana Norte, Edificio ICE, Boulevard de Las Américas, San José, San José. El alcance de la investigación está limitado a la región Huetar Caribe, la Coordinación general del Mantenimiento de redes de distribución se

encuentra en Guápiles, Pococí, Limón. Plantel del ICE, Barrio los Ángeles, contiguo a UISIL.

**Figura 2.16** Mapa satelital de plantel del ICE. Barrio Los Ángeles, Guápiles. Coordinación General del Mantenimiento de redes de distribución de la región Huetar Caribe

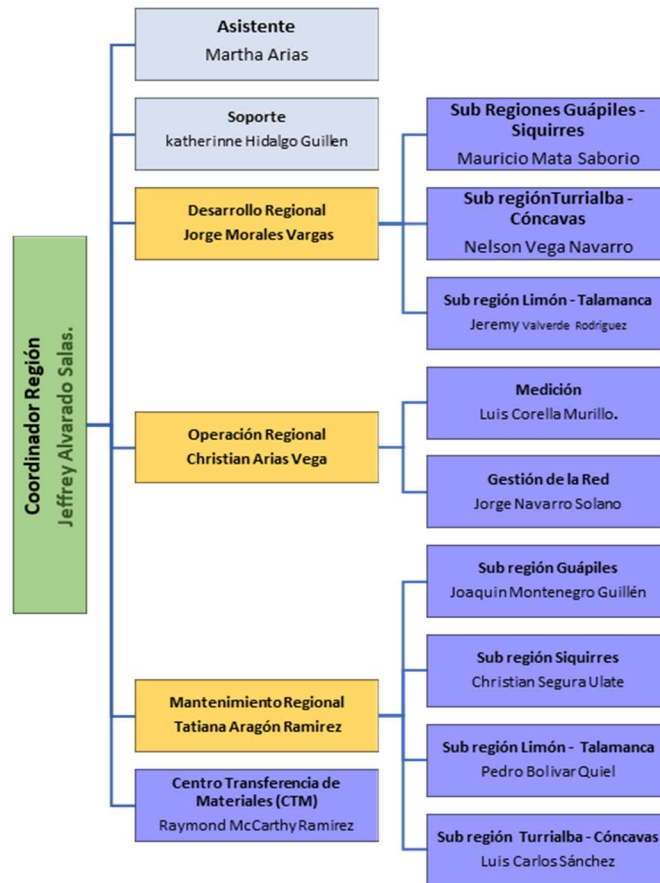


Fuente: Google Maps, 2023.

## 2.2.4 Estructura organizacional

El organigrama de la empresa se muestra a continuación, basado en el alcance de la investigación sobre el proceso de Mantenimiento de Redes de Distribución:

**Figura 2.17** Organigrama de la Coordinación de la Región Huetar Caribe



Fuente: RR.HH. División Distribución y Comercialización, Gerencia de Electricidad, ICE 2023.

La región Huetar Caribe, de la División de Distribución y Comercialización, del Negocio de Electricidad, está conformada según la figura 2.17., por una coordinación regional y tres procesos gobernantes: Desarrollo, Operación y Mantenimiento de la red de distribución, este último el alcance de la investigación. El proceso de mantenimiento de la región está organizado por una coordinación regional, y 4 coordinaciones de subregiones que dependen jerárquicamente del mantenimiento regional. El mantenimiento regional es el responsable de la continuidad y calidad del suministro eléctrico para los clientes de la región.

## 2.2.5 Cantidad de empleados

La cantidad de empleados por área se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 2.1** Cantidad de empleados por área

<b>Puesto o Área</b>	<b>Cantidad</b>
Coordinación de la región, con la asistencia y soporte	5
Mantenimiento	214
Operación	39
Desarrollo	37
Centro de Transferencia de Materiales (CTM)	7
<b>Total</b>	<b>302</b>

Fuente: RRHH División Distribución y Comercialización, 2023.

## 2.2.6 Tipos de productos

El Negocio predominante según el alcance es la venta de energía (electricidad) a los consumidores finales, clientes residenciales, comerciales, industriales, para un total de 223 000 clientes.

## 2.2.7 Mercado de exportación

En términos generales, el ICE exporta electricidad en el mercado eléctrico regional, del cual también compra. Para efectos de la investigación y según el alcance, el mercado de exportación no se contempla.

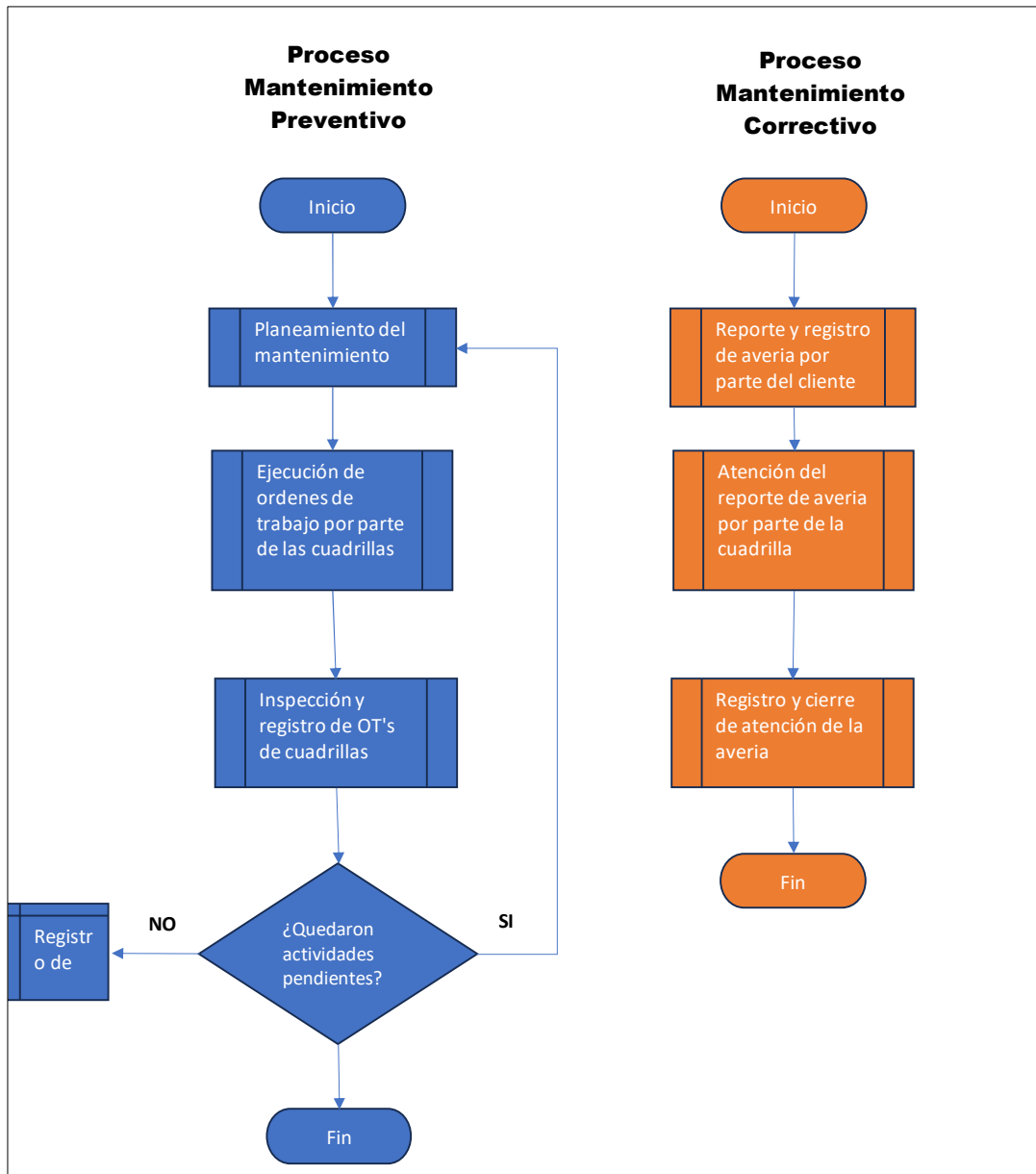
## 2.2.8 Descripción general del proceso productivo

Para efectos de la descripción general del proceso productivo, y según el alcance de la investigación, enfocada en la región Huetar Caribe en el proceso de mantenimiento de la red de distribución, es menester como paso fundamental para efectos de los procesos productivos, mencionarlos desde la estrategia actual.

En el proceso de mantenimiento los dos ejes fundamentales de atención son:

El mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo, como se muestra a continuación:

**Figura 2.18** Diagramas de flujo del proceso de Mantenimiento de Redes



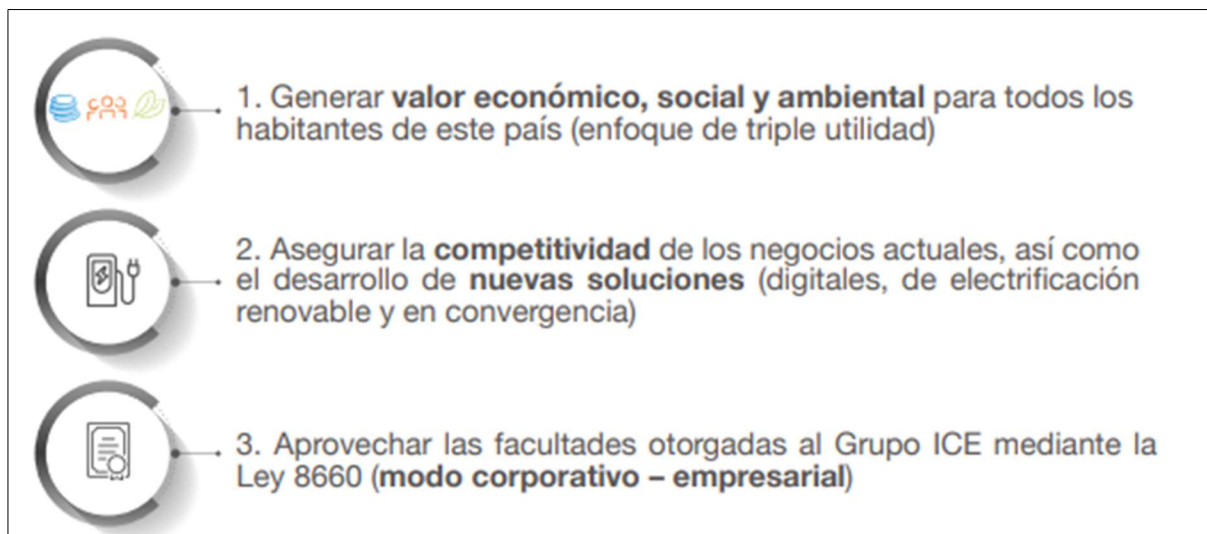
Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la figura 2.18, se muestra, de forma general, el proceso de mantenimiento preventivo, el cual está basado en la planificación, ejecutado por órdenes de trabajo, supervisión en campo de los trabajos realizados, la actualización de los trabajos no ejecutados y vueltos al ciclo del plan de trabajo para ejecutarlos, así como el registro de

las órdenes de trabajo. En el proceso del mantenimiento correctivo, su naturaleza es la atención de las averías de los circuitos o de la red de distribución, iniciando con el reporte del cliente al centro de llamadas, el registro del reporte de la avería, la coordinación de la atención de la avería con las cuadrillas de mantenimiento en campo, el registro y cierre de la avería.

El proceso de mantenimiento debe basarse en los pilares de la Estrategia ICE 2023-2027, por lo que se explica en términos del contexto actual y las mejoras que deben incluirse. Los principales productos de negocio de la institución son la electricidad y las telecomunicaciones, generadores de ingresos de la empresa, para ambos se han propuesto los siguientes objetivos:

**Figura 2.19** Aspectos centrales de los Negocios del ICE en la estrategia 2023-2027



Fuente: Estrategia ICE 2023-2027.

**Figura 2.20 Aspectos centrales de los Negocios del ICE en la estrategia 2023-2027**



Fuente: Estrategia ICE 2023-2027.

Según se indica en la figura 2.20, los negocios o productos de la empresa deben cumplir y atender los temas relevantes del entorno actual. Todo lo anterior, orientado por una mayor preocupación por parte de los diferentes actores sociales (sector público, empresas estatales, empresas privadas, instancias de la sociedad civil) en contribuir con la consecución de los ODS y la generación de valor económico, social y ambiental, es decir, un enfoque triple utilidad, el que nace de la definición acuñada por John Elkington en 1997 acerca del “triple bottom line”, o “triple cuenta de resultados”, según la cual una empresa para ser sostenible debe responder por sus impactos y garantizar ser económicamente viable, socialmente beneficiosa y ambientalmente responsable.

**Figura 2.21 Orientaciones Estratégicas de los Negocios del ICE 2023-2027**



Fuente: Estrategia ICE 2023-2027

En la figura 2.21 se muestran un conjunto de orientaciones estratégicas, tanto generales como por negocio que oficializó el Consejo Directivo con base en la valoración del entorno actual, así como de las tendencias de las industrias de electricidad y telecomunicaciones, para maximizar los recursos de la empresa, estas disposiciones incluyen a la región Huetar Caribe y sus procesos de mantenimiento por lo que deben cumplirse en el alcance de esta investigación.

Con base en lo anterior, y según el proceso productivo explicado desde la estrategia actual, lo que se espera obtener es lo siguiente:

**Figura 2.2 Propósitos Corporativos de Triple Utilidad de los Negocios del ICE 2023-2027**

	<p><b>Económico</b></p> <p>Ser un motor para el crecimiento económico de la sociedad con visión de innovación, mediante la ejecución de un plan de inversiones enfocado al crecimiento y la rentabilidad, una oferta de valor diferenciada, convergente y oportuna, así como la aplicación de un modelo tarifario adaptado para satisfacer las necesidades de los clientes y con precios competitivos.</p>
<p>Incluye un crecimiento en el desempeño financiero que va más allá de una oferta de valor innovadora y sostenible de parte de las empresas, que debe maximizar la eficiencia y sostenibilidad en el uso de los activos y de los fondos públicos destinados a las nuevas inversiones que se requerirán durante la transición energética y el desarrollo del ecosistema de las telecomunicaciones digitales. Se impulsará la gestión sostenible de las finanzas, así como el desarrollo de soluciones competitivas y rentables basadas en innovación con procesos óptimos y alineados a las mejores prácticas internacionales. Con esto se busca contribuir a la disminución del costo de vida, la satisfacción de las necesidades de nuestros clientes y brindar bienestar a la población.</p> <p>Se pretende establecer un modelo de gobernanza eficiente, en cumplimiento con los valores y la ética de la corporación, que rinda cuentas a sus partes interesadas y sea implementado dentro de un marco de referencia estratégico.</p>	
	<p><b>Social</b></p> <p>Incrementar la generación de valor para las partes interesadas mediante una conducta empresarial responsable y una transformación de la cultura organizacional, caracterizada por el bienestar, el desempeño tendente a superar las expectativas de las metas programadas, el desarrollo de competencias, la seguridad laboral, la salud física y mental, así como el sentido de pertenencia.</p>
<p>Se impulsará la generación de valor público a las partes interesadas, mediante una estricta conducta estratégica que potencie el bienestar integral de todo el personal tal como creación de capacidades, atención de la diversidad, la inclusión, adaptación al cambio, salud organizacional, prácticas de retención de personal y reconocimiento, entre otros, que les motive a brindar la milla extra en su desempeño de forma que refuerce el orgullo y la mística por las labores que realiza, la mejora en los tiempos de respuesta a las personas usuarias y en la experiencia cliente en cada segmento de mercado y negocio.</p> <p>Se brindará soluciones de electricidad y telecomunicaciones innovadoras, inclusivas y resilientes a los clientes que genere beneficios en las diversas regiones y propicie la mejora en los niveles de pobreza multidimensional, así como en la imagen pública de las empresas y la percepción por parte de la población, alineado al modelo de experiencia excepcional del cliente.</p> <p>Incluye el compromiso con los Derechos Humanos, con la seguridad, salud y bienestar de las personas, las condiciones laborales adecuadas (a lo largo de su cadena de valor) y el cumplimiento del proceso de debida diligencia de la conducta empresarial responsable (CER), basadas en las líneas directrices de la OCDE, así como de la calidad de los servicios pre y post venta y el desarrollo inclusivo de la sociedad.</p>	
	<p><b>Ambiental</b></p> <p>Impulsar de forma sostenible la electrificación renovable de la economía nacional y la creación de un ecosistema de telecomunicaciones digitales de última generación, con una huella ambiental positiva y esfuerzos de regeneración del planeta.</p>
<p>Se impulsará la producción del 100% de la electricidad con fuentes renovables y propiciará un cambio en los patrones de consumo energético de diversas actividades económicas sustentadas en hidrocarburos por el uso de energías renovables. Asimismo, se potenciará un ecosistema digital de quinta generación que aproveche la última tecnología en convergencia de servicios de telecomunicaciones digitales (big data, blockchain, 5G, ciberseguridad, inteligencia artificial, realidad virtual y aumentada, internet de las cosas, entre otros) que mejore la calidad de vida de la población, esfuerzos que fomenten la sostenibilidad y generen un impacto ambiental positivo e iniciativas de regeneración de los procesos productivos de la economía.</p> <p>Para esto también se trabajará en el uso eficiente y sostenible de los recursos, la gestión de la biodiversidad, la resiliencia ante los eventos climáticos, las inversiones, negocios sostenibles y competitivos bajo un enfoque regenerativo y de impacto neto positivo. Incluye la atención proactiva de la ecoeficiencia y la acción climática, así como la medición del 100% de la huella de carbono de las operaciones de las empresas, alineados con los ODS.</p>	

Fuente: Estrategia ICE 2023-2027.

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación se desarrollará bajo el enfoque mixto, es decir, se utilizarán métodos cualitativos y cuantitativos, esto por cuanto, en el proceso de mantenimiento se tienen datos, información, pero también se debe observar el proceso como tal para gestionar la mejora continua. Este enfoque mixto permitirá el desarrollo de la investigación como un proceso que recolecta, analiza y posee una conexión de datos cuantitativos (estadísticas, causa-efecto, procesos, secuencias, deducciones, probatorias, análisis objetivos, generalizaciones, controles, precisión, réplica, predicción) y cualitativos (significados, inducciones, interpretaciones, realidad subjetiva, profundización de ideas, amplitud, contextualización).

Al respecto, Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2014), afirman que, “es necesario tener una secuencia en la investigación y mantenerla para cumplir con éxito cada parte y al ser con enfoque cuantitativo, se debe acotar y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación” (p. 4). Además, los autores agregan acerca del enfoque cualitativo que:

...guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis precede a la recolección y el análisis de datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de datos. (p. 7)

### **3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN**

El método o diseño según Hernández et al. (2014), “se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de resolver al planteamiento del problema” (p.128). El método se selecciona con base en el problema planteado, objetivos, el tiempo, e inclusive el presupuesto destinado para la investigación. Es indispensable describir cada paso del diseño y cómo se usará en la investigación. Cada enfoque tiene sus diseños o métodos establecidos, es incorrecto mezclarlos.

Con base en lo anterior, el tipo de investigación se basa en un enfoque mixto. De forma cuantitativa porque se tiene una administración de las variables, con medición, control y validación, verificando cómo estas generan una mayor disponibilidad,

confiabilidad y mantenibilidad de los circuitos de distribución eléctrica, así como el comportamiento de las variables técnicas y económicas.

Cualitativamente, se requiere para hacer el diagnóstico de la condición actual de la gestión de mantenimiento en los circuitos de distribución, así como también en la investigación de modelos existentes de mantenimiento para seleccionar el piloto de esta propuesta.

Se utilizará como metodología ingenieril, el método DMAIC, según el siguiente esquema:

**Figura 3.1 Herramientas a utilizar basado en DMAIC**



Fuente: Elaboración propia, 2024.

### 3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes primarias, como su nombre lo expresan, son aquellas en donde los datos o la información provienen de una fuente directa, sea una persona, institución u otro medio. Las fuentes secundarias, por otra parte, permiten conocer hechos o fenómenos a partir de documentos o datos recopilados por otros.

La mayoría de los datos se tomarán de las bases de datos existentes para el análisis de la condición actual y posterior al desarrollo del modelo, para ver el comportamiento en la mejora según, busca este trabajo.

Esta investigación es descriptiva porque busca explicar la condición actual sobre el mantenimiento en los circuitos de distribución, se utilizarán herramientas como: la estadística, bases de datos y desarrollo de índices para el análisis posterior.

Se requiere hacer un análisis de criticidad de variables de los circuitos de distribución para determinar una clasificación y priorización para su análisis, a su vez se necesita un análisis correlacional para determinar, dónde se debe invertir y dónde no, cuándo y cómo, todo esto incluido en un modelo de gestión del mantenimiento.

### **3.3.1 Sujetos de información**

La población de este proyecto son los trabajadores o colaboradores del proceso de mantenimiento de redes de distribución eléctrica de la región Huetar Caribe. En el caso de la presente investigación, y, como posteriormente se indica, la información proveniente se recolecta de bases de datos por medio de varias herramientas ingenieriles.

**Figura 3.2 Acta de Constitución del Proyecto (Project Charter) para la investigación**

<b>ACTA CONSTITUCION DEL PROYECTO</b>	
<b>Fecha:</b> 15-jun-24	<b>Nombre del Proyecto:</b> Desarrollo de un Modelo de Gestión para el Mantenimiento de redes de Distribución con base al DMAIC, para la región Huetar Caribe.
<b>Miembros:</b> <b>Equipo de Trabajo:</b> Tatiana Aragón Ramírez Joaquin Montenegro Guillén Christian Arias Vega Christian Segura Ulate Pedro Bolivar Quiel <b>Supervisores del Proyecto:</b> Tatiana Aragón Ramírez Jeffrey Alvarado Salas	<b>Area de aplicación, interesados del proyecto:</b> El proyecto se aplicará en la región Huetar Caribe, se realizara una análisis basado en instrumentos de la Ingeniería Industrial para desarrollar un modelo de gestión para el mantenimiento en redes de distribución. Se utilizara uno de los circuitos de la región como plan piloto. Los interesados del proyecto son los coordinadores y supervisores del mantenimiento de la red de distribución de cada subregión de la región.
<b>Fecha de Inicio del Proyecto:</b>	
<b>Objetivos del Proyecto:</b>  <b>Objetivo General:</b> Analizar el proceso de Mantenimiento de Redes de Distribución de la región Huetar Caribe, de la División de Distribución y Comercialización del Instituto Costarricense de Electricidad, para desarrollar mediante la metodología DMAIC, un modelo de gestión para el mantenimiento de la red de distribución, para brindar mejor calidad, continuidad del servicio eléctrico, además de optimizar costos y obtener una mejor experiencia cliente.  <b>Objetivos Específicos:</b>  1. Definir los factores que influyen en la problemática en la gestión del proceso de Mantenimiento, de los circuitos de distribución de media tensión de la Región Huetar Caribe. 2. Medir el impacto de las causas y efectos actuales de las fallas de la red de distribución de la región Huetar Caribe. 3. Analizar y desarrollar basado en el DMAIC el modelo gestión del mantenimiento en redes de distribución para la Región Huetar Caribe. 4. Proponer el modelo y aplicarlo en un circuito de distribución como plan piloto para gestión del Mantenimiento de redes de distribución, con el fin de reducir los costos y una mejor experiencia cliente de la Región Huetar Caribe.	
<b>Descripción del producto:</b> Desarrollo de un modelo de gestión para redes de distribución en media tensión basado en la metodología DMAIC, con el fin de reducir costos, mejorar la continuidad y calidad del servicio eléctrico y la experiencia cliente en la región Huetar Caribe	
<b>Necesidad del Proyecto:</b> Mejorar los índices de continuidad, calidad, disminuir costos, mejorar la experiencia cliente de los clientes de la región Huetar Caribe.	
<b>Posibles restricciones:</b> Recursos para el desarrollo de la herramienta informática a partir del modelo que se va a proponer	
<b>Supuestos:</b> Se desarrollara el modelo para aplicarlo como plan piloto en uno de los circuitos con mayor incidencia de averías, mayores índices de calidad y continuidad de la región Huetar Caribe	
<b>Identificación de grupo de interés (Stakeholders):</b> <b>Cliente(s) directo(s):</b> Clientes industriales, comerciales, residenciales. <b>Cliente(s) indirecto(s):</b> Coordinadores, supervisores, trabajadores. Aresep	
<b>Aprobado por:</b> Lider del proyecto de investigación	<b>Firma:</b> Jeffrey Alvarado Salas
<b>Presentado por:</b> 1. Jeffrey Alvarado Salas 2 3	<b>Firmas:</b> _____ _____ _____

Fuente: Elaboración propia, 2024.

### **3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS**

Dependiendo del enfoque se definen variables (cuantitativo) o categorías de análisis (cualitativo). En el caso de las variables, debe aparecer una definición conceptual, operacional e instrumental. Hernández et al. (2014) explican que la definición conceptual es brindar el significado teórico; la operacional son las actividades u operaciones para medirlas, y la instrumental, indica cuáles ítems del instrumento, guardan relación con la variable. En el caso de las categorías de análisis, las cuales se derivan del contenido de cada objetivo específico, se realiza una definición conceptual, a la luz de la línea teórica que se ha asumido para la acción investigativa. Gracias a estas definiciones, se elaboran los ítems de los instrumentos con mayor precisión.

Con base en lo anterior, a continuación, se presentan los objetivos específicos del estudio en los cuales se basará el desarrollo del modelo con el DMAIC.

**Tabla 3.1** Variables de la investigación por objetivo específico

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Operacionalización	Instrumentalización
<p>Definir los factores que influyen en la problemática en la gestión del proceso de mantenimiento, de los circuitos de distribución de media tensión de la Región Huetar Caribe.</p>	<p>Contexto Operacional</p>	<p>Proceso por el cual se pueden identificar factores estratégicos del contexto operacional para diferenciar oportunidades de mejora.</p>	<p>Se va a evaluar el contexto operacional de los circuitos de distribución en media tensión, para establecer un modelo de gestión de mantenimiento basado en DMAIC que mejore los índices de calidad, continuidad, disminución de costos y mejor experiencia al cliente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ DMAIC</li> <li>✓ FODA</li> <li>✓ Matriz de estrategias FODA</li> <li>✓ 5W+1H</li> <li>✓ Lluvia de Ideas</li> <li>✓ Diagrama de Ishikawa</li> <li>✓ Multivoto</li> <li>✓ Diagrama de Pareto</li> <li>✓ 5 Porqués</li> <li>✓ Auditoria MES</li> </ul>
<p>Medir el impacto de las causas y efectos actuales de las fallas de la red de distribución de la región Huetar Caribe.</p>	<p>Clasificación de causas y su impacto</p>	<p>Metodología estadística para la clasificación de las causas de las averías o fallas en los circuitos de distribución y la contextualización del mantenimiento que se aplica actualmente a la red de distribución.</p>	<p>Se recopilarán los registros históricos de los últimos dos años para hacer una evaluación estadística para clasificar las causas de las averías o fallas del sistema de distribución, además de la aplicación de encuestas para</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Análisis Estadístico</li> <li>✓ Gráfico de barras</li> <li>✓ Gráfico de pastel</li> </ul>

			entender el contexto actual del mantenimiento de la red de distribución.	
<p>Analizar y desarrollar basado en el DMAIC el modelo gestión del mantenimiento en redes de distribución para la Región Huetar Caribe. Proponer el modelo y aplicarlo en un circuito de distribución como plan piloto para gestión del mantenimiento de redes de distribución, con el fin de reducir los costos y una mejor experiencia cliente de la Región Huetar Caribe.</p>	<p>Análisis de causas y modos de fallo</p>	<p>Levantamiento de las causas raíz del problema, analizando todos los factores que afectan el proceso en nuestro contexto, los circuitos de distribución.</p>	<p>Se revisarán todas las causas y sus efectos para determinar cuáles factores o causas son más relevantes y de mayor impacto, para basado en el modelo que se propone, asigne valor agregado a la gestión del mantenimiento, asimismo mejoras en la gestión del mantenimiento con un enfoque de los circuitos como líneas de producción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ SIPOC actual</li> <li>✓ Diagrama de flujo</li> <li>✓ VOC (Voz del cliente)</li> <li>✓ CTQ (factores críticos para la calidad)</li> <li>✓ Diagrama de Pareto de Circuitos de distribución con aporte al DPIR de la región</li> <li>✓ Gráficos de Pareto de las subregiones con mayor aporte de DPIR al total de la región</li> </ul>

<p>Mejorar los índices de calidad y continuidad de la red de distribución con el desarrollo de un modelo de gestión del mantenimiento basado en DMAIC</p>	<p>Mejora del proceso</p>	<p>Modelo propuesto para la gestión del mantenimiento de la red de distribución y que basado en la metodología DMAIC aporte valor agregado según los objetivos expuestos.</p>	<p>Basado en un plan piloto según los resultados de los puntos anteriores se aplicará el modelo de gestión.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sipoc propuesto</li> <li>✓ Diagrama de flujo propuesto</li> <li>✓ Propuesta de Análisis Multivariable</li> <li>✓ Análisis Pareto de Ingresos por circuitos.</li> <li>✓ Propuesta del Modelo de Gestión para el Mantenimiento</li> <li>✓ Plan Piloto</li> </ul>
<p>Control y seguimiento a los resultados del plan piloto, para aplicar mejora continua.</p>	<p>Control de resultados y mejora continua</p>	<p>Seguimiento y control de los resultados del plan piloto basado en el modelo de gestión para el mantenimiento.</p>	<p>Basado en reuniones y seguimiento de KPI's se llevará a cabo el control y seguimiento de resultados del plan piloto y el modelo para aplicarlo a toda la región.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cuadro de Mando Integral</li> <li>✓ Diagrama de Gantt de implementación.</li> <li>✓ Cronograma de capacitación de la metodología.</li> <li>✓ Análisis de Costo Beneficio-</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia, 2024.

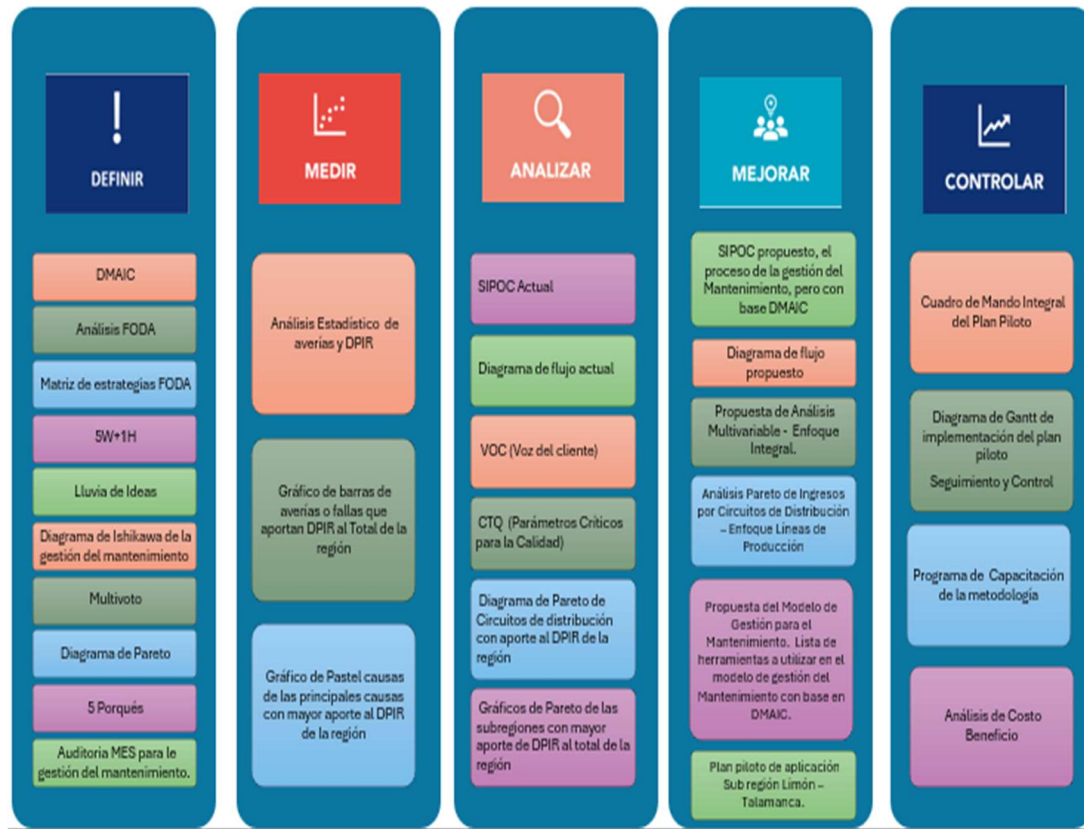
## **3.5 INSTRUMENTOS**

Para la realización de este proyecto es necesario emplear herramientas ingenieriles y técnicas, que permitan recopilar toda la información necesaria para tener una vista clara de la situación que plantea el problema en estudio. Al respecto, Barrantes Echavarría (2014) indica: “En la investigación se dispone de instrumentos para medir las variables y las interrogantes, a fin de recolectar la información necesaria. Se puede utilizar uno o varios de estos instrumentos, según sea el enfoque en el que estemos trabajando” (p. 259). Para ayudar en la recolección de la información respecto de los conceptos y las variables que se fijaron en los objetivos de este proyecto, se han seleccionado una serie de instrumentos para el desarrollo del modelo para la gestión de redes de distribución en media tensión de la región Huetar Caribe, que serán ampliados a continuación.

### **3.5.1 DMAIC**

DMAIC es un ciclo de mejora basado en datos que ayuda a las organizaciones a medir y mejorar su rendimiento. DMAIC es el acrónimo de cinco pasos: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Se va a utilizar esta metodología como base de la investigación, pero también como base del modelo de gestión del mantenimiento de la red de distribución, ya que es una metodología ágil y oportuna para la mejora continua de los procesos. En la siguiente figura se muestra el modelo y las herramientas que se desarrollarán en el DAMIC para esta investigación, lo que dará como resultado el modelo de gestión para el mantenimiento de la red de distribución de la región Huetar Caribe.

**Tabla 3.2 Fases del DMAIC y herramientas a desarrollar**



Fuente: Elaboración propia, 2024.

### 3.5.2 Análisis FODA

El análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas), también conocido como análisis DAFO, es una herramienta de estudio de la situación de una empresa. Para esta investigación se va a utilizar el FODA para el desarrollo del modelo de gestión para el mantenimiento de la red de distribución.

Se va a emplear esta herramienta para identificar claramente las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del proceso de mantenimiento en la región Huetar Caribe, como insumo para el análisis en el proceso DMAIC para la mejora continua de los circuitos de distribución.

Se va a realizar una reunión con el grupo de coordinadores y supervisores del proceso de mantenimiento de la región, además de la gestora del proceso de mantenimiento para desarrollar el FODA que se desea implementar, ya que es necesario

conocer el contexto actual de la gestión de mantenimiento de la región para el desarrollo del modelo indicado.

### **3.5.3 Matriz de Estrategias FODA**

Tomando como base el FODA realizado, de la combinación de fortalezas con oportunidades surgen las potencialidades, las cuales señalan las líneas de acción más prometedoras para la organización y para el desarrollo del modelo. Las limitaciones, determinadas por una combinación de debilidades y amenazas, colocan una seria advertencia para este. Mientras que los riesgos (combinación de fortalezas y amenazas) y los desafíos (combinación de debilidades y oportunidades), determinados por su correspondiente combinación de factores, exigirán una cuidadosa consideración a la hora de marcar el rumbo que requiere la gestión del mantenimiento. Con la utilización de esta herramienta, se establecerán acciones estratégicas en el modelo de gestión para el mantenimiento de la red de distribución. El mismo grupo de trabajo que realizará el FODA, desarrollará la matriz de estrategias, para hacer un debate sobre el contexto actual y futuro para la gestión del mantenimiento basado en esta matriz.

### **3.5.4 Cinco Porqués y un Cómo (5+W)**

Los elementos incluidos en el método 5W1H permiten un análisis exhaustivo de la situación presentada y detectan oportunidades de mejora. Responder a las preguntas de las 5W y la 1H, y ser lo más detallado posible, ayuda a identificar posibles soluciones que podrían aplicarse y observar su eficacia.

Este instrumento se utilizará para realizar un análisis exhaustivo de la situación actual y proponer, desde el modelo, herramientas que permitan facilitar y administrar mejor los recursos en la gestión del mantenimiento, además de la adecuada atención de los circuitos de distribución de la región para brindar un mejor servicio de electricidad a cada cliente. Esta técnica será realizada, en una de las sesiones de trabajo, por los supervisores, coordinadores y gestora de mantenimiento, también se invitará a la sesión de trabajo un técnico que se haga acompañar de cada supervisor de subregión para el aporte en el uso de la herramienta.

### **3.5.5 Lluvia de ideas**

Para que florezca la verdadera creatividad e innovación, la lluvia de ideas debe seguir un proceso. En la misma sesión de trabajo, donde se desarrolló la herramienta anterior y con el personal mencionado (técnicos, supervisores y coordinadores de subregión, además de la gestora del proceso de mantenimiento) se realizará la lluvia de ideas; de este modo, los participantes se convertirán en fuentes primarias de información y bases para el uso de la siguiente herramienta para el desarrollo del modelo y la mejora continua del proceso.

### **3.5.6 Diagrama de Ishikawa**

El diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de espina de pescado es una herramienta utilizada para identificar problemas en un sistema. El grupo del proceso de mantenimiento de la región que ha trabajado las herramientas anteriores participará dando insumos para el diagrama, con la información de la lluvia de ideas.

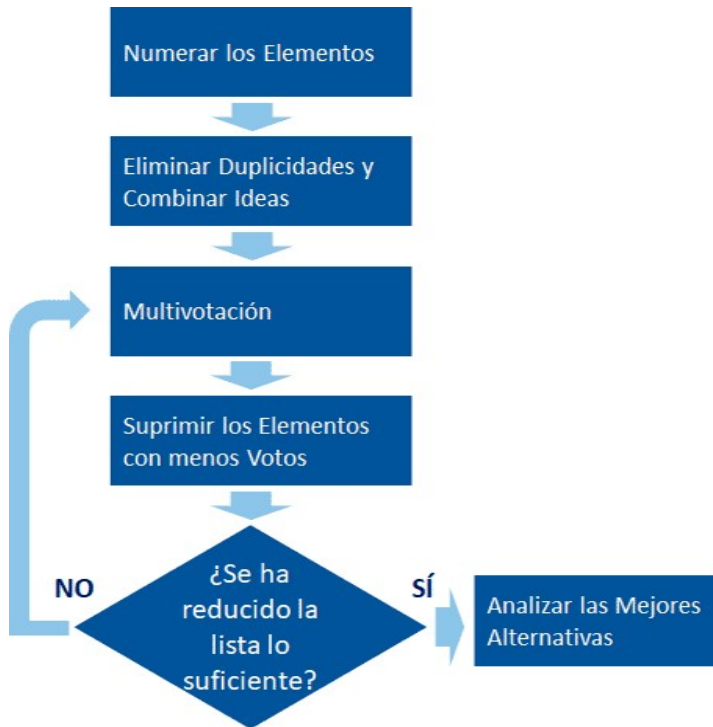
### **3.5.7 Multivoto**

Es un procedimiento sencillo y estructurado que se aplica para seleccionar, de entre una amplia lista de elementos, aquellos que son más significativos y merecen mayor consideración.

Cuando se dispone de una gran cantidad de ideas u opciones la dificultad estriba en trabajar con ese alto número. Con la multivotación, esa amplia gama de elementos se reduce, lo que permite al equipo centrarse en unas pocas, más apropiadas e importantes. Con este fin, la técnica de Scholtes, Joiner y Streibel (2003), opera mediante una serie de votaciones, donde cada una de ellas reduce la lista en una cantidad especificada, generalmente la tercera parte.

Mediante la sesión de lluvias de ideas con el grupo de trabajo se realizará esta técnica, aplicando el siguiente diagrama para llevar a cabo el multivoto.

**Figura 3.3** Procedimiento de Multivotación



Fuente: Aiteco.com

La herramienta multivoto se utilizará para enfocarse en las principales ideas que permitan contribuir en el desarrollo del modelo de gestión para el mantenimiento de redes de distribución y la mejora continua de la gestión.

### 3.5.8 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto, también llamado curva cerrada o Distribución A-B-C, facilita el estudio de las fallas en las industrias o empresas comerciales, en este caso las fallas o causas asociadas a la red de distribución y que afectan el DPIR.

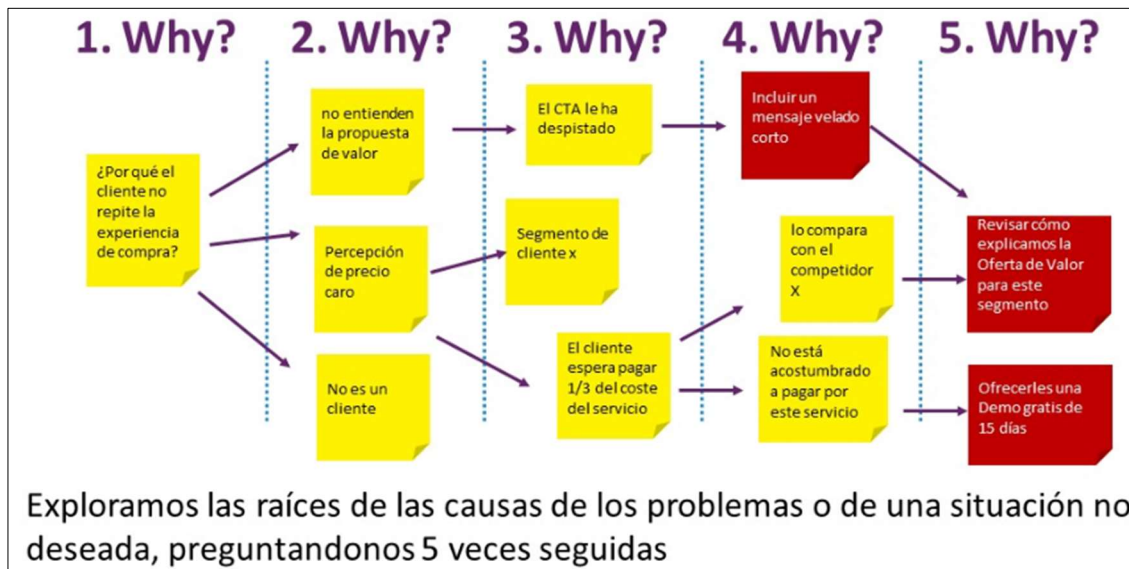
Se tomarán las bases de datos de averías de los últimos 32 meses para hacer el análisis de Pareto, y buscar las causas que afectan los circuitos de la región y las subregiones. Con la utilización de la herramienta Pareto, se lograrán detectar las causas o modos de falla en las que el modelo debe enfocarse para las acciones de mejora.

### 3.5.9 Cinco Porqués

Los problemas imprevistos pueden ocurrir en cualquier equipo o proceso. Sin embargo, los problemas son tan solo síntomas de causas más profundas. Una solución rápida a un problema puede ser conveniente; sin embargo, esta no protege al proceso de trabajo de errores recurrentes. Es por ello, que el equipo de trabajo asignado deberá, con esta herramienta, enfocarse para encontrar la causa raíz y abordarla adecuadamente.

La técnica de los 5 Porqués es una de las herramientas más efectivas para el análisis de causa raíz dentro del arsenal de Lean Management, de ahí el uso de esta técnica para el análisis del contexto operacional para el desarrollo del modelo de gestión del mantenimiento de los circuitos (red de distribución) de la región Huetar Caribe; en la siguiente figura se muestra un análisis similar para el plan piloto para el circuito, según el análisis.

**Figura 3.4** ¿Metodología de los 5 porqués?



Fuente: <https://www.emprendeaconciencia.com/5-porques>

### **3.5.10 Auditoria del Mantenimiento Efectivo. MES (Maintenance Effectiveness Survey)**

La auditoría MES es una auditoria propuesta por el Instituto Marshall y está basada en un cuestionario de evaluación de 60 preguntas repartidas en 5 áreas del mantenimiento. Las respuestas a cada pregunta, se limitan a cinco posibles opciones. Las áreas de mantenimiento evaluadas son:

- ✓ Recursos Gerenciales.
- ✓ Gerencia de la información (Software de gestión del mantenimiento).
- ✓ Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo.
- ✓ Planificación y ejecución.
- ✓ Soporte, Calidad y Motivación.

Aplicar esta encuesta dará insumos a considerar en el modelo de gestión del mantenimiento para fortalecer las áreas que así lo requieran. Se enviará vía correo electrónico la encuesta a 15 supervisores, 4 coordinadores de mantenimiento y a la gestora de mantenimiento para su aplicación, de los resultados que se obtengan se trabajará en la mejora continua de los indicadores, asimismo se hará recomendaciones a la alta administración de lo que está fuera del alcance o gestión de la región.

### **3.5.11 Análisis Estadístico**

El análisis estadístico es una herramienta que se utiliza para examinar y comprender los datos. Se trata de un conjunto de técnicas y métodos que permiten organizar, describir, analizar e interpretar los datos para obtener información significativa y útil.

Razón por lo cual, vía Excel, se va a utilizar esta herramienta para determinar con una base histórica de los últimos 32 meses, el comportamiento estadístico de los circuitos de distribución para aplicar las otras herramientas en miras de entender el problema, las causas raíz y sus soluciones, basado en el modelo de gestión DMAIC.

### **3.5.12 Gráfico de Barras**

El gráfico de barras es utilizado para comparar cantidades por medio de líneas en forma de rectángulos (barras) de igual espesor, pero de altura proporcional al valor que

representan (utilizando Excel como herramienta). Los gráficos de barras se van a construir para el desarrollo del análisis de causas, las cuales deben clasificarse y gestionarse en el modelo. Se va a utilizar un histórico de 32 meses atrás.

### **3.5.13 Gráfico de Pastel**

Los gráficos circulares o de pastel son imágenes visuales que contienen información. Su distribución presenta o simboliza el resumen de una serie de datos, siendo su propósito lograr entenderla, interpretarla y compararla de manera visual, fácil y rápidamente.

Los gráficos pastel se van a utilizar para el análisis de causas de averías, las cuales deben ser clasificadas y gestionadas en el modelo, a partir de los 32 meses atrás de la base de datos de averías de la región, esto permitirá entender a nivel de circuitos y subregiones el impacto de las causas sobre el DPIR y el aporte de este a la región. También se utilizará esta herramienta para el análisis del DPIR de las subregiones.

### **3.5.14 SIPOC**

Un diagrama *SIPOC* sirve para documentar los **Proveedores** (*Suppliers*), **Entradas** (*Inputs*), **Procesos** (*Process*), **Salidas** (*Outputs*) y **Clientes** (*Customers*) en una operación. Una lista de estos elementos ayuda a marcar los límites de un proceso a alto nivel. El diagrama se usa para proveer a quienes toman las decisiones con información crucial sobre todo el proceso, pero sin entrar en mayores detalles.

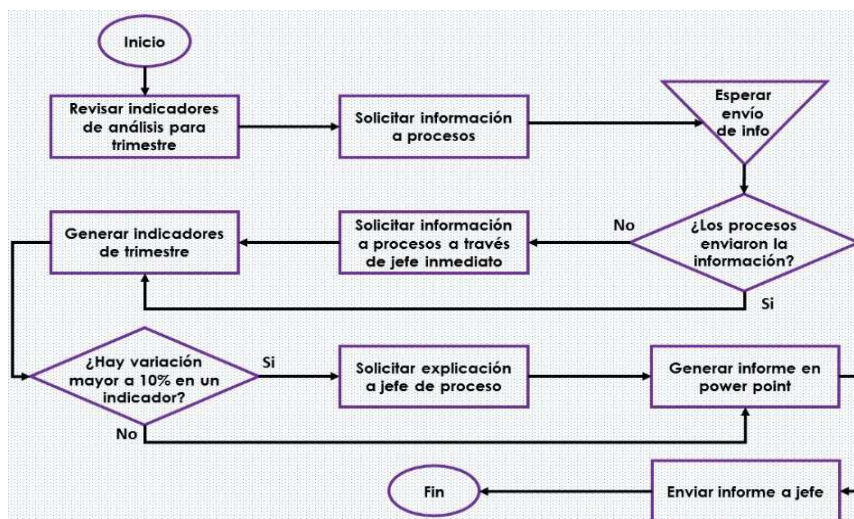
La herramienta SIPOC se va a utilizar, en el análisis del modelo para la gestión del mantenimiento, para revisar cuál es la ruta crítica y establecer una optimizada, además busca formar las conexiones adecuadas entre las entradas, proveedores para optimizar el proceso y entregar la mejora que el cliente requiere del servicio eléctrico. Para desarrollar el SIPOC, se trabajará en una sesión en conjunto con el equipo de trabajo del proceso de mantenimiento (supervisores, coordinares y gestora), servicios generales, recursos humanos y gestión de materiales. Todo el equipo aportará información para la construcción de este y, basado en la herramienta, tener información clave y un mapa general del proceso, que permita aplicar la mejora continua y el desarrollo del modelo de gestión.

### 3.5.15 Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo de procesos (PFD) es un tipo de diagrama de flujo que ilustra las relaciones entre los principales componentes de una planta industrial. En este caso, el proceso de Mantenimiento de la región Huetar Caribe.

Se va a utilizar esta herramienta para definir el flujo normal de la gestión del mantenimiento, como se observa en la siguiente figura.

**Figura 3.5** Ejemplo de diagrama de flujo



Fuente: <https://www.ingenioempresa.com/diagrama-de-flujo/>

### 3.5.16 VOC (Voz del Cliente)

La Voz del Cliente, también conocida por sus siglas VOC, es una de las herramientas más útiles para las empresas que quieren realmente conectar con su público objetivo.

Clave en cualquier estrategia de experiencia de cliente, permite conocer en profundidad los anhelos y deseos de este. Supone una oportunidad de mejorar cada proceso que se lleva a cabo en la empresa, desde la experiencia de compra a aspectos previos o la atención postventa.

La voz del cliente se utilizará para entender el contexto operacional del cliente y lo que requiere de la empresa en cuanto a la entrega, calidad y continuidad del servicio eléctrico, además de las mejoras que este pueda recomendar para aplicar al modelo de gestión que se va a desarrollar. Esta herramienta se va a utilizar mediante reuniones con clientes industriales, a quienes se les plantearán algunas preguntas asociadas a la calidad y continuidad del servicio eléctrico que se les brinda. Asimismo, se recolectará comentarios de clientes en el centro de atención de averías, donde hayan quedado registros y comentarios asociados a la calidad y continuidad del servicio eléctrico.

### **3.5.16 Árbol CTQ**

Típicamente la organización está en constante búsqueda de afinar su estrategia para cumplir con las expectativas de sus clientes y desarrollar un producto y /o servicio que los ayude a destacarse de la competencia. Para ello, debe mantener constante diálogo con los clientes, tomar en cuenta que la percepción de su producto y/o servicio es subjetiva y consiste en la combinación de deseos, demandas y expectativas, según los atributos del producto y/o servicio, en nuestro caso asociado a la calidad y continuidad el servicio eléctrico que se brinda a los clientes, el cual es medido por la ARESEP por el DPIR (Duración Promedio de Interrupciones de la Red de distribución).

A partir de lo indicado por la voz del cliente, se desarrollará un diagrama en el que se mostrarán los indicadores de calidad que permiten medir y determinar la calidad del servicio brindado de una forma cuantitativa y cualitativa.

El CTQ se utilizará para entender el panorama completo de lo que los clientes necesitan para ser competitivos y qué los afecta del servicio entregado.

### **3.5.17 Cuadro de Mando Integral**

El mantenimiento industrial día a día está rompiendo con las barreras del pasado. Hoy, en la práctica, en muchas empresas, los directivos del mantenimiento tienen que pensar que es un negocio invertir en mantenimiento de activos y no ver al mantenimiento como un gasto. Estas herramientas deben permitir, por un lado, identificar cuáles son las estrategias que se deben seguir para alcanzar la visión de empresa (un alto desempeño), y por el otro, expresar dichas estrategias en objetivos específicos, cuyo logro sea medible a través de un conjunto de indicadores de desempeño técnicos económicos, en un

proceso de transformación para adaptarse a las exigencias de los cambios y retos que deben afrontarse a medio plazo, para tal caso la aplicación del plan piloto que se va a proponer y la puesta en marcha del modelo de gestión del mantenimiento.

Esta metodología se utilizará para lograr integrar la estrategia y la evaluación del desempeño de la condición actual del mantenimiento hacia el modelo de gestión a desarrollar. Según lo investigado, la aplicación en el mantenimiento está obteniendo excelentes resultados en la aplicación de esta herramienta para el seguimiento de los KPI's.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo del cuadro de mando integral a construir para llevar a cabo lo mencionado anteriormente.

**Figura 3.6** Pasos para la construcción de un cuadro de mando integral



Fuente: <https://negociosyempresa.com/cuadro-de-mando-integral/>

### 3.5.19 Diagrama de Gantt

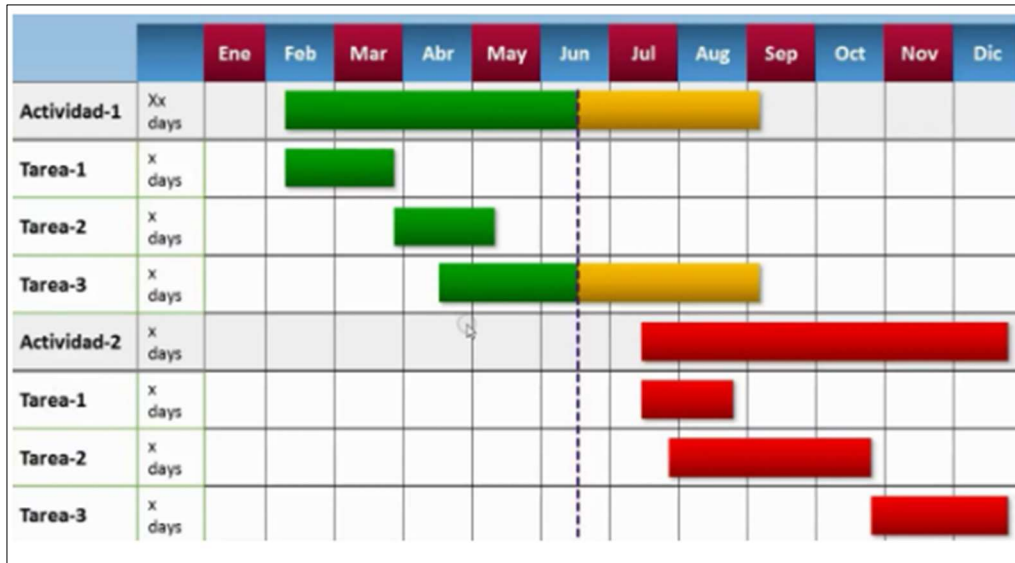
Un diagrama de Gantt es una herramienta de planificación y gestión de proyectos que te ayudará a visualizar las tareas y principales hitos de una forma práctica.

El diagrama de Gantt, muy usado en la gestión de proyectos, es un gráfico de barras horizontales que se usa para ilustrar el cronograma de un proyecto, programa o

trabajo, esta herramienta se utilizará para mostrar el cronograma de implementación del modelo de gestión y el cronograma de capacitación. Esto permitirá visualizar la programación del plan piloto, de dar seguimiento a los logros y de ser necesario ajustes por algún imprevisto.

El diagrama de Gantt que se utilizará es similar a la figura siguiente:

**Figura 3.7** Ejemplo de diagrama de Gantt



Fuente: <https://www.forbesargentina.com/liderazgo/seis-herramientas-gratuitas-software-diagrama-gantt-directores-proyectos-n46523>

### 3.5.20 Costo Beneficio

El análisis costo-beneficio es una herramienta financiera que mide la relación que existe entre los costos y beneficios asociados a un proyecto de inversión, tal como la investigación o estudio que se desarrollará para el modelo de gestión, el cual aplicará un plan piloto en una subregión. Según lo anterior, se va a aplicar la herramienta para asegurar que la propuesta sea rentable y que, según el modelo basado en DMAIC, sea el más adecuado.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo similar al desarrollo y análisis que se va a crear en Excel para la validación del plan piloto de la subregión aplicando el Modelo de Gestión del Mantenimiento de Redes.

**Figura 3.8** Ejemplo de plantilla para cálculo de costo – beneficio de escenarios de alternativas de mejora para la gestión de mantenimiento

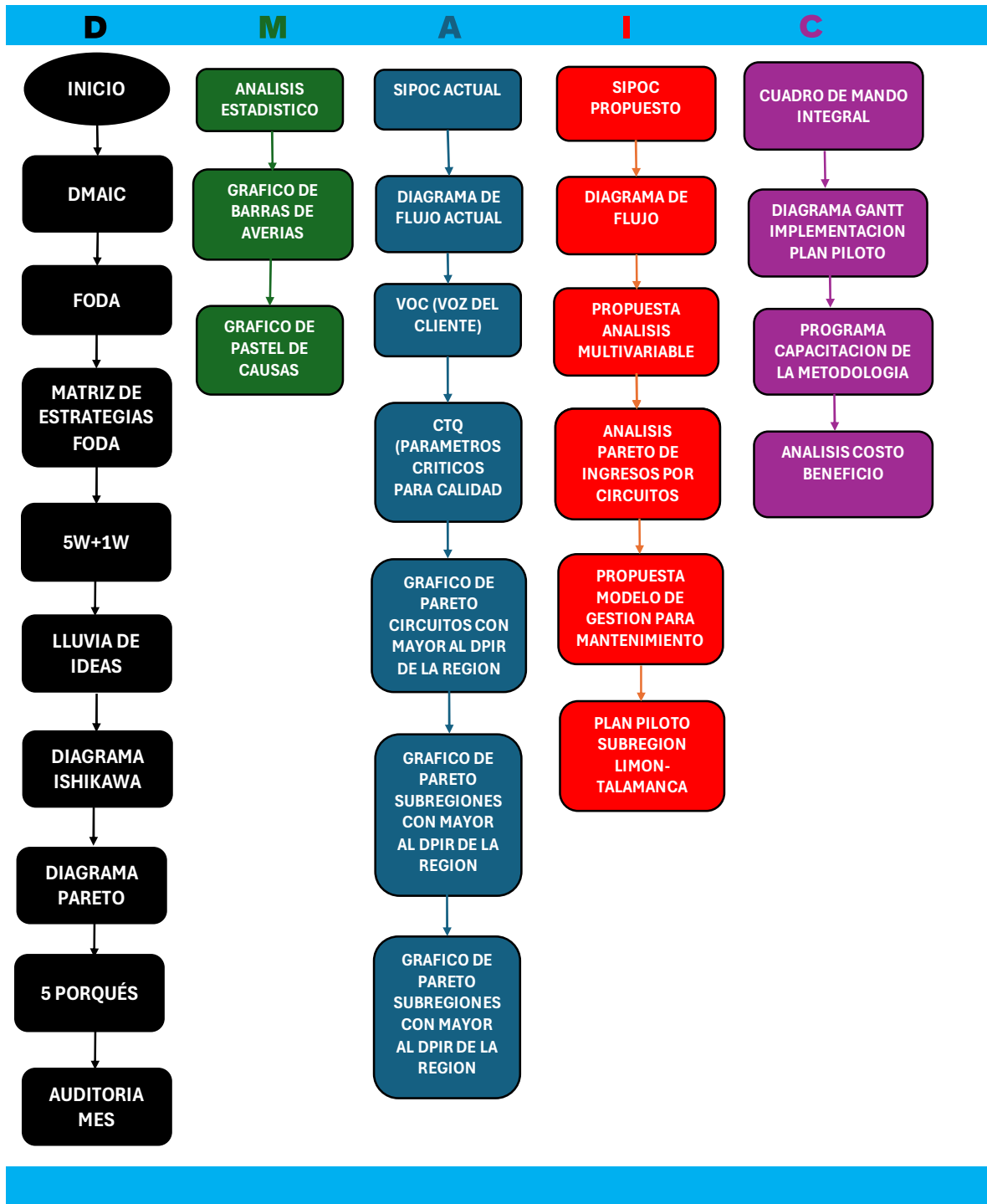
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	Tasa Descuento:	8%							
3	<b>Proyecto A</b>								
4		0	1	2	3	4	Val.Presente		
5	Beneficios		70	70	110	120	300,35	=VNA(C2;C5:F5)+B5	
6	Costes	300	40	40	40	40	432,49	=VNA(C2;C6:F6)+B6	
7									
8		Relación Beneficio/Coste (A)					0,69	=H5/H6	
9									
10	<b>Proyecto B</b>								
11		0	1	2	3	4	Val.Presente		
12	Beneficios		80	140	220	250	552,50	=VNA(C2;C12:F12)+B12	
13	Costes	300	60	60	60	60	498,73	=VNA(C2;C13:F13)+B13	
14									
15		Relación Beneficio/Coste (B)					1,11	=H12/H13	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

### 3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

A continuación, se presenta el Diagrama de Flujo correspondiente para el proceso del análisis de datos:

Figura 3.9 Diagrama de Flujo del proceso para la recolección y análisis de datos



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Inicialmente se da a conocer la información de la empresa y el contexto operativo donde se desempeñan los circuitos (red de distribución), se utilizará la metodología

DMAIC para el desarrollo del modelo, pero esta metodología será también la base del modelo de gestión para el mantenimiento de redes de distribución de la región Huetar Caribe.

Según se observa en la figura anterior, en la fase Definir, se utilizan diferentes herramientas en secuencia lógica de análisis, partiendo de la metodología DMAIC como base, posteriormente, el uso de herramientas como FODA, 5W+1H, Ishikawa, MES entre otros, para toda la definición de datos con el enfoque del problema a resolver. En la segunda etapa de Medir, se utilizan herramientas estadísticas, gráficos de barras y pastel, con el propósito de tener el enfoque de la medición de datos base del problema en estudio. En la etapa de Analizar, se hace todo el desarrollo del análisis de datos e información, utilizando herramientas como SIPOC, diagrama de flujo, VOC, gráficos de Pareto y revisión de planes de trabajo de mantenimiento actuales y pasados. A partir del análisis y con claro detalle del contexto se hace la propuesta en la etapa de Mejorar, utilizando herramientas como SIPOC, diagrama de flujo, herramientas desarrolladas para el modelo y se culmina con un plan piloto para implementar el modelo. En la etapa final del DMAIC, Controlar se propone el seguimiento, control, implementación del modelo, el cuadro de mando integral para establecer los KPI's, diagrama de Gantt para la implementación y capacitación, y un análisis de costos beneficio para validar la rentabilidad del proyecto propuesto a razón del plan piloto.

## **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Este proyecto se realiza en la Región Huetar Caribe, de la División Distribución y Comercialización, del Sector de Electricidad del Instituto Costarricense de Electricidad, específicamente, en el proceso de mantenimiento de la región, para evaluar cómo mejorar la efectividad y eficiencia de la gestión en el mantenimiento de los circuitos de distribución eléctrica.

Se utilizará la metodología DMAIC como la base para evaluar la eficacia y eficiencia en la gestión del mantenimiento de redes de distribución de la región indicada.

#### 4.1 DEFINIR

La primera etapa de la metodología DMAIC, se enfoca en explicar de forma clara, concisa y precisa la situación actual de la empresa.

##### 4.1.1 Análisis FODA

Para tener un contexto actual, en esta etapa se presenta un análisis FODA de la situación correspondiente a la empresa y que afecta directamente la gestión del mantenimiento de las redes de distribución en la región.

**Tabla 4.1 Análisis FODA de la Gestión del Mantenimiento en la región Huetar Caribe**

#### FODA

##### PROCESO MANTENIMIENTO

	FORTALEZAS	DEBILIDADES
<b>ANALISIS INTERNO</b>	Personal calificado Posicionamiento de la imagen ICE 99.82 % cobertura eléctrica Se cuenta con equipo especializado Se cuenta con presupuesto	Efectos negativos de la anterior administración ICE que afecto las operaciones en las regiones Falta de recurso humano Alto índice de fallas de equipo mayor, menor y transporte Falta de materiales Falta de capacitación en equipos de trabajo en caliente y arborismo
	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<b>ANALISIS EXTERNO</b>	Nuevos avances tecnológicos Alianzas con empresas del grupo ICE Tercerización de algunos servicios Alianzas con socios comerciales Desarrollo de nuevos productos y servicios para generar nuevos ingresos	Ley de apertura del mercado eléctrico en Costa Rica Competidores indirectos Generación distribuida (Autoconsumo) Oferta laboral de mayor atracción y condiciones Posibles multas al ICE por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos según el nivel de calidad del servicio eléctrico brindado a los clientes

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Como se observa, en la tabla 4.1 se describe cada una de las variables del FODA empezando con:

**Fortalezas:** El personal es calificado en el proceso de mantenimiento, la imagen de la empresa ICE tiene un buen posicionamiento. Existe un 99.82% de cobertura eléctrica, lo cual posiciona a la empresa como una empresa de valor. Se cuenta con equipo especializado. Se cuenta con presupuesto para la gestión de mejora que se requiera.

**Debilidades:** Efectos negativos de la anterior administración ICE que afectó las operaciones en las regiones, entre estos efectos negativos, alto impacto en la gestión del mantenimiento, falta de recurso humano, alto índice de fallas de equipo mayor, menor y transporte, falta de materiales, falta de capacitación en equipos de trabajo en caliente y arborismo, vital para las operaciones actuales y la exigencia de clientes para no afectar su actividad o procesos.

**Oportunidades:** Nuevos avances tecnológicos que permitan digitalizar y gestión autónoma en actividades del mantenimiento, alianzas con empresas del grupo ICE para la aplicación de mejora en la gestión del mantenimiento, tercerización de algunos servicios para la mejora y disminución de costos, alianzas con socios comerciales para la adquisición de equipos, materiales y soluciones a requerimientos del mismo proceso o a clientes, desarrollo de nuevos productos y servicios para generar nuevos ingresos.

**Amenazas:** La ley de apertura del mercado eléctrico en Costa Rica que pone en riesgo los ingresos de la institución, afectando directamente las inversiones en el proceso de mantenimiento, además esto provoca competidores directos e indirectos, la generación distribuida (autoconsumo) cambia el equilibrio de la generación y hace necesario un ajuste al enfoque, porque esta generación distribuida sale por los circuitos de distribución de media tensión, lo que provoca también disminución de ingresos por venta de electricidad, lo cual impacta directamente inversiones en el proceso de mantenimiento; oferta laboral de mayor atracción y condiciones que se traslada a la competencia debilita los procesos, entre estos el mantenimiento, posibles multas al ICE por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, según el nivel de calidad del servicio eléctrico brindado a los clientes, por lo que se hace necesario mejorar la eficacia y la eficiencia en la gestión del mantenimiento, para que las multas sean nulas o las menos posibles, ya

que se impactan los ingresos.

## 4.1.2 Matriz de Estrategia FODA

Tabla 4.2 Matriz de Estrategia FODA

<b>MATRIZ DE ESTRATEGIA FODA</b>		
	<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
<b>PROCESO DE MANTENIMIENTO</b>	Personal calificado Posicionamiento de la imagen ICE 99.82 % cobertura eléctrica Se cuenta con equipo especializado Se cuenta con presupuesto	Efectos negativos de la anterior administración ICE que afecto las operaciones en las regiones Falta de recurso humano Alto indice de fallas de equipo mayor, menor y transporte Falta de materiales Falta de capacitacion en equipos de trabajo en caliente y arborismo
<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>1 F - O</b> Estrategia <b>MAX - MAX</b>	<b>D - O 2</b> Estrategia <b>MIN - MAX</b>
Nuevos avances tecnológicos  Alianzas con empresas del grupo ICE  Tercerización de algunos servicios  Alianzas con socios comerciales  Desarrollo de nuevos productos y servicios para generar nuevos ingresos	El personal calificado capacitado con nuevos avances tecnológicos puede aumentar la confiabilidad del sistema de distribución y experiencia del cliente  Aprovechamiento de la imagen del ICE para incrementar los ingresos con alianzas del grupo ICE y alianzas con socios comerciales  El contar con presupuesto facilita la tercerización del servicios para el mantenimiento  El contar con equipos de trabajo especializado se puede lograr ingresos frescos con nuevos productos y servicios desde el mantenimiento	Con las alianzas de empresas del grupo ICE y las alianzas comerciales, se puede crear una estrategia para minimizar el impacto de la falta de recurso humano, disminuir el indice de fallas en maquinaria mayor y menor, así como la disponibilidad de la flotilla (transporte) para fortalecer el proceso de Mantenimiento  Con la tercerización de algunos servicios, se puede fortalecer el mantenimiento en actividades de arboristas.  Con las alianzas con socios comerciales se puede generar estrategia de entrenamiento para cuadrillas de trabajos en caliente  Con las alianzas de socios comerciales se puede generar estrategia para adquirir materiales de forma mas expedita y segura
<b>AMENAZAS</b>	<b>3 F - A</b> Estrategia <b>MAX - MIN</b>	<b>D - A 4</b> Estrategia <b>MIN - MIN</b>
Ley de apertura del mercado eléctrico en Costa Rica  Competidores indirectos  Generación distribuida (Autoconsumo)  Oferta laboral de mayor atracción y condiciones  Posibles multas al ICE por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos según el nivel de calidad del servicio eléctrico brindado a los clientes	Al contar con un 99,82% de electrificación del país y personal calificado, se puede generar estrategia con un adecuado mantenimiento de la red de distribución para aumentar la confiabilidad y disponibilidad, y generar mejor experiencia cliente y mayores ingresos.  Al contar con personal especializado y calificado, además con presupuesto, logrando disponer por socios comerciales mayor cantidad de horas hombre, así mismo la contratación de servicios, se puede lograr aumentar la confiabilidad y calidad en la entrega del servicio a los clientes, esto provocaría menor efecto en los competidores indirectos, además de un impacto menor en multas por la ARESEP. Al contar con presupuesto se puede establecer una gestión de mayor reconocimiento salarial a los integrantes del proceso de mantenimiento para disminuir el efecto de retiros a otras empresas con mayores y mejores condiciones salariales.	Con un reforzamiento en los grupos de mantenimiento ya sea por tercerización de servicios, por alianzas comerciales, es posible disminuir el impacto de los competidores indirectos, las posibles multas de ARESEP, disminuir el indice de disponibilidad de la flotilla vehicular así como los equipos.  Con un enfoque estrategico de Generación distribuida, se pueden lograr bajar costos por compra de energía a generación y permitir que el diferencial de recursos se inyecten al proceso de Mantenimiento para contrataciones de personal.  Con una estrategia de reforzamiento del proceso de Mantenimiento, se puede lograr mayor disponibilidad para la entrega del servicio eléctrico, así mismo mayor y mejor experiencia cliente que baje el impacto negativo en cuanto a una posible apertura del mercado eléctrico.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Con base en la matriz de estrategia FODA, se evidencia el potencial que se tiene con fortalezas como: contar con personal calificado, presupuesto, equipo especializado, la imagen que tiene la empresa ante el cliente, el uso de la tecnología, la tercerización de servicios, las alianzas con socios comerciales, todos estos elementos se convierten en un objetivo estratégico para el desarrollo del modelo o la metodología para mejorar la eficiencia y eficacia en la gestión del mantenimiento.

Con el desarrollo del modelo propuesto se pueden potenciar las fortalezas y oportunidades citadas, y mitigar las multas que ARESEP pueda aplicar por mal servicio a los clientes a quienes se brinda el servicio eléctrico. Asimismo, con el uso de las herramientas de ingeniería industrial como el DMAIC como modelo base, se logra desarrollar el modelo de gestión para el mantenimiento de la red de distribución que permita una mejor experiencia cliente, menores pérdidas para la institución medido en el DPIR (Duración Promedio de Interrupción de la red de distribución), esto por cuanto el objetivo es mitigar las amenazas y debilidades indicadas en la matriz anterior.

#### **4.1.3 Herramienta 5W + 1H**

Como parte del análisis que se lleva a cabo, es necesario entender el qué, dónde, cuándo, cuál de la ocurrencia y el cómo sucede, esto por cuanto la variable más crítica según el enfoque es el DPIR, de ahí la aplicación de esta matriz como una de las herramientas para el análisis.

**Figura 4.1 5W + 1H**

<b>WHAT</b>	<b>¿Qué está sucediendo?</b>
	Alta afectación en clientes industriales, comerciales y residenciales, producto de averías o fallas en el suministro eléctrico
<b>WHERE</b>	<b>¿Dónde sucede?</b>
	Circuitos o red de distribución de electricidad en media tensión
<b>WHEN</b>	<b>¿Cuándo sucede? ¿Cuándo ocurrió el problema?</b>
	Todos los días, meses, todo el año
<b>WHO</b>	<b>¿Quién colabora?</b>
	Operadores de la red de distribución y el Area técnica de mantenimiento
<b>WHICH</b>	<b>¿Cuál es la causa?</b>
	Debido a fallas en los circuitos o red de distribución. Son diferentes tipos de fallas conocidas, y otras desconocidas
<b>HOW</b>	<b>¿Cómo sucede?</b>
	Al estar los circuitos de distribución entregando energía y potencia para el uso de los clientes se presentan fallas que afectan los procesos productivos, comerciales y residenciales.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Como se puede observar en la figura 4.1, según el análisis en la etapa de medir, los clientes tienen alto impacto producto de fallas o averías, está sucediendo en los circuitos de distribución o media tensión de la región, con una frecuencia importante, según el análisis estadístico analizado. Colabora para la atención de la red de distribución el área de Operación y el área de Mantenimiento de Redes de la región. Las fallas de mayor afectación se ubican en causas desconocidas, de las cuales según criterio de experto y revisado con el área técnica se dan por flora, fauna; otra de las más frecuentes con alto impacto es el daño en material o equipo instalado, y la otra causa más relevante son las suspensiones programadas, solo que esta última es bajo control para el

mantenimiento de la red de distribución; sin embargo, por un asunto de regulación y normativa de ARESEP se registra como causa de falla. Del cómo sucede, se presentan fallas en algún tramo del tiempo del día, semana, o año, ya que se entrega el servicio 24 horas, los 365 días del año, el proceso es continuo, se requiere la energía en dos usos, para vivir y para producir, por lo que es un proceso constante, que entra en falla por alguna de las causas identificadas en la etapa de medir.

#### 4.1.4 Lluvia de ideas

Para tener un mejor entendimiento de la situación actual y así poder estudiar con mayor profundidad acerca de las posibles causas que generan problemas en la eficacia y eficiencia de la gestión del mantenimiento de la red de distribución eléctrica de la región Huetar Caribe, se realiza una reunión con la gestora del proceso de mantenimiento, también con los coordinadores y supervisores, para describir la problemática, el contexto actual sobre los requerimientos del mantenimiento de la red de distribución, y de esta forma se inició la generación de ideas con el fin de encontrar las causas raíz.

A continuación, se presentan, en la siguiente tabla, las causas más importantes encontradas por los colaboradores, se resumen las 5 principales de un total de 15 ideas.

**Tabla 4.3** Lluvia de ideas, principales causas que afectan la gestión del mantenimiento.

<b>Lluvia de ideas de principales causas que afectan la Gestión del Mantenimiento</b>	
<b>1</b>	Falta de recurso humano para atender las labores técnicas y de soporte
<b>2</b>	Fallas en vehículos, camiones y maquinaria obliga a redistribuir actividades
<b>3</b>	Afectación en atención del mantenimiento correctivo y preventivo por falta de material básico y herramientas
<b>4</b>	Homologación de la metodología o modelo de trabajo para el mantenimiento
<b>5</b>	Falta de capacitación en herramientas relacionadas con Mejora Continua y la sostenibilidad de las soluciones

Fuente: Elaboración propia, 2024.

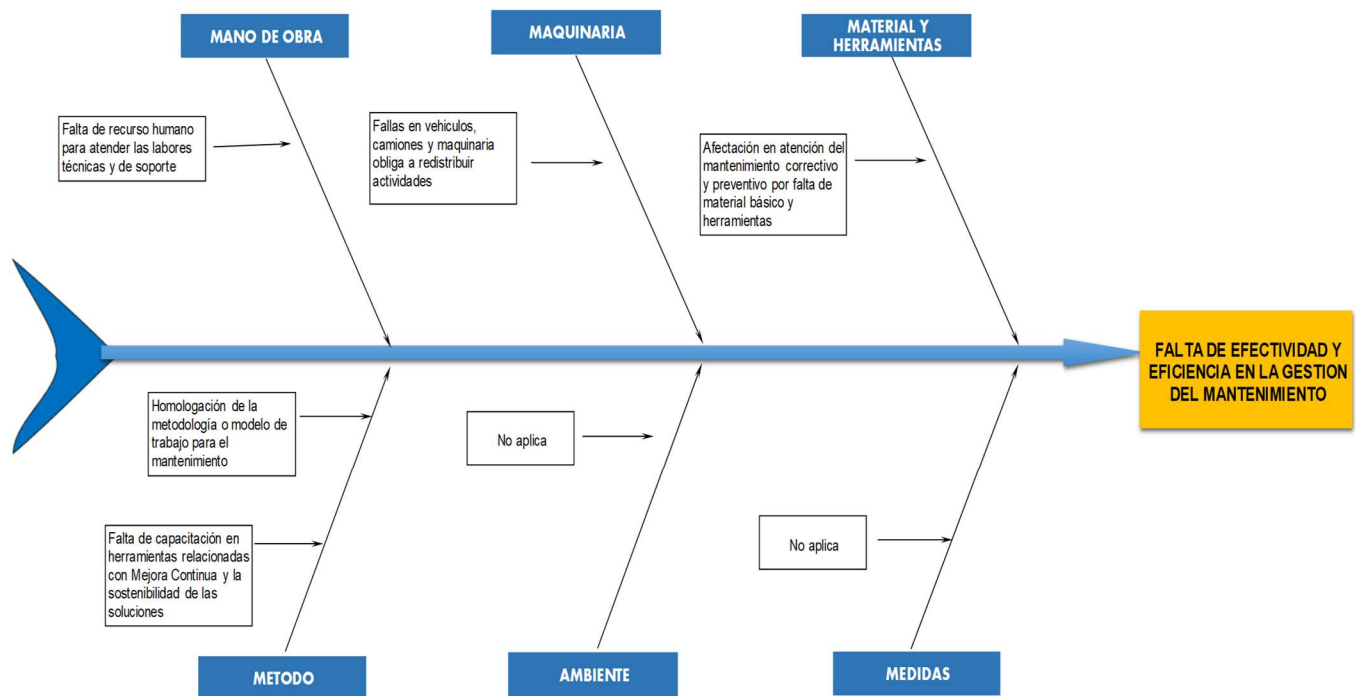
Como parte de la sesión realizada se obtienen 5 grandes causas posibles para el actual problema relacionado con la gestión del mantenimiento de la red de distribución. De acuerdo con la tabla 4.3 se toman las ideas propuestas por los participantes y se otorga una clasificación a cada una de estas por medio del diagrama de causa y efecto.

#### 4.1.5 Diagrama Causa – Efecto (Ishikawa)

Una vez establecido mediante la lluvia de ideas, un enfoque de las posibles causas, con información recolectada se procede a realizar un diagrama de Ishikawa o causa – efecto, con las posibles causas, se van a agrupar en las siguientes categorías: máquina, medio ambiente, método, hombre, medición y máquina (según aplique).

En la siguiente figura se muestran las principales causas:

**Figura 4.2** Diagrama Causa y Efecto de la gestión del mantenimiento



Fuente: Elaboración propia, 2024.

De inmediato se detalla el análisis realizado para cada clasificación del diagrama.

#### Material y herramientas:

Aún se tienen dificultades para adquirir estos requerimientos básicos para la gestión del mantenimiento. Los procesos para conseguirlos son muy lentos, para atender el mantenimiento preventivo y correctivo, las cuadrillas deben, con alta frecuencia,

atender las actividades utilizando el ingenio y material recuperado, hacen mayor esfuerzo utilizando otros medios porque no cuentan con herramientas nuevas que sustituyan las más antiguas y que poseen daños, por ejemplo, pull if, voltímetros, pértigas, escaleras y equipo de seguridad; lo mismo ocurre con material como transformadores, acometida, conectores, grapas, medidores para cargas industriales, entre otros.

### **Maquinaria:**

Con alta frecuencia, las cuadrillas de mantenimiento tienen que reorganizarse y priorizar actividades por fallas en vehículos, camiones de cuadrillas, grúas, con tiempo de espera de más de 3 meses inclusive, lo que provoca una distorsión en el planeamiento y programación de las actividades del mantenimiento de la red de distribución de redes eléctricas de la región.

### **Método:**

No existe una metodología o modelo para la gestión del mantenimiento homologado, cada subregión que compone la región atiende sus actividades a base de experiencia, según lo planificado o al comportamiento de los circuitos desde el mantenimiento correctivo; es decir, no existe un enfoque asociado que provoque un alineamiento en función del mejor aprovechamiento de los recursos según los circuitos de distribución, los cuales se deberían de ver como líneas de producción que generan ingresos.

Debe mitigarse la falta de capacitación en herramientas relacionadas con mejora continua y su sostenibilidad, para gestionar y mejorar el mantenimiento, viendo los circuitos de distribución como líneas de producción que generan dinero, por lo que el mantenimiento debe ser con un enfoque adecuado a la optimización y aprovechamiento de los recursos para bajar el impacto en el DPIR y maximizar los ingresos.

### **Mano de obra:**

La falta de recurso humano para atender las labores técnicas y de soporte obliga a que se atiendan las actividades que parecen prioritarias o que no permiten los ciclos de mantenimiento, dejando de lado una equilibrada atención de los circuitos de la red de

distribución, según el tamaño de esta vs los recursos que deberían de tenerse para aplicar el mantenimiento y cumplir con lo solicitado por la alta administración, lineamientos, clientes y la regulación del país, en cuanto a calidad y continuidad de la energía para los clientes a quienes se les brinda el servicio eléctrico.

#### 4.1.6 Multivotación

Con la información ya recopilada y segregada por categoría, se realiza una votación con los expertos del proceso: gestora de mantenimiento, coordinadores del mantenimiento de las subregiones, los supervisores asociados al mantenimiento de cada subregión, con el fin de dar importancia y peso a las ideas propuestas en la lluvia de ideas y en el diagrama de causa - efecto, el puntaje se basa en el análisis multivoto para cada variable, donde se asignó una distribución de 100 puntos por cada participante para distribuir en cada variable, según su importancia.

**Tabla 4.4** Tabla multivoto para la gestión del mantenimiento de la red de distribución

Causas	Gestora Mantenimiento	Coordinadores de Subregión	Supervisores	Total de puntos
Falta de recurso humano para atender las labores técnicas y de soporte	20	20	20	60
Fallas en vehículos, camiones y maquinaria obliga a redistribuir actividades	20	20	20	60
Afectación en atención del mantenimiento correctivo y preventivo por falta de material básico y herramientas	20	20	20	60
Homologación de la metodología de modelo de trabajo para el mantenimiento	20	20	20	60
Falta de capacitación en herramientas relacionadas con Mejora Continua y la sostenibilidad de las soluciones	15	15	15	45
<b>Total</b>	95	95	95	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Este instrumento consiste en asignar un total de 100 puntos a los colaboradores, como se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 4.5** Asignación de pesos por prioridad de atención

<b>Pesos/Prioridad</b>	<b>Valor</b>
20	Impacto Muy Alto
15	Impacto Alto
10	Impacto Medio
5	Impacto Bajo

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Como se puede observar en las tablas anteriores, todas las opciones tienen un puntaje de 60, excepto la capacitación en herramientas de mejora continua que tiene un puntaje de 45, esto debido al efecto de recortes presupuestarios de la anterior administración, se nota claramente con esos puntajes el efecto negativo; sin embargo, las otras causas se vuelven externas a la región, por lo que es relevante la creación del modelo o la metodología para mejorar la eficacia y eficiencia de la gestión del mantenimiento.

#### **4.1.7 Los Cinco Por qué**

A continuación, se desarrolla la matriz de los 5 porqué para enfocar hacia los resultados, las acciones necesarias de mejora que se deben incorporar en la gestión del mantenimiento de la región y buscar mejores resultados, así como también para mejorar la eficacia y eficiencia del proceso.

**Tabla 4.6 Matriz de los 5 Por qué de los problemas detectados en la Gestión del Mantenimiento**

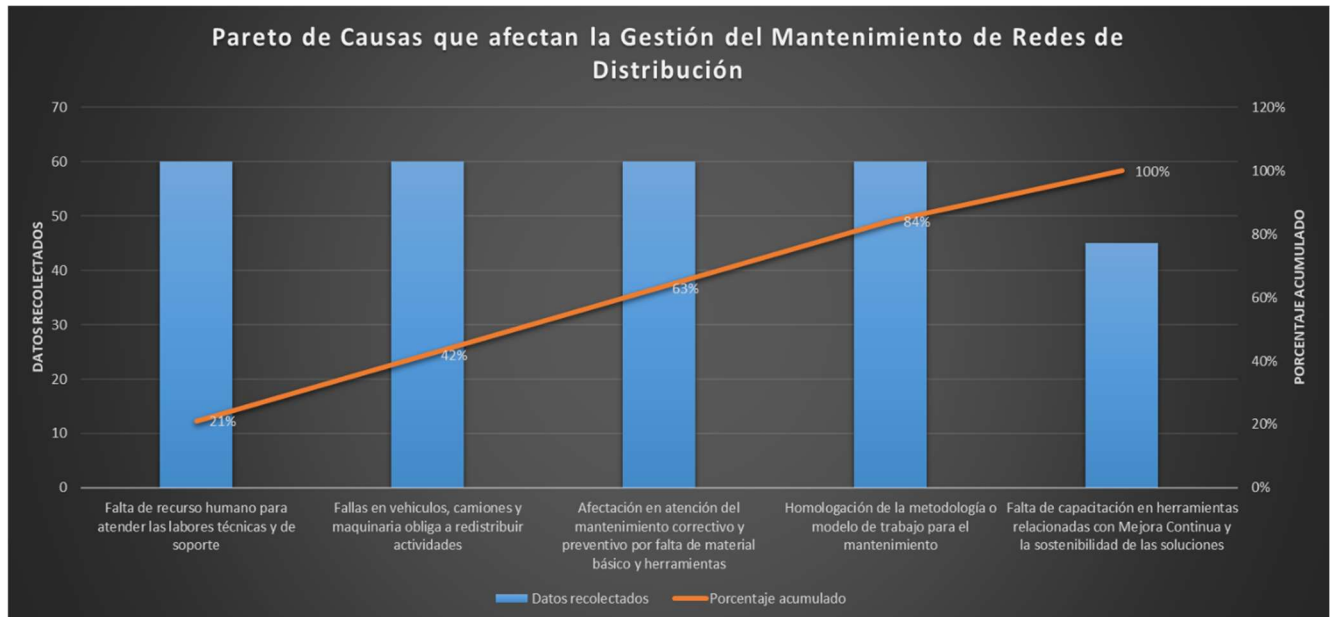
Planteamiento del problema	Por qué 1	Por qué 2	Por qué 3	Por qué 4	Por qué 5	Resultado
¿Por qué hay falta de personal?	Porque la empresa inició hace 7 años moviéndose laborales y se retiró personal anticipadamente	¿Por qué la empresa incentivo moviéndose laborales? Por una reestructuración financiera por el costo de la planilla de la empresa.	¿Por qué la reestructuración financiera de la empresa? Por el nivel de costos vs ingresos en ese momento, la administración emitió lineamiento.	¿Por qué el desequilibrio financiero en la empresa? Por decisiones pasadas de anteriores administraciones, el tipo cambiario del dólar, el nivel de endeudamiento de la organización.	¿Por qué ante el contexto de efectos de no contar con personal requerido se hace algo diferente para enfocar el recurso en lo crucial de la gestión del mantenimiento? Porque no existe una metodología o modelo de análisis que cuente con las herramientas para analizar y priorizar la gestión.	Definir una metodología o modelo para la gestión del mantenimiento para priorizar y enfocar las acciones con el recurso que se cuenta. Además de hacer una propuesta de tercerización para atender actividades críticas a un costo menor que el actual.
	Porque la administración anterior no inyectó presupuesto para contratar personal	¿Por qué la empresa no asignó presupuesto para contratar personal? Para resolver temas asociados a los costos de la organización.	¿Por qué se salió de control los costos vs los ingresos? Por la apertura del mercado de las telecomunicaciones, bajo la demanda eléctrica lo que impactó los ingresos, exceso de inventarios.	¿Por qué se da la apertura del mercado de las telecomunicaciones y la disminución de ingresos por ventas de energía? Por la competitividad en el mercado de las telecomunicaciones y por decisiones de clientes de disminución del uso de energía y potencia en sus procesos, también por costos locales en los procesos de estos para ser más competitivos.	¿Por qué los clientes de energía y telecomunicaciones ocupan ser más competitivos? Para ganar mercado, por lo que ocupan maximizar recursos y bajar costos.	Definir una metodología o modelo para la gestión del mantenimiento para priorizar y enfocar las acciones con el recurso que se cuenta. Además de hacer una propuesta de tercerización para atender actividades críticas a un costo menor que el actual.
¿Por qué se da la alta indisponibilidad de flota vehicular y maquinaria?	Porque es una flota de camiones para cuadrillas con 15 años de uso.	¿Por qué es una flota de camiones para cuadrillas con más de 15 años de uso? Porque la administración no ha asignado presupuesto para el cambio de la flota.	¿Por qué la administración anterior no asignaron presupuesto para sustitución de la flota? Porque había una reestructuración financiera por el gasto y por que en la actualidad es requerido asignar presupuesto según prioridades de la administración.	¿Por qué se dio la reestructuración financiera y en la actualidad la prioridad no es sustituir flota vehicular? Se dio por parte de la administración pasada una serie de lineamientos para contención del gasto y establecimiento un plan de acción que permita salud financiera para el ICE. La administración actual esta valorando las prioridades del sector de electricidad.	¿Por qué con el contexto actual e impacto de las operaciones en la gestión del mantenimiento, no se han tomado medidas diferentes? Porque se requiere establecer una metodología homologada o modelo para analizar y emitir acciones proactivas y no reactivas del día a día en la gestión del mantenimiento.	Definir una metodología homologada o modelo para priorizar la gestión del mantenimiento en los circuitos de distribución, que permitan el aprovechamiento de los recursos existentes. Además de proponer a la alta administración la tercerización de actividades críticas que afectan la indisponibilidad de circuitos de distribución.
	Porque la administración anterior no asignó presupuesto para sustituir flota	¿Por qué la administración anterior no asignó presupuesto para sustituir la flota? Porque definen lineamientos para disminuir el gasto.	¿Por qué se definieron esos lineamientos de reducir el gasto? Debido a un plan para la salud financiera de la Institución.	¿Por qué la administración actual no ha definido acciones para actualizar la flota vehicular? Esta en proceso de análisis por prioridades del sector de electricidad	¿Por qué ante el contexto actual, no se han definido otras acciones para atender el problema? Porque se requiere homologar metodología de trabajo proactiva y no reactiva, ante el impacto de las operaciones por la causa indicada.	Proponer metodología o modelo de trabajo homologado, basado en los requerimientos de la red de distribución para mejorar la gestión del mantenimiento priorizado.
	Porque las grúas o maquinaria mayor que se compró menos de 5 años esta presentando muchas fallas, lo que provoca indisponibilidad de grúas.	¿Por qué esa flota de camiones, grúas o maquinaria, esta presentando muchas fallas? Porque es una flota híbrida, los camiones y las grúas no son de fabricación directa, es decir de la marca de las grúas, se compraron por aparte los camiones y grúas, las cuales luego se ensamblaron, lo que ha provocado diferentes fallas y alta frecuencia de estas.	¿Por qué se definió ese método de contratación para adquirir grúas, maquinaria mayor y flota de vehículos? El impacto es mayor en los camiones grúas y maquinaria mayor, se definió así por el costo de adquirir desde fabrica las grúas listas desde el taller, y se decidió comprar por separado camion y grua para luego ensamblar.	¿Se tiene el costo de oportunidad según el índice de indisponibilidad de maquinaria mayor y grúas vs la compra de estos desde fabrica? No se tiene la comparación.	¿Por qué ante el contexto actual, no se han definido otras acciones para atender el problema? Porque no se tiene el costo - beneficio de adquirir los equipos desde fabrica vs la disponibilidad de los actuales.	Proponer el análisis costo - beneficio de continuar con la forma de contrataciones para adquirir este tipo de camiones y grúas, de tal forma se demuestre lo conveniente para la empresa por la cantidad de fallas y tiempos muertos, procesos provocados por esta causa, así con el impacto en las operaciones diarias y el costo real de esto.
	Por la adquisición tan lenta para la compra de repuestos de la flota de camiones y grúas.	¿Por qué la adquisición de repuestos de la flota de camiones y grúas es tan lenta? Por restricciones en el método de adquisición basado en los ajustes de la ley de contratación administrativa aprobados el pasado diciembre.	¿Existe alguna otra forma analizada para reducir esos tiempos de contratación y adquisición de repuestos? No existe	¿Se puede realizar el cambio a esa ley producto que la empresa se encuentra en competencia? Si es posible realizarlo vía la Presidencia Ejecutiva del ICE y con el apoyo político.	¿Por qué ante el contexto actual, no se han definido otras acciones para atender el problema? Se han realizado esfuerzos por otros medios como sindicatos para hacer los ajustes a la ley y permitir ser más competitivos producto del impacto de la ley de contratación administrativa.	Proponer a la alta administración y sindicatos las gestiones integrales correspondientes a la ley de contratación administrativa para minimizar el efecto en las operaciones del ICE en la región, producto del efecto de la causa indicada.
¿Por qué existe afectación en atención del mantenimiento correctivo y preventivo por falta de material básico y herramientas?	Por la adquisición tan lenta para la compra de materiales y herramientas básicas para la atención del mantenimiento.	¿Por qué la adquisición de repuestos y materiales es tan lenta? Por restricciones en el método de adquisición basado en los ajustes de la ley de contratación administrativa aprobados el pasado diciembre.	¿Existe alguna otra forma analizada para reducir esos tiempos de contratación y adquisición de repuestos? No existe	¿Se puede realizar el cambio a esa ley producto que la empresa se encuentra en competencia? Si es posible realizarlo vía la Presidencia Ejecutiva del ICE y con el apoyo político.	¿Por qué ante el contexto actual, no se han definido otras acciones para atender el problema? Los sindicatos también han realizado esfuerzos en el entorno político para hacer los ajustes a la ley y permitir ser más competitivos producto del impacto de la ley de contratación administrativa.	Proponer a la alta administración y sindicatos las gestiones integrales correspondientes a la ley de contratación administrativa para minimizar el efecto en las operaciones del ICE en la región, producto del efecto de la causa indicada.
¿Por qué no existe homologación de la metodología o modelo de trabajo para el mantenimiento?	Porque cada subregión atiende basado en experiencia de sus integrantes, sobre todo supervisores y coordinadores de estas, el mantenimiento de los circuitos de distribución.	¿Por que cada subregión atiende la gestión de mantenimiento de esta forma? Basados en su experiencia de años y conocedores del contexto operacional de su subregión.	¿Por qué la gestión del mantenimiento se atiende de esa forma, no existe metodología o modelo homologado de gestión para el mantenimiento? Existen pero basados en la práctica y la experiencia pero no homologado en una metodología o modelo para la gestión del mantenimiento.	¿Por qué no se ha desarrollado una metodología o modelo de gestión del mantenimiento homologado para las subregiones que permita validar la priorización de las acciones, la priorización de circuitos, la evidencia para la alta administración, para la Aresep e inclusive para los clientes? Porque los interantes de los equipos de trabajo ven como particular su contexto operacional y no se establecido una línea de trabajo homologado, que permita atender el contexto operacional desde un modelo o metodología homologada.	¿Por qué ante el contexto actual, no se han definido otras acciones para atender el problema? Porque no han existido lineamientos desde la alta administración para homologar la metodología o modelo de gestión para la gestión del mantenimiento de la red de distribución de las regiones y sub regiones.	Proponer una metodología o modelo homologado para la gestión del mantenimiento que permita priorizar circuitos, acciones y registrar la documentación necesaria para la alta administración, Autoridad Reguladora, clientes, y que cuente con herramientas de mejora continua a la gestión del mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la tabla 4.6 se muestra el resultado de las acciones a seguir, según el análisis realizado en la matriz de los 5 por qué a los problemas detectados.

#### 4.1.8 Gráfico de Pareto

**Figura 4.3** Gráfico de Pareto de las causas que afectan la Gestión de Mantenimiento de Redes de Distribución



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Como se muestra en el gráfico de Pareto, la falta de recurso humano, fallas en vehículos, camiones y maquinaria, falta de material y herramientas, así como la homologación de la metodología o modelo de trabajo para el mantenimiento representan el 80% de la afectación en la gestión del mantenimiento de la red de distribución de la región Huetar Caribe.

Con el fin de hacer mejor uso de los recursos existentes se propone una metodología de trabajo que ataque la causa raíz de las fallas de la red de distribución, con el fin de optimizar los recursos existentes, mediante una técnica de mejora continua como el DMAIC. Las variables de herramientas, materiales, vehículos, se escapan del control de la región, pero, es factible trabajar en la metodología de la gestión del mantenimiento con el fin de optimizar el uso de los recursos por medio de un aumento de la eficiencia en el uso de estos.

#### 4.1.9 Auditoría MES para la Gestión del Mantenimiento

La auditoría consiste en un estudio de la efectividad del mantenimiento, es investigar dónde están las fortalezas y debilidades de la organización, con la finalidad de encontrar áreas de oportunidad de mejora, en este caso, en el proceso de mantenimiento de la región Huetar Caribe.

Se aplicó la encuesta a 11 compañeros, de los cuales 9 son supervisores de mantenimiento de las subregiones y 2 coordinadores de esta misma área.

A continuación, se muestra el resumen de los resultados:

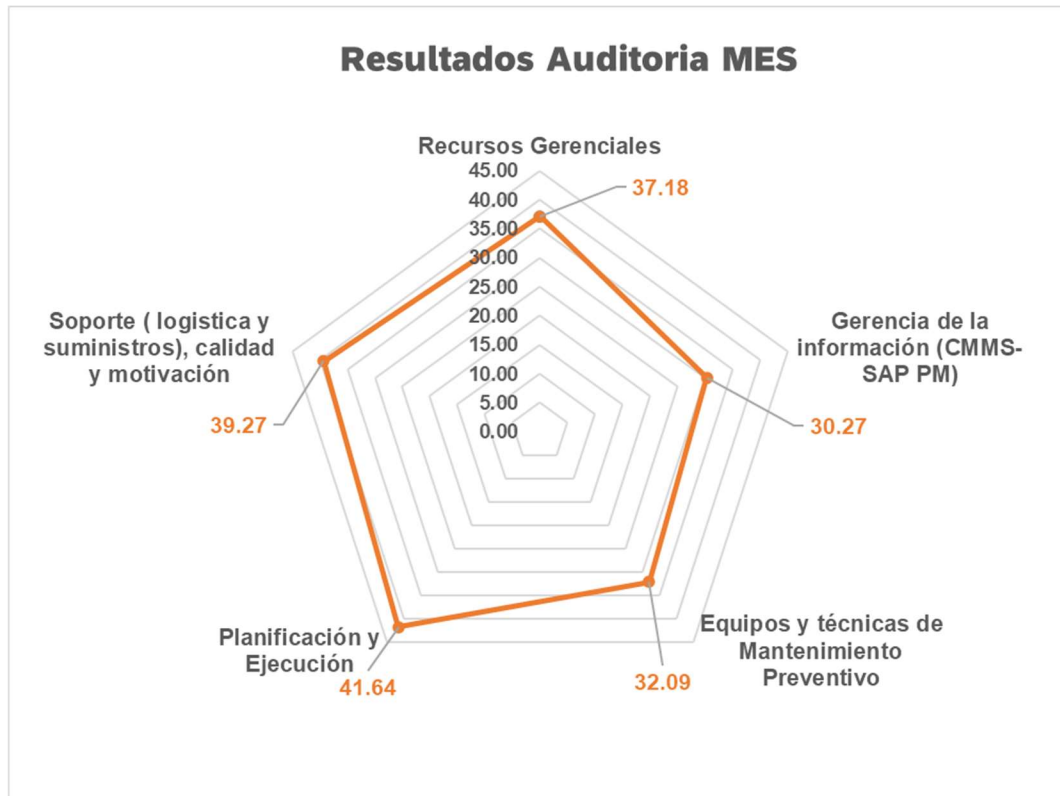
**Tabla 4.7** Resumen de aplicación auditoría MES en la Gestión del Mantenimiento

Resultados por área	Valor máximo esperado por área 60 pts	Desviación estandar
Recursos Gerenciales	37.18	78.30
Gerencia de la información (CMMS-SAP PM)	30.27	50.47
Equipos y técnicas de Mantenimiento Preventivo	32.09	49.31
Planificación y Ejecución	41.64	117.38
Soporte (logística y suministros), calidad y motivación	39.27	95.73
<b>Total</b>	<b>180.45</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la siguiente figura se muestra la distribución de los ejes por área.

**Figura 4.4** Gráfico de radar de los resultados de la auditoría MES



Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la figura 4.4 se muestra la distribución de las áreas donde se aplicó la auditoría, se puede observar que las áreas de equipos y técnicas de Mantenimiento Preventivo tienen oportunidad de mejora, así como el área asociada a la Gerencia de Información, relacionado al SAP PM; las otras dos áreas Soporte, calidad y motivación como Planificación y ejecución se muestran cercanas a los puntos extremos del radar, lo que también representa oportunidad de mejora por los valores obtenidos lejano a los 60 puntos y los resultados de la desviación estándar mostrados en la tabla 4.7.

Los Recursos Gerenciales están asociados a todos aquellos recursos que se necesitan para aplicar el mantenimiento; Gerencia de la Información (ERP SAP) vincula y mide el contexto del uso y registro del mantenimiento en la plataforma SAP sobre la gestión del mantenimiento. El eje de Equipos y técnicas de mantenimiento mide el uso de las herramientas de mantenimiento que se utilizan para la gestión de este. Planificación y Ejecución asocia y mide toda la gestión de la planificación y ejecución del mantenimiento; mientras que Soporte, Calidad y Motivación mide a nivel del equipo de la

encuesta, cuál es la condición de estas variables en los grupos de trabajo que impacta directamente la gestión del mantenimiento.

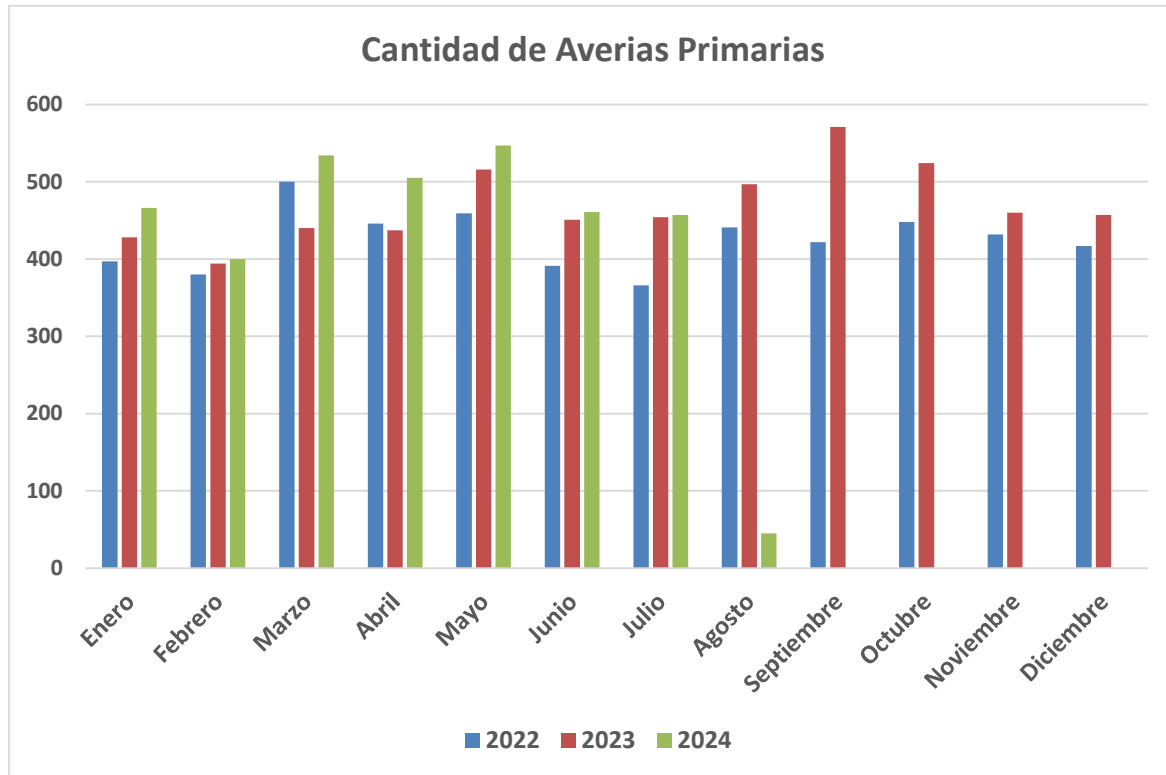
Recursos Gerenciales, Gerencia de la Información y Soporte, son ejes fuera del control y gestión directa local, desde la región, el alcance de esta investigación es informar del impacto y retroalimentar a la división para las acciones directas de estas variables. Los ejes de Planificación y Ejecución y el de Equipos/Técnicas de Mantenimiento Preventivo si están bajo la tutela y control directo en la gestión desde la región, son estos aspectos a los cuales, el actual proyecto desea impactar desde el modelo o metodología para aplicarle mejora a la gestión del mantenimiento.

## **4.2 MEDIR**

### **4.2.1 Gráfico de Barras Comparativo de Cantidad de Averías**

Para esta etapa se utiliza la base de datos históricos de averías de los años 2022, 2023 y 2024 con la intención de medir su impacto en la red de distribución eléctrica de la región y de los usuarios del servicio eléctrico.

**Figura 4.5** Cantidad de averías primarias



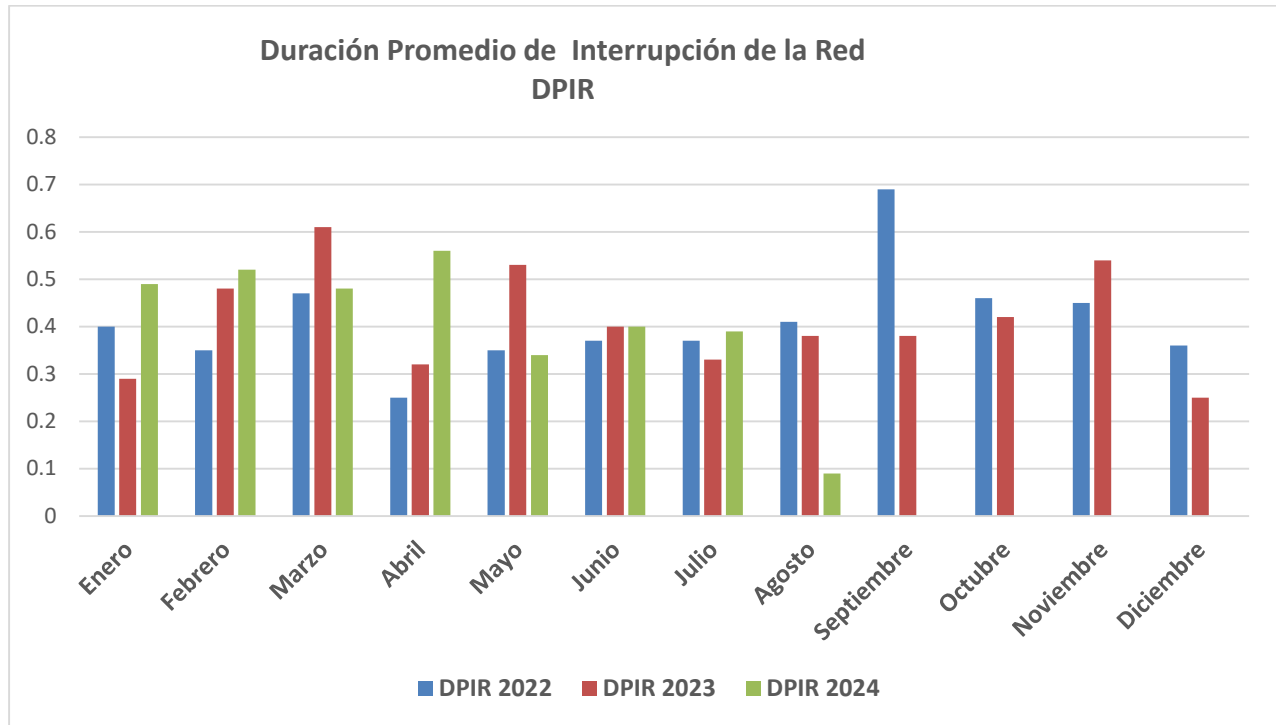
Fuente: Elaboración propia. Base de datos de averías, 2024.

En la figura 4.5, se muestra el histórico de averías primarias de la red de distribución de la región Huetar, como se puede observar el año 2024 tiene una tendencia al aumento en la cantidad de averías con respecto a los dos últimos años.

#### 4.2.2 Gráfico de Barras Comparativo DPIR (Duración Promedio Interrupciones de la Red)

Se establece el análisis mediante el gráfico de barras con el histórico de los resultados de los años 2022, 2023 y hasta agosto del 2024 (32 meses), para saber cuál es el comportamiento en el índice de continuidad DPIR de la región para los años indicados.

**Figura 4.6** Duración Promedio de Interrupción de la red de distribución de la región



Fuente: Elaboración propia Autor. Base de datos de averías, 2024.

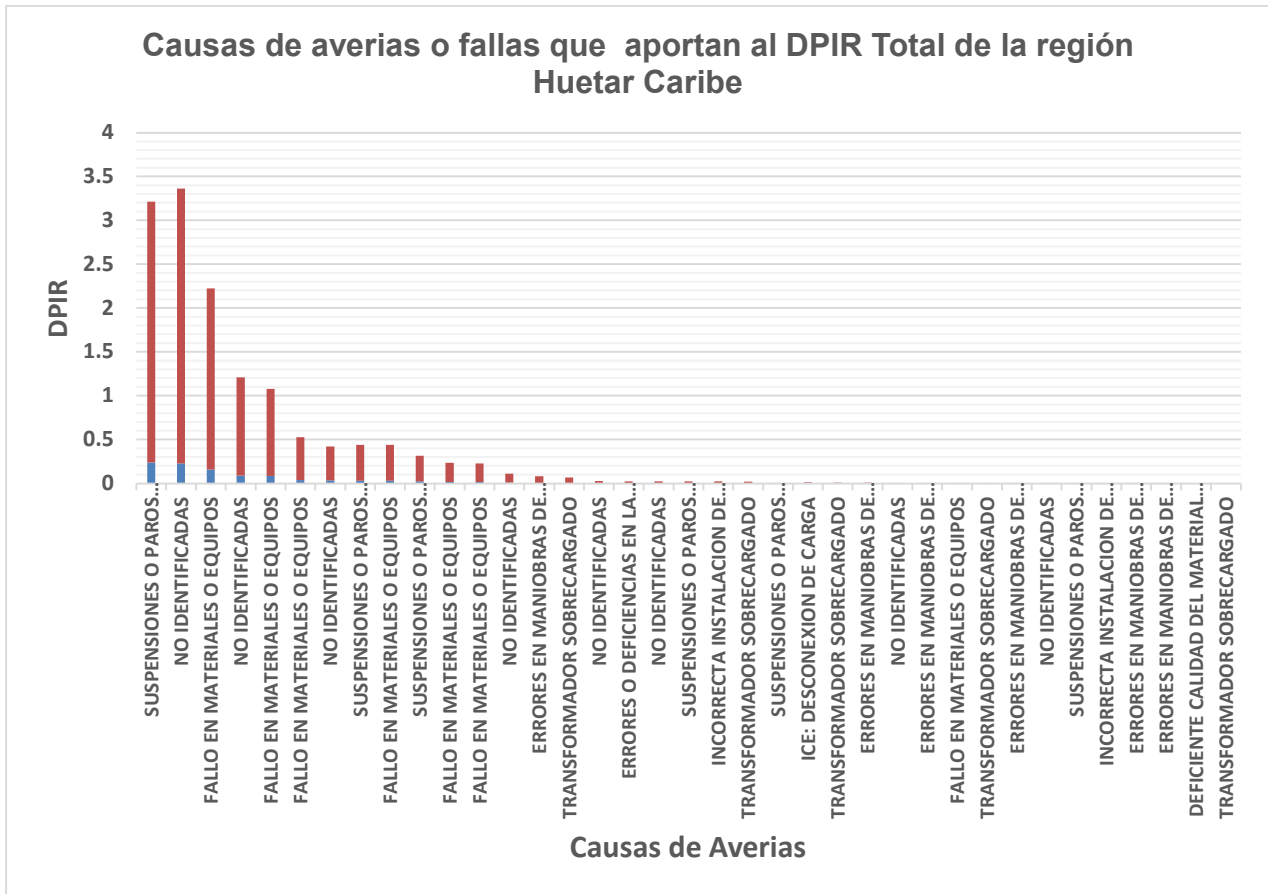
En la figura 4.6, se muestra la comparación mensual de la duración promedio de interrupción de la red, de los años 2022, 2023 y 2024 al corte de agosto. Este índice es el más importante en la Gestión del Mantenimiento, DPIR es la duración promedio de interrupción de la red de distribución, lo que indica es cuanto un circuito de distribución, una sección o sector, pueblo, localidad es afectado por fallas o averías, se mide y se lee en horas sin servicio eléctrico.

Como se observa, existe una tendencia de crecimiento de las horas sin servicio de los clientes (DPIR), se detona un aumento, por ejemplo, en los meses de enero, febrero, abril, julio, los valores del DPIR estuvieron por encima de los años anteriores, esto implica horas sin servicio, energía no vendida por fallas en los circuitos de la red de distribución de la región Huetar Caribe.

### 4.2.3 Gráfico de Causas de averías o fallas que aportan al DPIR (Duración Promedio Interrupciones de la Red) total de la región.

El siguiente gráfico de barras se utilizó para mostrar la distribución de causas de un total de 55, cuáles son las que mayormente afectan y aportan al DPIR de la región.

**Figura 4.7** Total de Causas de fallas de la red de distribución de la Región Huetar Caribe



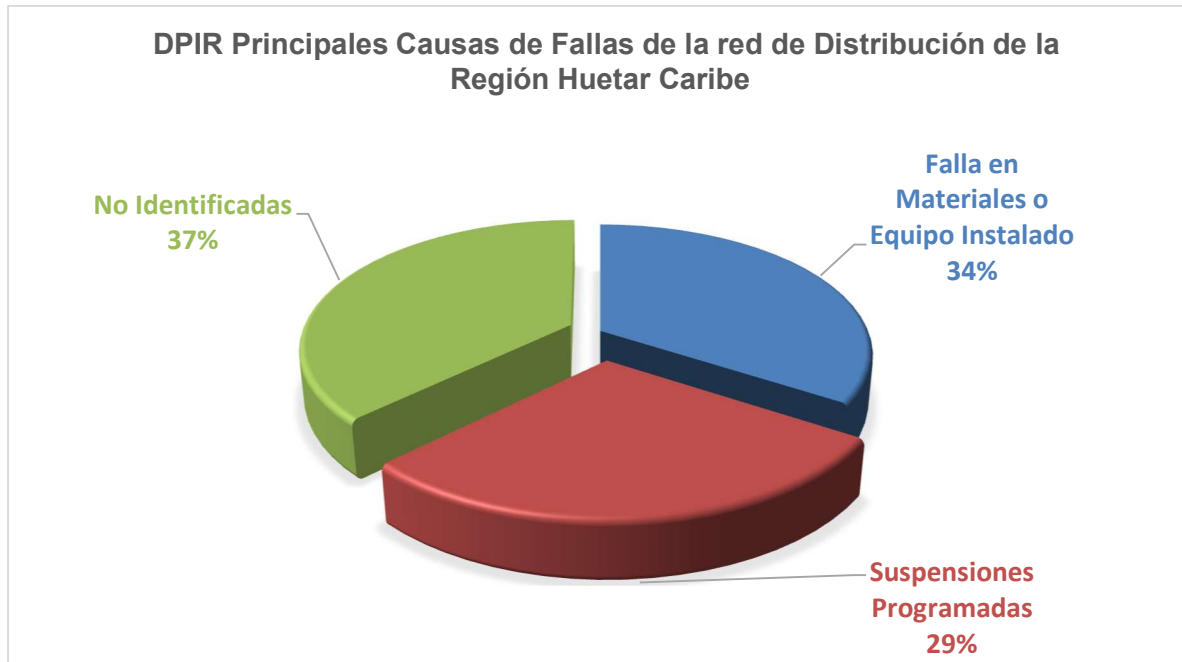
Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la figura 4.7 se muestra el total de causas que afectan la red de distribución de los circuitos de la región Huetar Caribe, son 5 causas de alrededor de 55 en total que afectan los circuitos de distribución de la región. Las 5 causas predominantes que se identificaron fueron: Suspensiones Programadas, No Identificadas, Falla en material o Equipo Instalado, Errores en maniobras, Transformadores Sobrecargados.

#### 4.2.4 Gráfico de Pastel de las principales causas de averías o fallas que aportan al DPIR (Duración Promedio Interrupciones de la Red) total de la región

A partir del gráfico de pastel, se determinan las 3 principales causas de averías o fallas que más aportan al DPIR regional.

**Figura 4.8** Principales Causas de fallas que aportan al DPIR de la región Huetar Caribe



Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la figura anterior, se muestran, las tres principales causas que han provocado averías a los circuitos de distribución de la región Huetar Caribe los años 2022, 2023 y a agosto 2024. Como se puede observar averías no identificadas, averías por fallo en materiales o equipo, así como las suspensiones o paros programados representan, según el análisis estadístico, las causas de mayor aporte del DPIR total de la región.

## 4.3 ANALIZAR

### 4.3.1 SIPOC Actual del proceso

En la siguiente figura se muestra el SIPOC actual del proceso de la gestión del mantenimiento.

**Figura 4.9 SIPOC actual de la Gestión del Mantenimiento de redes de distribución**

**Proceso: Gestión del Mantenimiento de Redes de Distribución.**

	S	I	P	O	C
	PROVEEDORES	INSUMOS	PROCESO	SALIDAS	CLIENTES
1	Operación	Estadística e informe de Averías	Elaboración de Planeamiento del Mantenimiento Preventivo	Plan de trabajo Anual del Manteniimiento	Gestora y Coordinadores de Mantenimiento de las subregiones
2	Recursos Humanos	Mano de obra	Análisis de HH vs Plan de Mantenimiento Anual	Balance de Horas Hombre con base al plan de trabajo anual de Mantenimiento	Gestora y Coordinadores de Mantenimiento de las subregiones
3	Cadena de Abastecimiento	Materiales	Análisis de materiales según plan de trabajo anual	Requerimientos de materiales según plan de trabajo anual	Gestor de Materiales de la Región y División
4	Servicios Generales	Maquinaria mayor (grúas), maquinaria y equipo menor, vehiculos.	Evaluación de condicion del parque de maquinaria y vehiculos (disponibilidad/indisponibilidad)	Requerimientos de disponibilidad del parque de maqnaria y vehiculos para plan de trabajo anual	Coordinadores y Supervisores de Mantenimiento de las subregiones
5	Area de Finanzas	Presupuesto para viaticos, combustibles, compras menores por caja chica	Evaluación del presupuesto requerido según plan anual del mantenimiento	Requerimientos de presupuesto para atender plan anual de Mantenimiento	Coordinadores y Supervisores de Mantenimiento de las subregiones
6	Coordinadores y Supervisores de Mantenimiento de las subregiones	Ordenes de trabajo semanal de mantenimiento	Ejecución del plan de mantenimiento	Ordenes de trabajo concluidas	Disminución de averías e impacto al cliente final (Industriales, comerciales, residenciales)

Fuente: Elaboración propia, 2024.

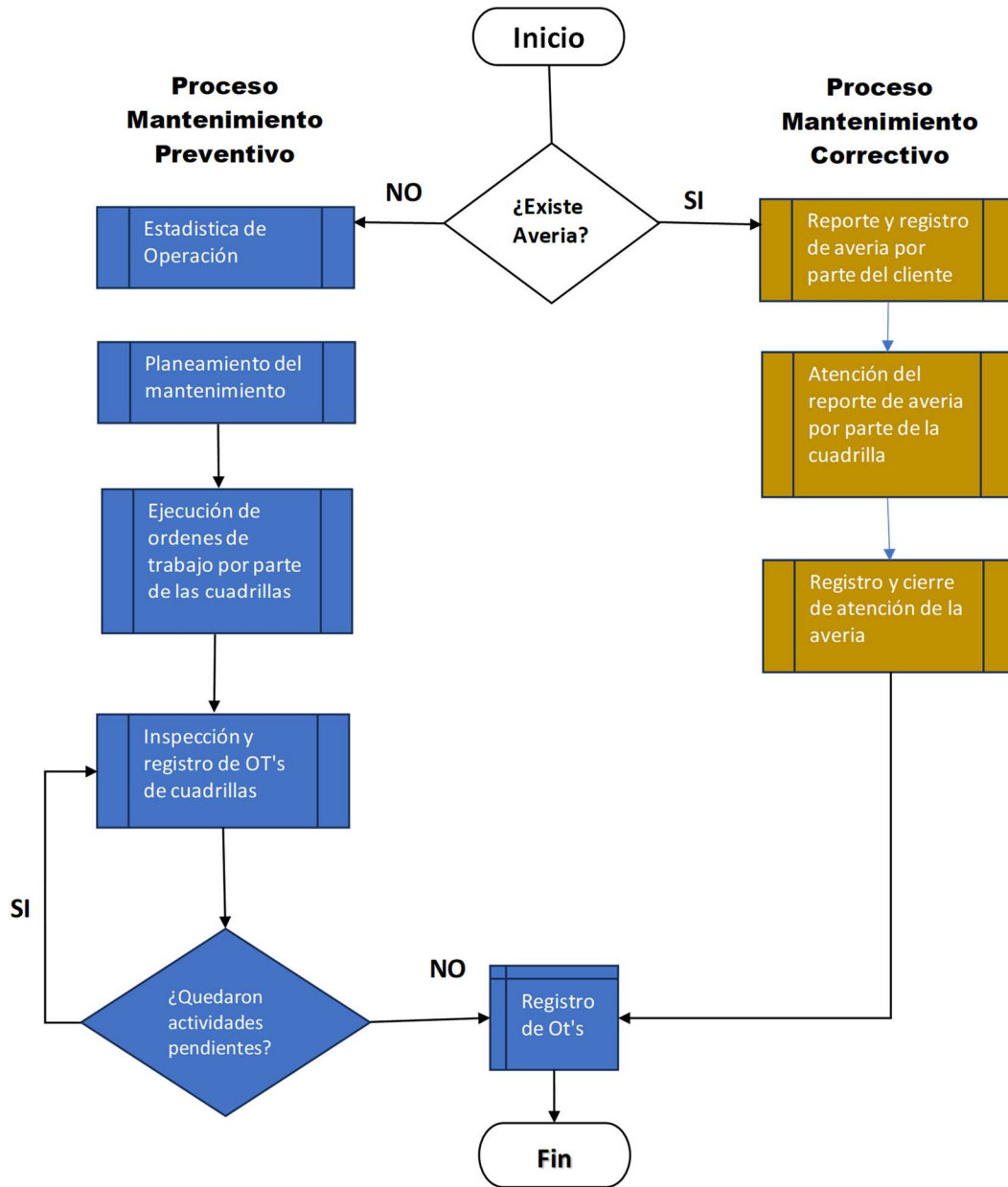
Como se puede observar en la figura anterior, la gestión del mantenimiento, para el planeamiento del año próximo, utiliza como fuente de información datos y estadística

del proceso de operación de la red de distribución, a partir de este se construye en un taller de planeamiento, todo el plan anual del mantenimiento de la región, el cual constituye las etapas mostradas en el SIPOC anterior, se cubren las etapas con las áreas responsables para la asignación de recursos, como cadena de abastecimiento para el tema de la asignación de materiales, además, recursos humanos para asegurar o evaluar las horas hombre que se necesitan para atender el plan de trabajo, al igual que servicios generales y finanzas, se evalúan los recursos necesarios para atender el plan de mantenimiento, los proveedores y finales, las mismas subregiones, una vez con todo claro y recursos evaluados, son parte fundamental para la ejecución de las actividades y la entrega del servicio al cliente.

#### **4.3.2 Diagrama de flujo actual del proceso**

El diagrama de flujo actual del proceso se puede observar en la figura siguiente, es un flujo sencillo, inicia con el plan anual del mantenimiento preventivo, pasa por la ejecución de las actividades, posterior verifica el porcentaje de ejecución de las actividades, si no quedaron pendientes se registran las órdenes de trabajo, de lo contrario se reprograman actividades. El mantenimiento correctivo inicia con un reporte de avería, pasa por la atención y posterior cierre y registro de esta. La fuente de información está asociado a la actividad en cantidad de averías en un sector o circuito, así como reportes provenientes por parte de los clientes.

**Figura 4.10** Diagrama de Flujo Actual de la Gestión del Mantenimiento de la red de distribución



Fuente: Elaboración propia, 2024.

### 4.3.3 VOC (Voz del cliente)

La voz del cliente (VOC) se utilizó como herramienta, en esta etapa, para entender el efecto de los consumidores sobre sus experiencias y las expectativas que tienen acerca de la entrega del servicio eléctrico, todo esto basado en reuniones con sectores

como la industria y clientes comerciales, donde se realizaron preguntas y consultas como las siguientes:

1. ¿Cuál es el efecto de la calidad de energía en sus procesos o negocio?
2. ¿Cómo impacta en su proceso o negocio la no continuidad del servicio eléctrico?
3. ¿Le es sencillo gestionar o reportar una avería o falla en el suministro eléctrico?

A continuación, se muestra, lo que los clientes industriales han indicado que se requiere para una adecuada prestación del servicio eléctrico.

**Tabla 4.8** La voz del cliente en cuanto requerimiento para sus procesos (VOC)

**Proceso Mantenimiento de la red de distribución  
VOC**

VOZ DEL CLIENTE	REQUERIMIENTO	CALIFICACION
Impacto proceso por averías	Tener siempre servicio eléctrico	Critico
Calidad en la entrega de energía	Menor cantidad de eventos (averías)	Critico
Reporte de averías	Ágil y oportuno	Importante
Atención de las averías	Ágil y oportuno	Importante

Fuente: Elaboración propia, 2024.

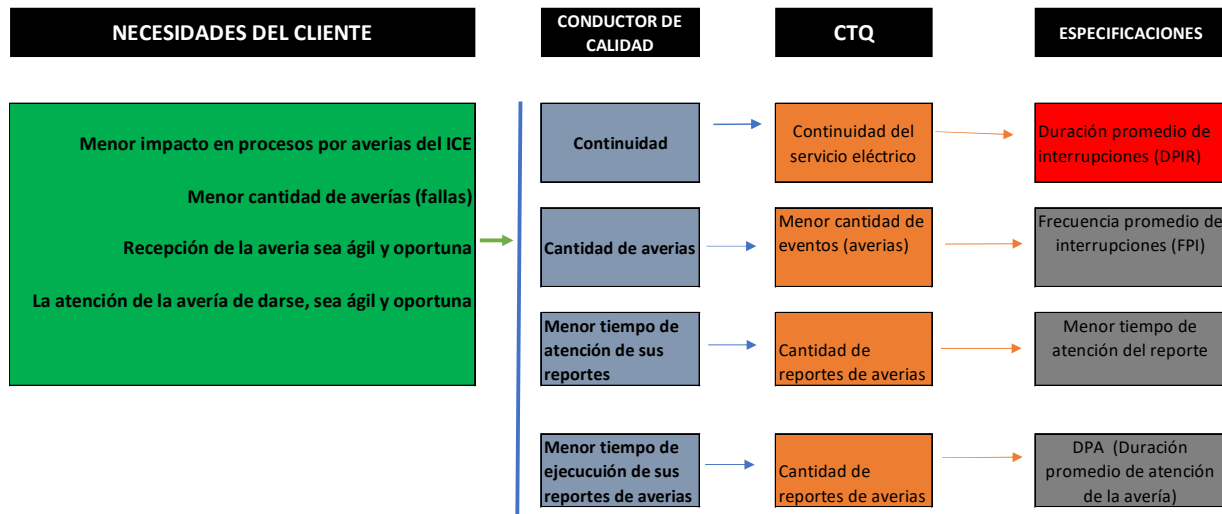
Como se puede observar en la tabla 4.8, los clientes calificaron de crítico el impacto al proceso por averías y la calidad de la entrega de energía, esto indica el nivel de afectación que tienen en sus procesos productivos.

**4.3.5 CTQ Parámetros Críticos para la Calidad**

En el análisis realizado, se utilizó el CTQ para revisar cuál es el requerimiento clave para el cliente en cuanto a la entrega del servicio eléctrico, con esta herramienta se obtiene un panorama más claro y completo de las necesidades del consumidor, en cuanto a lo que se ocupa ajustar para la mejora en el proceso y según el modelo que se está desarrollando para la gestión del mantenimiento de la red de distribución de la región

Huetar, basado en la mejora del DPIR como el índice más importante de la ARESEP y el impacto a lo interno de la institución por pérdidas en ingresos.

**Figura 4.11 CTQ Parámetros Críticos para la Calidad percibida por la Voz del Cliente**



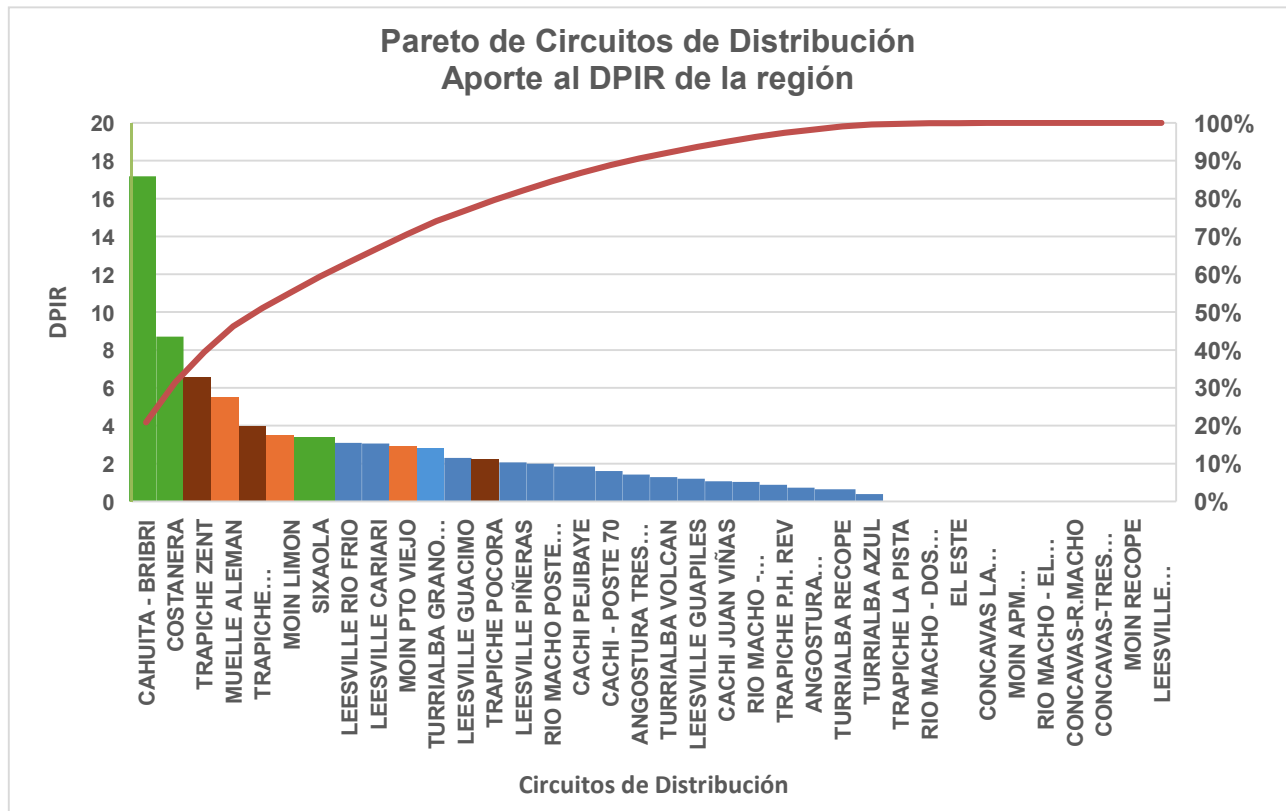
Fuente: Elaboración propia, 2024.

Como se puede observar en las figuras anteriores, provenientes del VOC y el CTQ, el cliente requiere para sus procesos, tener el menor impacto por averías o fallas de nuestros circuitos, a su vez que la recepción o reporte de averías por parte de ellos sea ágil y oportuna, y que, de darse, la atención sea adecuada y precisa. Como uno de los factores críticos analizados se encuentra el DPIR (Duración Promedio de Interrupción de la Red de distribución), de ahí la importancia de desarrollar un modelo para mejorar la eficacia y eficiencia de la gestión del mantenimiento y consigo un avance sustancial en los resultados de cada circuito y de la región.

#### 4.2.3 Gráfico de Pareto DPIR (Duración Promedio Interrupciones de la Red) aporte al total de la región.

Basado en el gráfico de Pareto, se realiza el análisis del aporte del total de 35 circuitos de distribución de la región, para saber cuáles son los que más aportan al DPIR regional.

Figura 4.12 Pareto del aporte de DPIR de los circuitos al Total Regional



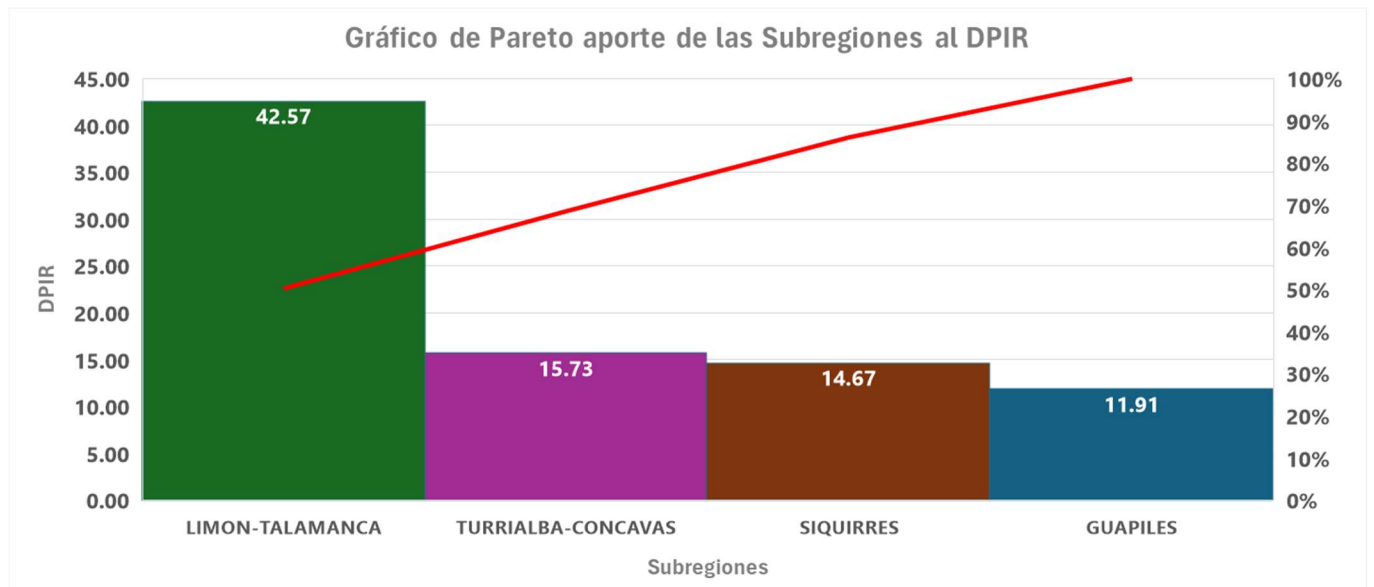
Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la figura anterior se muestra el aporte del DPIR de cada circuito de la región al total de esta, se puede observar que los circuitos Cahuita – Bribri, Costanera, Trapiche Zent, Muelle Alemán, Trapiche Siquirres, Moín Limón, Sixaola, Leesville Río Frio, Leesville Cariari, Moín Puerto Viejo, Turrialba Grano de Oro, son los circuitos de la región que los últimos tres años al corte de agosto 2024 han tenido mayor aporte en horas de averías y en impacto en cantidad de clientes sin servicio eléctrico, representan el 80% del Pareto.

#### 4.2.6 Pareto de aporte de Subregiones al total del DPIR de la región.

A partir del análisis de Pareto, se muestra el aporte de cada subregión al DPIR total de la región, con el propósito de entender el enfoque que se debe seguir para con los recursos existentes, cuáles deben ser las acciones para aplicar el modelo o metodología propuesta, para obtener una mejora en efectividad y eficiencia de la gestión del mantenimiento de la región.

**Figura 4.13** Aporte de las subregiones al DPIR Total de la Región Huetar



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Como se observa en la figura anterior, la subregión de Limón-Talamanca es la que más aporta al DPIR total de la región, seguido por las subregiones Turrialba-Cóncavas, la subregión de Siquirres y, por último, la subregión de Guápiles.

## **CAPÍTULO V. PROPUESTA**

Como se observa en el capítulo IV, se obtiene del análisis de la gestión del mantenimiento de los años del 2022 a agosto 2024 (32 meses) las variables o causas que más afectan la gestión del mantenimiento de la región:

1. La subregión Limón-Talamanca es la que más aporte tiene al DPIR (Duración Promedio de Interrupción de la Red) total de la región.
2. Las principales causas de fallas de la red de distribución de la región son: No identificadas un 37%, falla en material o equipo instalado un 34%, suspensiones programadas un 29%.
3. Los circuitos que mayor aportan al DPIR de la región son los circuitos de Bribri, Costanera, Limón y Muelle Alemán.
4. La cantidad de averías va en aumento.
5. Dentro de las causas que están bajo control de la región, que afectan la gestión de mantenimiento (indicadas por los supervisores, coordinadores y gestora regional del Mantenimiento) se encuentra la ausencia de la homologación de un modelo o metodología para la gestión del mantenimiento en la región.
6. Según el VOC y el CTQ, el impacto es alto en los procesos productivos, provocado por averías o fallas en la red de distribución, por lo que los clientes requieren mejor continuidad del servicio eléctrico; la mejora en el DPIR se vuelve clave para estos efectos, de ahí el desarrollo del modelo de trabajo para mejorar la eficacia y eficiencia de la gestión del mantenimiento, alineando con un nuevo enfoque a los circuitos como líneas de proceso productivos.

A continuación, se desarrolla con detalle las soluciones propuestas para mejorar la eficacia y eficiencia en la gestión del mantenimiento, que permita una disminución del DPIR en la región y que las acciones se basen en la optimización de los recursos, desde el enfoque de los circuitos de distribución como líneas de producción productivas.

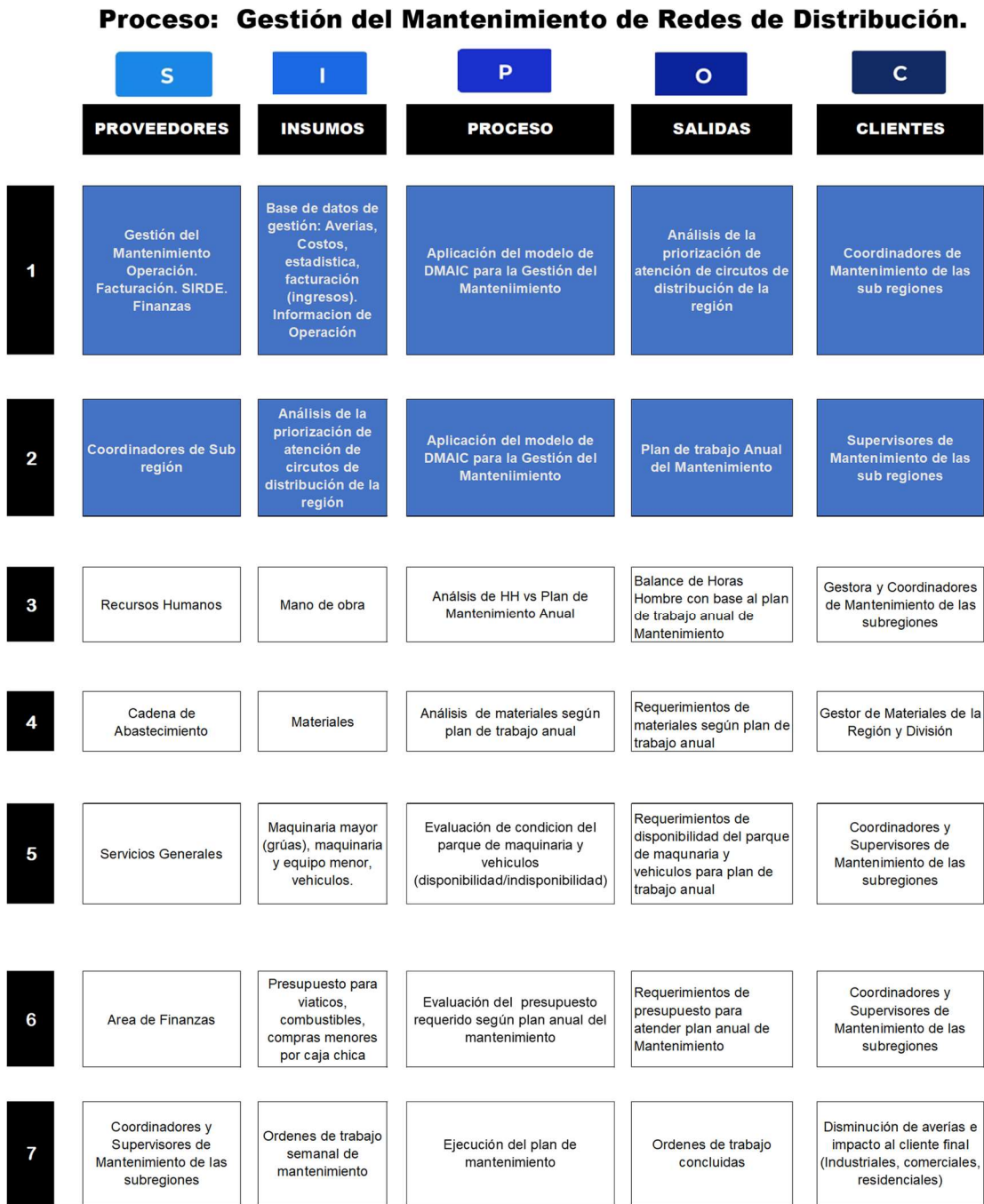
## **5.1 MEJORAR**

En esta etapa de la metodología DMAIC se proponen soluciones, que solventan la problemática presentada en el capítulo anterior

### **5.1.1 SIPOC Propuesto para la Gestión del Mantenimiento de la Región Huetar**

El modelo o metodología incluye mejoras en el SIPOC, donde se agregan dos pasos iniciales que tienen que ver con la analítica de datos de fuentes de información, lo que permite un mejor enfoque de los recursos, tareas y priorización de atención de los circuitos de distribución.

Figura 5.1 SIPOC Propuesto para la Gestión del Mantenimiento de Redes de Distribución

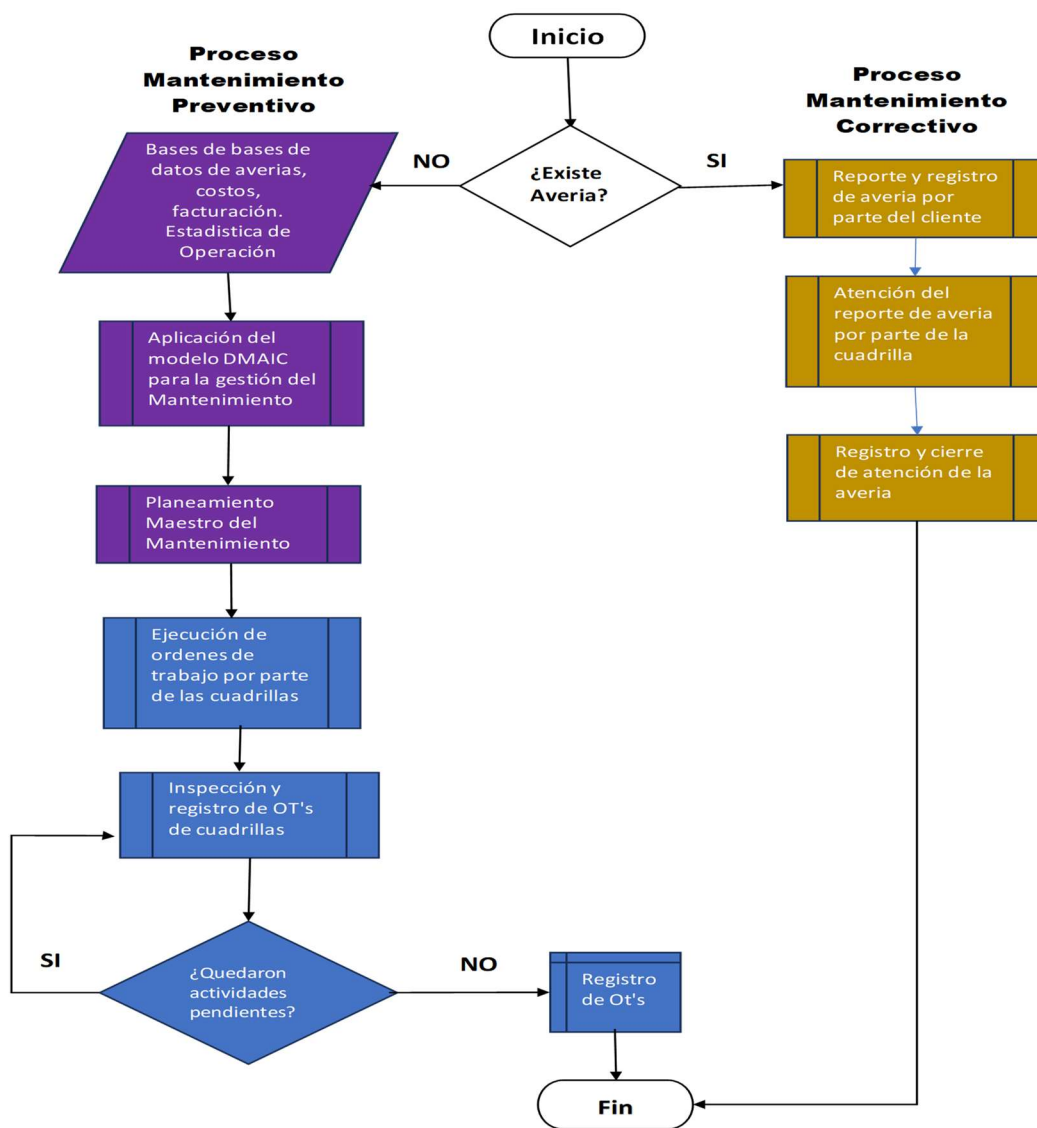


Fuente: Elaboración propia, 2024.

### 5.1.2 Diagrama de Flujo Propuesto para la Gestión del Mantenimiento de la Región Huetar

Al diagrama de flujo se le aplica una mejora, en el proceso de mantenimiento preventivo, enfocándolo en la minería de datos como insumo para el modelo de la gestión del mantenimiento, para obtener un planeamiento maestro del mantenimiento de la región.

**Figura 5.2** Diagrama de Flujo Propuesto para la Gestión del Mantenimiento



Fuente: Elaboración propia, 2024.

### 5.1.3 Propuesta Análisis del impacto del DPIR en Ingresos por Subregión.

Esta es una herramienta que se desarrolló para utilizarlo en el modelo, para facilitar el enfoque y las decisiones hacia los recursos, visto desde los circuitos como líneas o procesos productivos.

**Tabla 5.1** Análisis del DPIR en función de los Ingresos

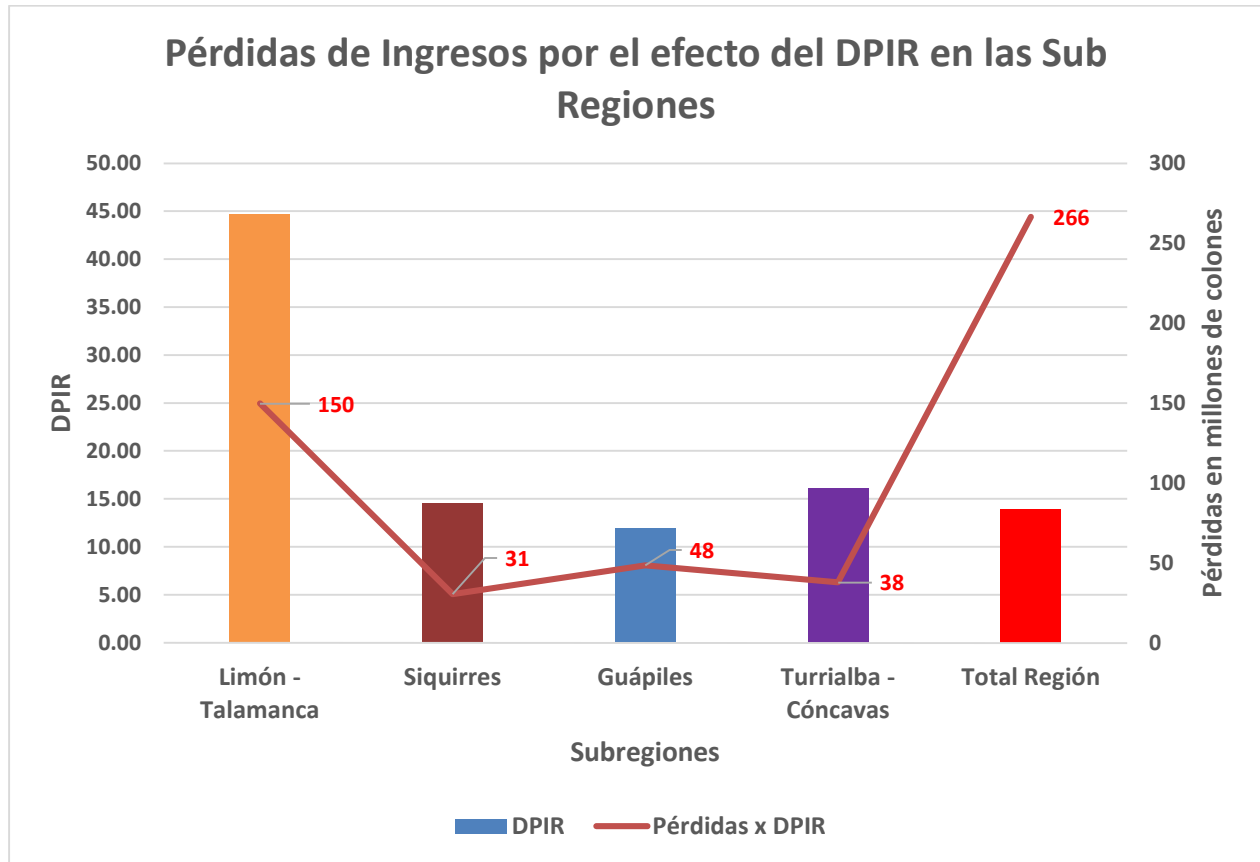
#### Análisis del DPIR en función de los Ingresos

Sub Región	DPIR	Región	Ingresos en Millones de Colones Región			
		DPIR	Ingresos/Mes	Ingresos/Dia	Ingresos/Hora	Pérdidas x DPIR
Limón - Talamanca	44.69	4.73	2490.8	80	3	150
Siquirres	14.54	2.72	1,564.05	50	2	31
Guápiles	11.91	4.75	3,025.96	98	4	48
Turrialba - Cóncevas	16.15	1.7	1741.7	56	2	38
<b>Total Región</b>	<b>13.90</b>		<b>8,822.51</b>	<b>285</b>	<b>12</b>	<b>266</b>

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la tabla anterior se muestran los resultados de los cálculos cruzando los ingresos de la región, distribuidos por subregión y calculando los ingresos por mes, día, hora en función del DPIR, lo que resulta en pérdidas para cada subregión.

**Figura 5.3** Impacto en pérdidas de Ingresos por el efecto del DPIR en las Subregiones



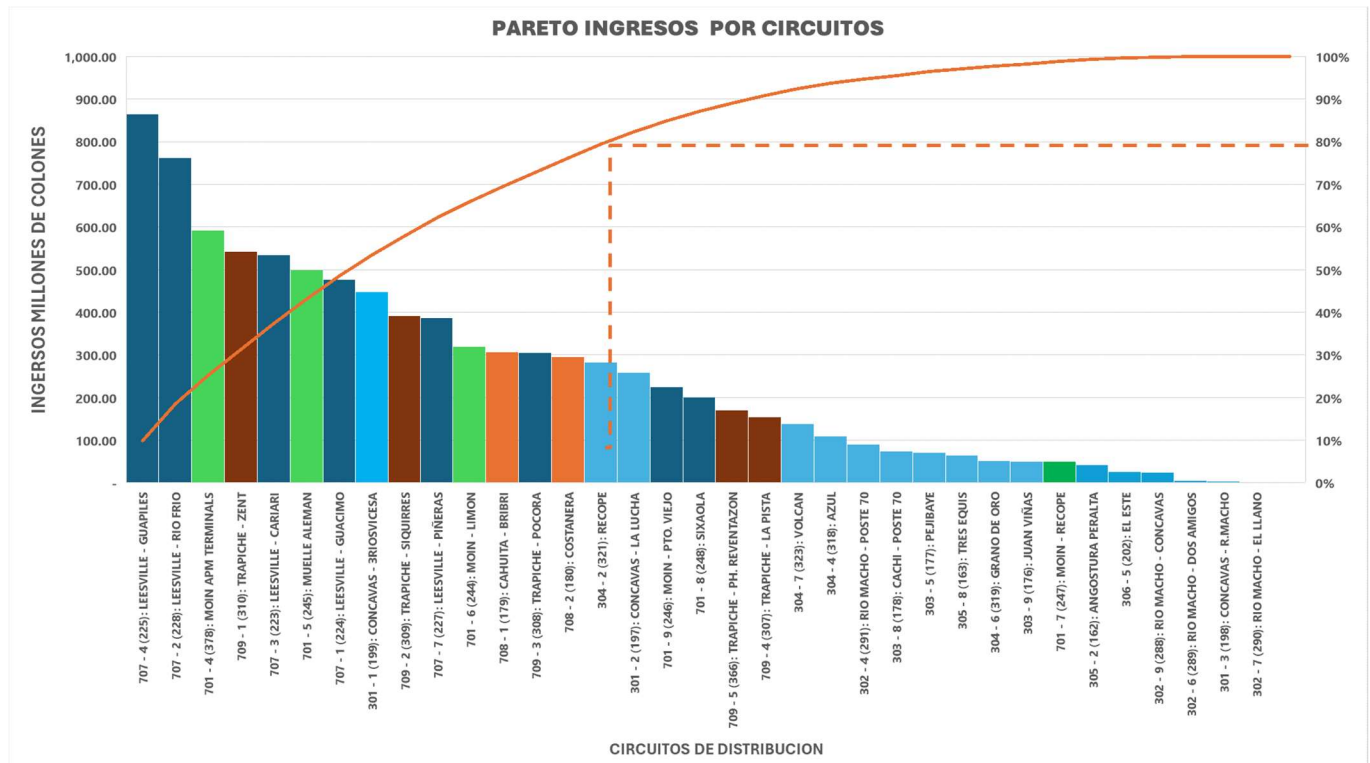
Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la figura 5.3 (que toma datos de la tabla 5.1) se muestra que la subregión Limón-Talamanca es la que más ha aportado al DPIR, con un valor cercano a las 45 horas sin servicio eléctrico, eso implica, según el análisis realizado, una pérdida de ingresos de 150 millones de colones, desde el año 2022 a agosto 2024 (32 meses); para el caso de la subregión de Siquirres un DPIR cercano a las 15 horas, implica una pérdida de 31 millones; para la subregión de Guápiles, las pérdidas han sido de 48 millones producto de un DPIR acumulado superior a las 10 horas. La subregión Turrialba presenta un DPIR acumulado superior a las 15 horas de clientes sin servicio eléctrico, lo que significó una pérdida en ingresos de 38 millones, para un total de pérdidas en la región de 266 millones de colones.

### 5.1.4 Propuesta Análisis de Pareto de Ingresos por Circuito de la Región. Enfoque de los Circuitos de Distribución como líneas de producción

Esta herramienta se desarrolló para facilitar a los coordinadores y supervisores de la subregión cómo gestionar y diferenciar la metodología, frecuencia y tipo de mantenimiento, para aplicarla a las secciones de los circuitos de distribución, y, además enfocar los circuitos de atención prioritaria en la planificación anual, a razón de los resultados del análisis de Pareto. La herramienta está basada en un análisis multivariable, en este caso, el cruce de los circuitos de distribución y los ingresos asociados, todo en un enfoque de los circuitos como líneas de producción o proceso, generadores de ingresos.

**Figura 5.4** Gráfico Pareto de Ingresos por Circuitos de Distribución de la Región



Fuente: Elaboración propia, 2024.

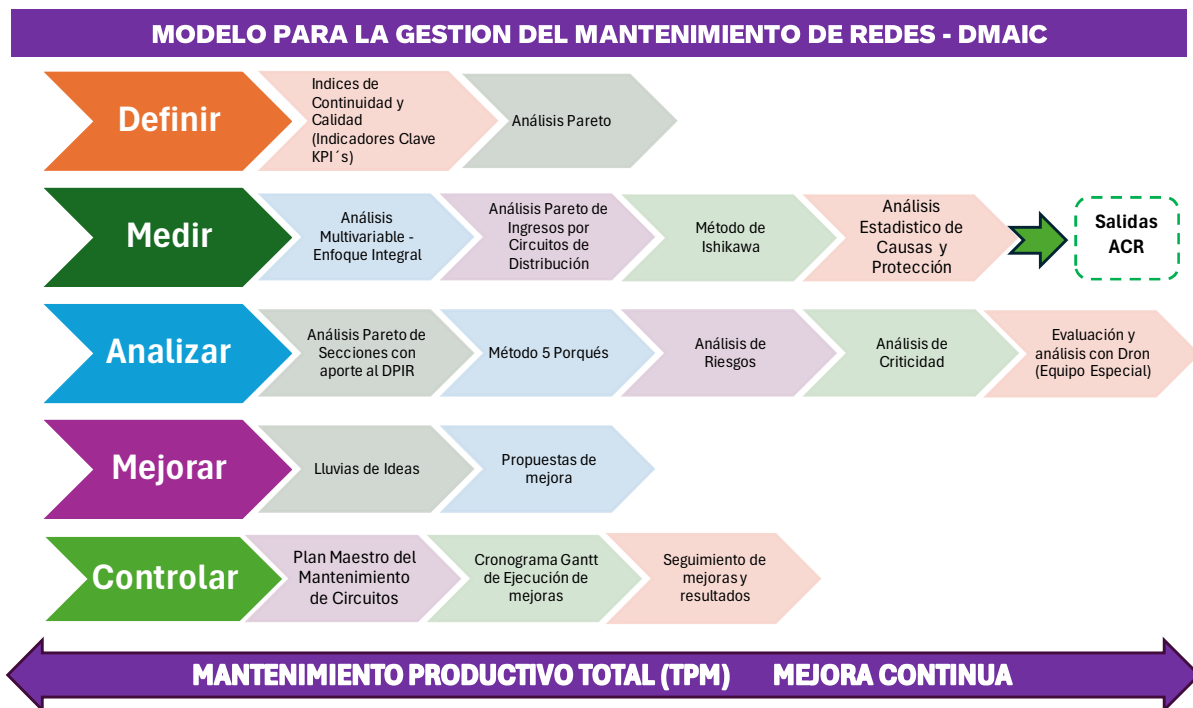
En la figura 5.4, se muestra el 80/20 de los 35 circuitos de distribución de la región, de los cuales, solo 15 son los de mayor aporte de ingresos, el mantenimiento debe ser

priorizado, diferido y muy bien pensado por el efecto en las averías que ocurran o los mantenimientos que se le apliquen. Se puede observar que el circuito Guápiles es el más importante, seguido por Río Frío, ambos de la subregión de Guápiles; luego se encuentra el circuito de APMT de la subregión de Limón-Talamanca, y después el circuito Zent de la subregión de Siquirres.

### 5.1.5 Propuesta del Modelo para la Gestión del Mantenimiento de Redes de la Región basado en DMAIC.

En la figura 5.5, se muestra el modelo desarrollado para la gestión del mantenimiento de la red de distribución de la región Huetar Caribe, basado en la metodología DMAIC

**Figura 5.5** Modelo de Gestión del Mantenimiento para Redes de Distribución



Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la figura anterior, se muestra el modelo desarrollado para la gestión del mantenimiento basado en la metodología DMAIC, el cual utiliza las herramientas

desarrolladas anteriormente, emplea además métodos estadísticos, causa y raíz por ejemplo, el uso paso a paso de cada etapa, tiene como objetivo enfocar, asignar los recursos adecuadamente, así como la priorización de la atención de los circuitos de cada subregión, para obtener como gran resultado el plan maestro de mantenimiento de los circuitos de distribución de la región, el cual integra las acciones de mantenimiento para la red de distribución de cada subregión, buscando la eficacia y eficiencia del proceso de mantenimiento.

### 5.1.6 Propuesta del Plan Piloto en la Subregión de Talamanca, basado en el Modelo para Gestión del Mantenimiento de Redes de la Región

Al desarrollar el modelo propuesto se obtiene:

### 5.1.7 Etapa (D)efinir para el Plan Piloto

*Figura 5.6 Etapa Definir del Modelo de Gestión para el Mantenimiento de Redes*



Fuente: Elaboración propia, 2024.

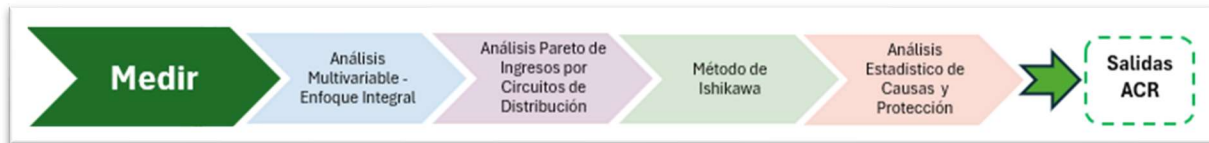
Cuando se realizó el análisis estadístico basado en los índices de Continuidad y Calidad, además de los KPI's, en la figura 4.12 se evidenció que los circuitos de mayor aporte al DPIR de la región, fueron Circuito Cahuita, Bribri, Limón y Muelle Alemán, que corresponden a la subregión de Limón-Talamanca.

En la figura 4.13, se muestra el Pareto de las subregiones que tienen mayor aporte al DPIR de la región, según los resultados mostrados corresponde a la subregión de Limón- Talamanca, con un con un aporte acumulado cercano a las 45 horas, de los años 2022 a agosto 2024 (32 meses atrás), por cual se determinó esa subregión para

desarrollar el plan piloto de mejoras para disminuir el DPIR (Duración Promedio de Interrupción de la Red de Distribución).

### 5.1.8 Etapa (M)edir para el Plan Piloto.

**Figura 5.7 Etapa Medir del Modelo de Gestión para el Mantenimiento de Redes**

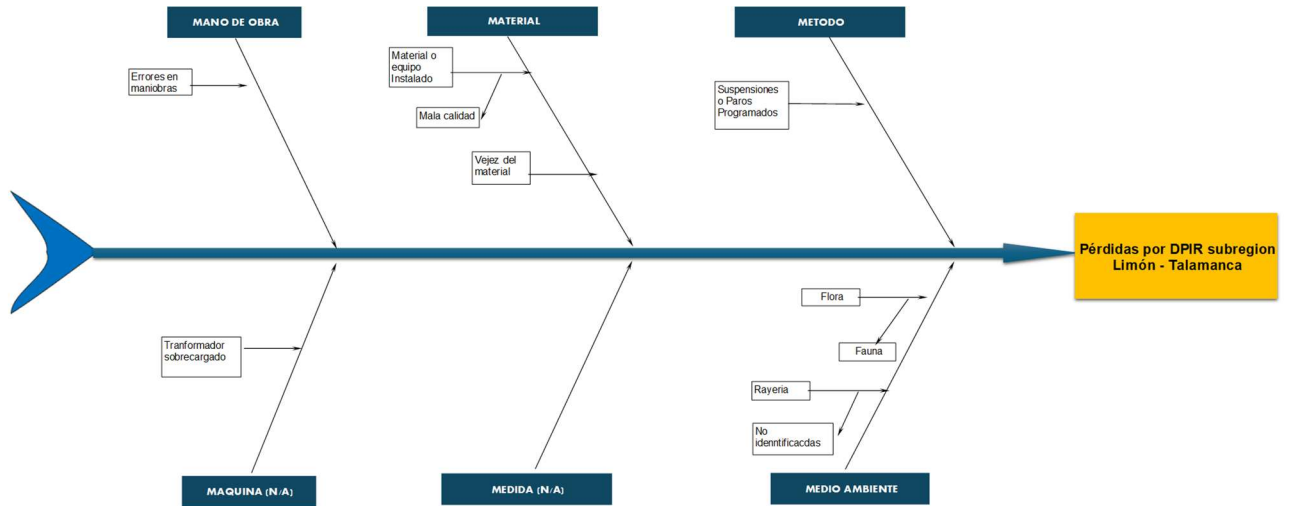


Fuente: Elaboración propia, 2024.

Según la herramienta para el Análisis Multivariable-Enfoque Integral, desarrollada en el Modelo de Gestión para el Mantenimiento de Redes de Distribución, como se muestra en la figura 5.4, efectivamente la Subregión Limón-Talamanca tiene el mayor DPIR acumulado y tiene pérdidas desde el año 2022 a agosto 2024 (32 meses) que rondan los 150 millones de colones.

Continuando con el modelo propuesto, mediante la herramienta de la figura 5.3 el análisis Pareto de ingresos por Circuitos de Distribución, se obtiene un mayor enfoque de los circuitos como líneas de producción y de hacia dónde dirigir los esfuerzos o recursos para lograrlo, los circuitos Bribri, Costanera, Alemán y Limón son parte del 20% del total de circuitos que representan un 80% de ingresos por venta de energía en la región.

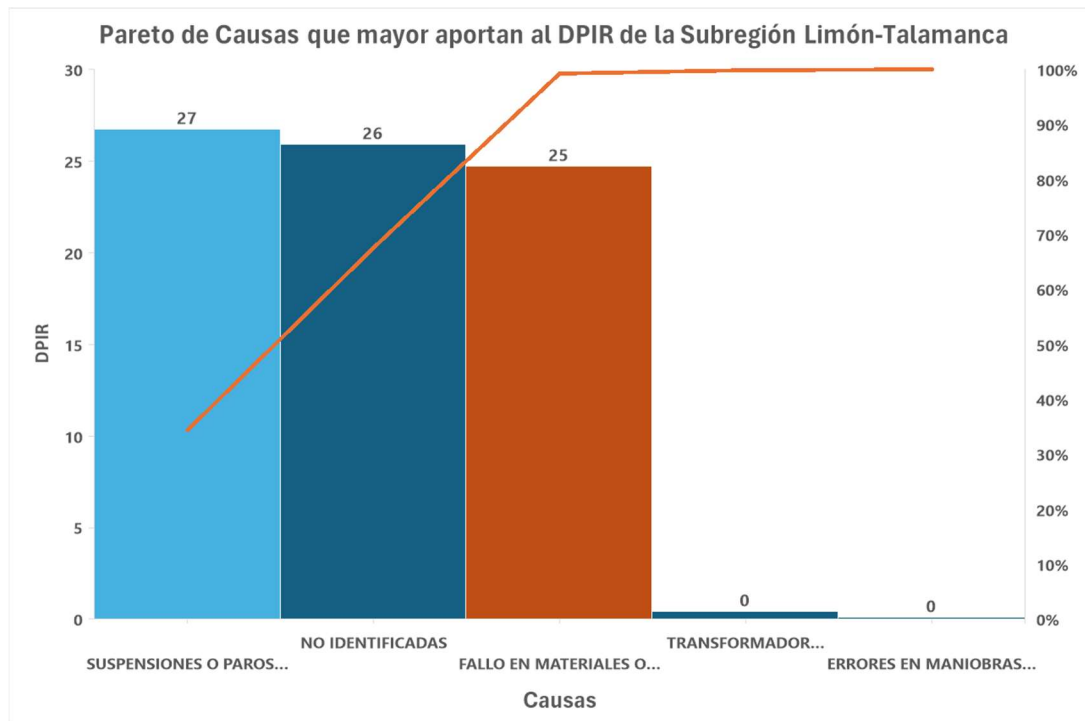
**Figura 5.8** Diagrama de Ishikawa que afectan la subregión Limón-Talamanca



Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la figura 5.8, se observa el diagrama Ishikawa desarrollado con el equipo de trabajo, que analizó las causas de la afectación en la subregión Limón Talamanca.

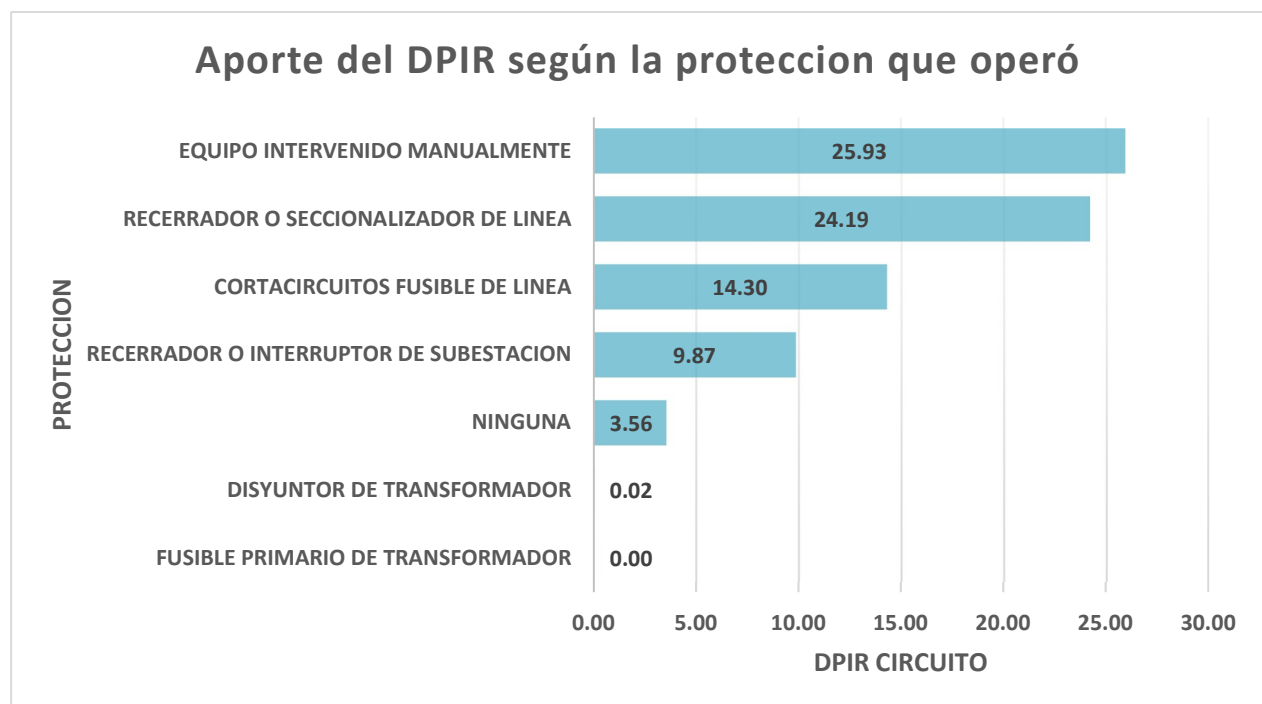
**Figura 5.9** Gráfico de Pareto de Causas que mayormente afectan la subregión Limón-Talamanca



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Como se muestra en la figura 5.9, continuando con el uso de las herramientas del modelo, los resultados del Ishikawa y la validación en base de datos de averías para la gestión del mantenimiento, las principales causas que afectan y mayormente en un 80/20 que aportan al DPIR de la subregión Limón-Talamanca son las averías no identificadas con un aporte de 26 horas; fallo en material o equipo instalado con un aporte de 25 horas al DPIR; y las suspensiones programadas representan 27 horas sin servicio de los clientes conectados a la red de distribución de la subregión (circuitos y/o secciones), esta última causa está dentro del control de la gestión del mantenimiento, ya que obedece a mantenimiento programado, sin embargo, se incluye en las causas por solicitud del ente regulador (ARESEP).

**Figura 5.10** Aporte del DPIR según la protección que operó



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Se observa en la figura 5.10, las principales protecciones que operaron en la red de distribución Limón-Talamanca, es decir, las que tienen mayor actividad, la protección de “Equipo intervenido manualmente” tiene un mayor aporte al DPIR de los circuitos indicados; la “Recerrador o seccionalizador de línea” aporta 24.19 horas al DPIR. La

protección “Cortacircuitos fusible de línea” aportó un 14.30 horas al DPIR, y el “Recerrador o Interruptor de subestación” aportó 9.87 horas al total de los circuitos de la subregión Limón-Talamanca. Esta herramienta del modelo de gestión para el mantenimiento facilita a los coordinadores y supervisores, entender con base en la protección que opera, dónde hubo afectación por averías, el tipo de sistema, si es trifásico o monofásico, lo que facilita enfocar los recursos y acciones.

### 5.1.10 Etapa (A)nalizar para el Plan Piloto.

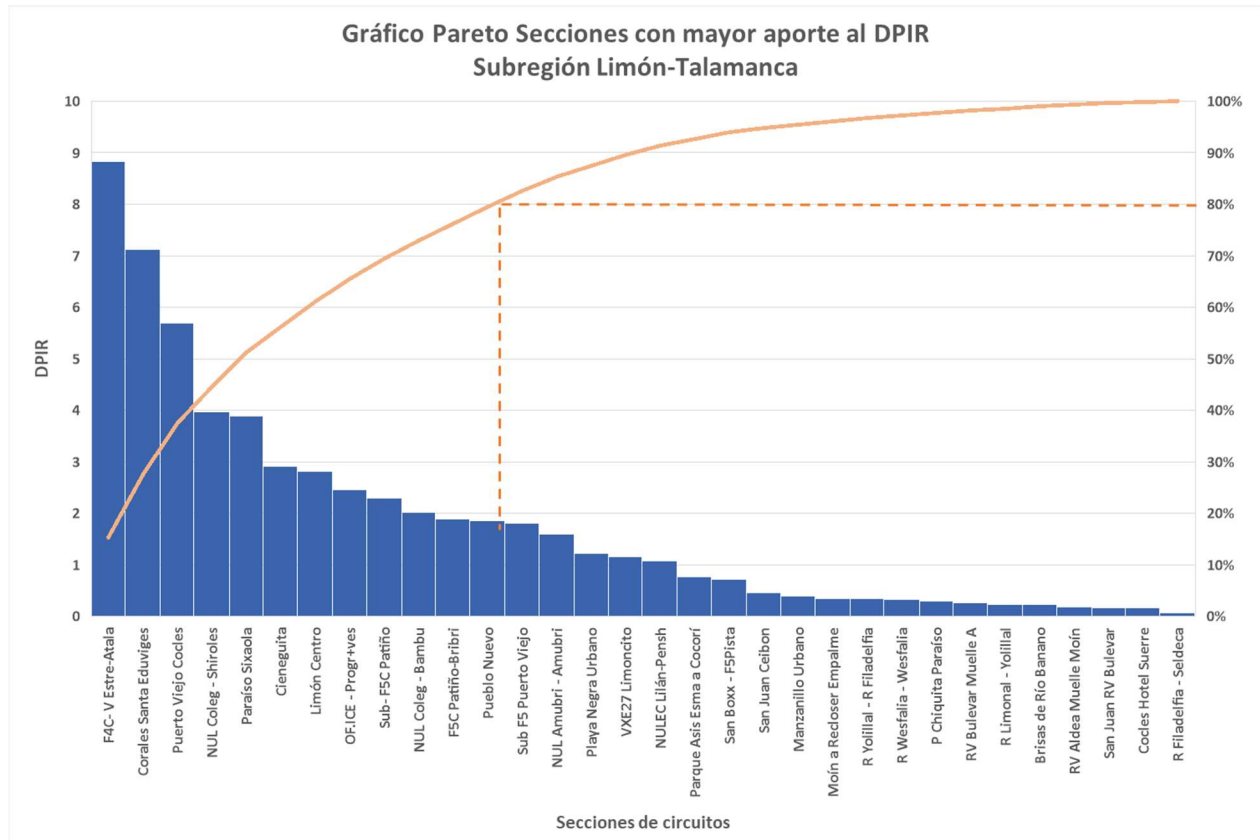
**Figura 5.11** Etapa Analizar del Modelo de Gestión para el Mantenimiento de Redes



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Continuando con el modelo de gestión para el mantenimiento, se presentan de seguido, las secciones con mayor aporte al DPIR de la subregión Limón-Talamanca:

**Figura 5.12 Pareto de secciones que aportan DPIR a los circuitos de la subregión de Limón-Talamanca**



Autor: Elaboración propia, 2024.

Como logra verse en la figura 5.12, se identifican las secciones que aportan mayor DPIR a los circuitos de la subregión Limón-Talamanca, las cuales fueron responsables de las pérdidas de 150 millones de colones en los últimos 32 meses. Entre las secciones de mayor aporte se encuentran: F4C-Valle de la Estrella-Atalanta, Corales Santa Eduvigis, Puerto Viejo Cocles, entre otras. El modelo propuesto facilita el enfoque de los recursos para las acciones de mejora.

**Tabla 5.2 Método 5 Porqués aplicado a las secciones que aportan mayor DPIR a los circuitos de la subregión de Limón-Talamanca**

Planteamiento del problema	Por qué 1	Por qué 2	Por qué 3	Por qué 4	Por qué 5	Resultado
<b>¿Por qué ocurren las averías provocadas por flora ?</b>	¿Porque no se tiene una cultura adecuada de inspección a la red de distribución? Porque no ha existido una adecuada planificación y control de las actividades	¿Porque no ha existido una adecuada planificación y control de las actividades? Porque la atención de la red ha sido muy en el enfoque correctivo	¿Por qué la atención de la red ha sido muy en el enfoque correctivo? Por pérdida de recurso humano, técnicos que se han pensionado y no se han repuesto plaza según la cantidad de técnicos retirados.	¿Por qué ante el contexto de efectos de no contar con personal requerido se hace algo diferente para enfocar el recurso en lo crucial de la gestión del mantenimiento? Porque se debe planificar por prioridades y se debería tercerizar el servicio de poda.	¿Por qué no se planifica por prioridades y se terceriza el servicio de poda? Por que no existe modelo de gestión para priorizar, y la poda no hubo presupuesto hasta reciente	Planificar las horas hombre en las actividades de mayor impacto, además de aplicar el plan de acción propuesto a partir del modelo de Mantenimiento para la subregión Limón-Talamanca.
<b>¿Por qué ocurren averías por daño en materiales o equipo instalado?</b>	Porque los materiales o equipos sobrepasaron su vida útil.	¿Por qué los materiales o equipos sobrepasaron su vida útil? Porque no hubo una adecuada gestión de inspección y atención de la red hasta que falló el material o equipo.	¿Porque no hubo una adecuada gestión de inspección y atención de la red hasta que falló el material o equipo? Por falta de recursos y priorización de actividades por parte de los supervisores	¿Por qué con el contexto actual e impacto de las operaciones en la gestión del mantenimiento como el caso de los materiales equipos dañados, no se han tomado medidas diferentes? Porque se requiere establecer acciones proactivas y no reactivas del día a día en la gestión del mantenimiento.	¿Por qué no es posible establecer acciones proactivas y no reactivas del día a día en la gestión del mantenimiento para bajar el impacto de las averías? Porque es necesario cambiar la metodología y priorizar las acciones de mantenimiento y secciones de circuitos	Aplicar el plan de acción para la subregión Limón-Talamanca como resultado del modelo propuesto para la gestión del mantenimiento.
<b>¿Por qué ocurren averías provocadas por aislamiento contaminado o dañado?</b>	Porque los materiales o aisladores sobrepasaron su vida útil o se encuentran contaminados.	¿Por qué los materiales o aisladores sobrepasaron su vida útil o se encuentran contaminados? Por falta de mantenimiento a los aisladores.	¿Por qué existe falta de mantenimiento o a los aisladores? Por ausencia de priorización y planificación de las actividades en las secciones críticas	¿Por qué existe ausencia de priorización y planificación de las actividades en las secciones críticas? Por ausencia de enfoque y método actualizado de Mantenimiento	¿Por qué con el contexto actual e impacto de las operaciones en la gestión del mantenimiento como el caso de los materiales equipos dañados, no se han tomado medidas diferentes? Porque se requiere establecer acciones proactivas y no reactivas del día a día en la gestión del mantenimiento.	Aplicar el plan de acción para la subregión Limón-Talamanca como resultado del modelo propuesto para la gestión del mantenimiento.
<b>¿Por qué ocurren averías provocadas por puntos calientes?</b>	Por falsos contactos o mala calidad de los materiales	¿Por qué ocurren los falsos contactos o existe mala calidad de los materiales? Por falta de mantenimiento a los elementos o mala calidad de los materiales.	¿Por qué existe falta de mantenimiento o a los elementos o mala calidad de los materiales? Por la no priorización de las actividades de mantenimiento o a secciones críticas según registro de averías, y la calidad de los materiales corresponde a compra de materiales de calidad.	¿Por qué ocurre la no priorización de las actividades de mantenimiento a secciones críticas según registro de averías? ¿Por qué no se realizan compras de materiales de calidad? Porque las acciones de mantenimiento son muy reactivas y no priorizadas a las secciones críticas para evitar averías. Las compras de materiales obedecen a compras por SICOP en compras públicas, depende de las características expuestas en el cartel.	¿Por qué ante el contexto actual, no se han definido otras acciones para atender el problema? Porque no se ha actualizado el enfoque y priorización de las actividades con los recursos existentes.	Aplicar el plan de acción para la subregión Limón-Talamanca como resultado del modelo propuesto para la gestión del mantenimiento.
<b>¿Por qué ocurren averías provocadas por fauna?</b>	¿Porque no se tiene una cultura adecuada de inspección a la red de distribución? Porque no ha existido una adecuada planificación y control de las actividades	¿Porque no ha existido una adecuada planificación y control de las actividades? Porque la atención de la red ha sido muy en el enfoque correctivo	¿Por qué la atención de la red ha sido muy en el enfoque correctivo? Por pérdida de recurso humano, técnicos que se han pensionado y no se han repuesto plaza según la cantidad de técnicos retirados.	¿Por qué ante el contexto de efectos de no contar con personal requerido se hace algo diferente para enfocar el recurso en lo crucial de la gestión del mantenimiento? Porque se debe planificar por prioridades .	¿Por qué no se planifica por prioridades ? Por que no existe modelo de gestión para priorizar, se debería cambiar criterios de diseño en secciones afectadas por fauna	Aplicar el plan de acción para la subregión Limón-Talamanca como resultado del modelo propuesto para la gestión del mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la tabla 5.2, se continua con la aplicación del modelo de gestión del mantenimiento basado en DMAIC, con la herramienta de los 5 porqués, se realizó con el equipo de supervisores y coordinación de la subregión para analizar el enfoque de las causas y resultados, derivando en la aplicación del plan piloto de mejoras para la subregión Limón-Talamanca.

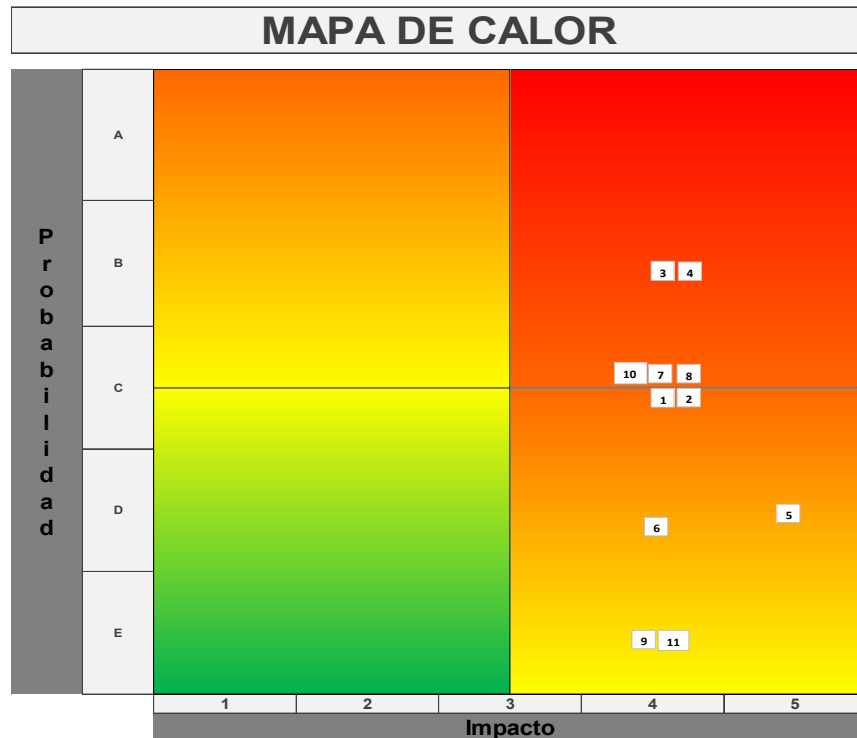
**Tabla 5.3** Resultados del análisis de riesgos aplicado a las secciones que mayor DPIR aportan a los circuitos de la subregión de Limón-Talamanca

No.	RIESGOS IDENTIFICADOS
1	Problemas con clientes por comunicación para atender trabajos vía interrupciones programadas. I4-PC
2	Limitaciones y atrasos en cantidad de recurso humano, equipo, vehículos, herramientas. I4-PC
3	Proceso de cálculo lento. I4-PB
4	Accidentes de personal o daños ambientales asociados a los trabajos en la RDE I4-PB
5	Negativa de inversión por parte de DD&C. I5-PD
6	Fallas en la planificación de los trabajos. I4-PD
7	Limitación y Atrasos en la llegada de los materiales. I4-PC
8	Información insuficiente. I4-PC
9	Problemas en inspección de campo para evaluar condición de red de distribución eléctrica (RDE) I4-PE
10	Complejidad de la RDE y Tiempo excesivo para recopilar la información. I4-PC
11	Capacidad del personal I4-PE

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Continuando con la aplicación del modelo propuesto, se enlistan los riesgos identificados en la tabla 5.3, que puedan limitar la aplicación del plan piloto para la subregión a intervenir. Se desarrolló y utilizó una matriz de riesgos para obtener los resultados indicados.

**Figura 5.13** Resultados del análisis de riesgos aplicado a las secciones que mayor DPIR aportan a los circuitos de la subregión de Limón-Talamanca



Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la figura 5.13, se muestra el mapa de calor obtenido de la aplicación de la matriz de riesgos para el plan piloto de mejoras de la subregión de Limón-Talamanca, dando como resultado que los riesgos: 3,4, son riesgos de alto impacto (escala 4 del eje impacto) y probable que ocurra (escala b del eje Y de probabilidad), contrario a los riesgos 9 y 11 que también son de alto impacto (cuadrante 4 del impacto eje X) pero con una probabilidad rara de que ocurran (escala E del eje Y de probabilidad).

**Tabla 5.4** Matriz de criticidad aplicado a las secciones que mayor DPIR aportan a los circuitos de la subregión de Limón-Talamanca

**MATRIZ DE CRITICIDAD PARA CIRCUITOS DE DISTRIBUCION  
MODELO RPN (Number Point Risk)**

**SELECCIÓN DE HERRAMIENTA PARA EL MANTENIMIENTO EN SECCIONES CRITICAS SUBREGION LIMON - TALAMANCA**

$$RPN = FF \times (DF + SF + CF)$$

FF = Nivel de frecuencia de fallas  
DF = Nivel detección de fallas  
SF = Nivel de severidad de fallas  
CF = Nivel de costos de costos de fallas

CIRCUITO	SECCION TRAMO CRITICO	FALLAS					RISK PRIORITY NUMBER (RPN)	NIVEL DE CRITICIDAD	MANTENIMIENTO A APLICAR A SECCION		
		FRECUENCIA (FF)	NIVEL DE DETECCION (DF)	NIVEL DE SEVERIDAD (SF)	COSTO (CF)	CONSECUENCIA			TIPO	CLASIFICACION	HERRAMIENTA
		Muelle Alemán	Cieneguita	8	8	7					
Muelle Alemán	Limón Centro	8	8	7	8	23	184	MEDIA	PREVENTIVO	Predeterminado (Planificado/cíclico)	INSPECCIÓN VOSO, GESTION AUTONOMA (MTB) MANTENIMIENTO BASADO EN EL TIEMPO
Limón	Pueblo Nuevo	8	8	7	6	21	168	ALTA	PREVENTIVO	Basado en condición (Predictivo)	FMECA, RCM
Limón	Corales Santa Eduvigés	10	8	7	6	21	210	MUY ALTA	PREVENTIVO	Mejorativo	MBC (MANTENIMIENTO DE CONFIABILIDAD)
Bribri	Sub- FSC Patiño	10	8	7	8	23	230	MUY ALTA	PREVENTIVO	Mejorativo	MBC (MANTENIMIENTO DE CONFIABILIDAD)
Bribri	F4C- V Estre-Atala	10	8	7	6	21	210	MUY ALTA	PREVENTIVO	Mejorativo	MBC (MANTENIMIENTO DE CONFIABILIDAD)
Bribri	OF.ICE - Progr+ves	10	8	7	6	21	210	MUY ALTA	PREVENTIVO	Mejorativo	MBC (MANTENIMIENTO DE CONFIABILIDAD)
Bribri	FSC Patiño-Bribri	10	8	7	8	23	230	MUY ALTA	PREVENTIVO	Mejorativo	MBC (MANTENIMIENTO DE CONFIABILIDAD)
Bribri	NUL Coleg - Bambu	8	8	7	6	21	168	ALTA	PREVENTIVO	Basado en condición (Predictivo)	FMECA, RCM
Bribri	NUL Coleg - Shiroles	8	8	7	6	21	168	ALTA	PREVENTIVO	Basado en condición (Predictivo)	FMECA, RCM
Costanera	Puerto Viejo Codes	10	8	7	8	23	230	MUY ALTA	PREVENTIVO	Mejorativo	MBC (MANTENIMIENTO DE CONFIABILIDAD)
Costanera	Paraíso Sixaola	10	8	7	8	23	230	MUY ALTA	PREVENTIVO	Mejorativo	MBC (MANTENIMIENTO DE CONFIABILIDAD)
						0					

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Continuando con la aplicación del modelo, como se muestra en la tabla 5.4, para efectos de medir la criticidad se utilizó la herramienta del número de prioridad del riesgo, dando como resultados que, de las 12 secciones críticas a atender, 7 son de muy alto riesgo (marcadas en color rojo), 4 secciones de color verde tienen riesgos altos, y una sección “Limón Centro” riesgo medio. De esta forma y según el análisis, a las secciones de riesgos “Muy Alto” se les debe aplicar mantenimiento de confiabilidad.

**Figura 5.14** Evaluación y análisis con dron a las secciones que mayor DPIR aportan a los circuitos de la subregión de Limón-Talamanca



Fuente: Elaboración propia, 2024 Autor

Como se muestra en la figura anterior, continuando con la aplicación del modelo de gestión del mantenimiento, y con base en los resultados del análisis de criticidad, a las secciones con resultados de riesgos Muy Altos, se les realizará una inspección con tecnología dron, para evaluar con mayor detalle los elementos y equipos de esas secciones con el fin de ajustar, de ser necesario, las acciones y tiempos en la planificación de los trabajos, esto por las causas que se puedan observar o evidenciar con la tecnología indicada.

### 5.1.11 Etapa (M)ejorar para el Plan Piloto Subregión Limón-Talamanca

Figura 5.15 Etapa Mejorar del Modelo de Gestión para el Mantenimiento de Redes



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Continuando con la aplicación del modelo, en la etapa de Mejorar se presentan las mejoras propuestas y la elección del tipo de trabajo a ejecutar.

Tabla 5.5 Lluvia de ideas para atención de trabajos para atender a las secciones que mayor DPIR aportan a los circuitos de la subregión de Limón-Talamanca

Propuestas de atención de mejoras				
Plan piloto para atender secciones subregión Limón-Talamanca				
No.	Actividad	Ventajas	Desventajas	Elección
1	Trabajos en caliente	No se suspende el servicio eléctrico a los clientes	Se depende de otra región para hacer los trabajos en caliente. El avance para atender las secciones es lento. Dependencia del clima para poder realizar trabajos en caliente.	
2	Lavado de aislamiento	No se suspende el servicio eléctrico a los clientes	Es una actividad parcial, solo se cuenta con un equipo para lavado en caliente en la zona. No se cuenta aun con la actualización de certificaciones para que los técnicos puedan lavar en caliente,	
3	Interrupciones programadas	Se atiende integralmente toda las secciones o sectores más críticos. Se cuenta con el recurso para atender las interrupciones programadas. El tiempo de programación y atención es más rápido, no se depende de otras regiones.	Se suspende el servicio eléctrico	
4	Atención tercerizada del descuaje	Se cuenta con cuadrillas contratadas para descuaje y poda en la región	Ninguna	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Como se puede observar en la imagen anterior, el equipo de trabajo seleccionó la atención de los trabajos con interrupciones programadas y el descuaje tercerizado, esto porque se cuenta con los recursos en la región y el trabajo es más integral desde el punto de vista del mantenimiento.

### 5.1.11 Etapa (C)ontrolar para el Plan Piloto Subregión Limón-Talamanca.

*Figura 5.16 Etapa Controlar del Modelo de Gestión para el Mantenimiento de Redes*



Fuente: Elaboración propia, 2024.

La etapa de Controlar del modelo de gestión de mantenimiento, basado en DMAIC, cuenta con tres fases, la primera es el plan maestro del mantenimiento de circuitos, para el caso en estudio y según el plan piloto, son secciones de 4 circuitos de la subregión de Limón.

**Tabla 5.6** Plan Maestro de Mantenimiento para atención de trabajos de las secciones que mayor DPIR aportan a los circuitos de la subregión de Limón-Talamanca

**Plan Maestro de Mantenimiento de Secciones Subregión Limón - Talamanca  
Propuesta de atención de mejoras**

ACTIVIDAD	SECCION	CIRCUITO	INSPECCION EVALUACION	DESCUAJE Kms	INTERRUPCIONES PROGRAMADAS
1	Cieneguita	Muelle Alemán	16	5	1
2	Limón Centro	Muelle Alemán	32	10	2
3	Pueblo Nuevo	Limón	4	0	1
4	Corales Santa Eduvigis	Limón	14	5	2
5	Sub- F5C Patiño	Bribri	15	15	2
6	F4C- V Estre-Atala	Bribri	14	14	2
7	OF.ICE - Progr+ves	Bribri	23	15	3
8	F5C Patiño-Bribri	Bribri	10	10	1
9	NUL Coleg - Bambu	Bribri	9	9	1
10	NUL Coleg - Shiroles	Bribri	15	15	1
11	Puerto Viejo Cocles	Costanera	10	10	2
12	Paraíso Sixaola	Costanera	14	14	2
<b>Total</b>			<b>176</b>	<b>122</b>	<b>20</b>

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la tabla 5.6 se muestran las secciones de los circuitos Muelle Alemán, Limón, Bribri y Costanera que se van a intervenir con interrupciones programadas y descuaje contratado para aplicarle mantenimiento a estos sectores.

Se debe indicar que la ejecución del plan de acción se concreta en el primer trimestre del 2025.

## 5.2 CONTROLAR

Con el fin de controlar el uso adecuado de las etapas y fases del Modelo para la Gestión del Mantenimiento de Redes de Distribución de la región Huetar Caribe, y basado en el plan piloto de la subregión de Limón-Talamanca, la cual fue, según los análisis realizados, la que ha tenido mayor aporte en pérdidas en la región por DPIR estos 32 últimos meses por un monto de 150 000 000 de colones, se detallan las herramientas propuestas para el control del modelo, utilizando el plan piloto como ejemplo.

## 5.2.1 Cuadro de Mando Integral

Desarrollando el modelo propuesto a continuación se muestra el cuadro de mando integral desarrollado para la gestión y control del plan piloto.

**Tabla 5.7** Cuadro de mando integral del plan de acción de mejoras para la subregión Limón

<b>CUADRO DE MANDO INTEGRAL MODELO PARA LA GESTION DEL MANTENIMIENTO DE REDES DE DISTRIBUCION REGION HUETAR CARIBE</b>				
OBJETIVOS ESTRATEGICOS	MEDIDAS (KPI's)	METAS	PLANES DE ACCION	PERSPECTIVA
Mejorar la eficacia de los costos de mantenimiento	Costos de mantenimiento del proceso mensual	Actual: Datos no correctos. Objetivo: Revisión de datos reales y de calidad por semana	1. Asegurar el registro adecuado de datos de las ordenes de trabajo semanalmente. 2. Asegurar la ejecución del plan de mantenimiento semanal y los ajustes del plan.	<b>Financiera</b>
Mejorar el DPIR de los circuitos asociados a la subregión Limón-Talamanca	DPIR	Actual: 42.57 horas. Objetivo: Disminución del DPIR de los circuitos en almenos 5 horas	Aplicar modelo de gestión del Mantenimiento	<b>Clientes</b>
Mejorar el proceso de Mantenimiento de los circuitos de la Región aplicando el modelo propuesto	DPIR	Actual: 13.69 horas. Objetivo: Disminuir en almenos 2 el DPIR actual de la Región para el año 2025	Aplicar modelo de gestión del Mantenimiento	<b>Procesos Internos</b>
Asegurar niveles de aprendizaje para aplicar el modelo propuesto, además formación para el grupo técnico asociado a las buenas prácticas de mantenimiento y de mejora continua.	Cumplimiento del Programa de capacitación	Cumplimiento del programa de capacitación vs avances mensuales	Aplicar el programa de capacitación	<b>Aprendizaje</b>

Fuente: Elaboración propia, 2024.

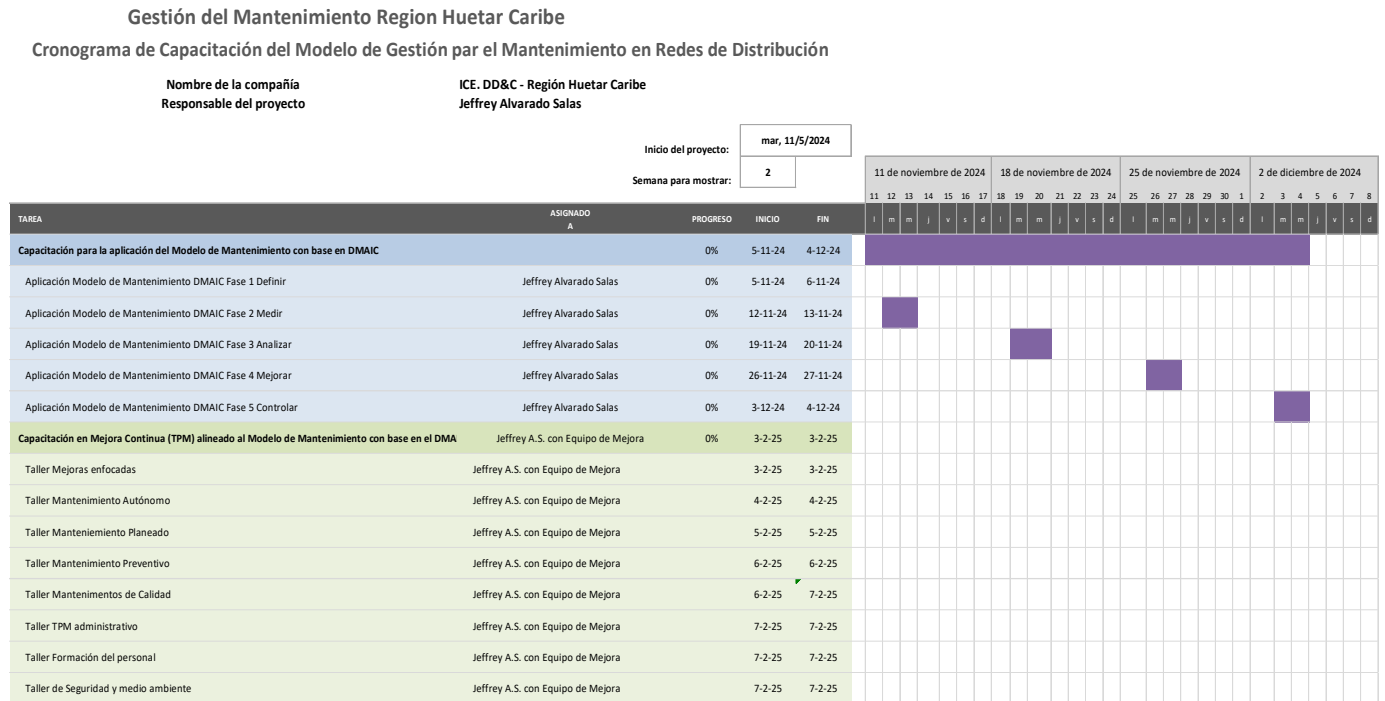
Como se puede observar en la tabla 5.7, en los objetivos estratégicos a atender con el plan piloto, y según las perspectivas indicadas, se le va a dar seguimiento, en reuniones de rendición de cuentas a los avances de forma mensual para su validación y los ajustes necesarios para llevarlos a cabo en tiempo y forma, a cada una de las metas y resultados de planes de acción.



### 5.2.3 Cronograma de Capacitación de la Metodología

A continuación, se muestra el cronograma de capacitación del Modelo para la Gestión de Mantenimiento en Redes de Distribución para la región.

**Tabla 5.9** Cronograma de capacitación del Modelo para la Gestión del Mantenimiento en redes de distribución para la región Huetar Caribe



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Como se puede observar en el Gantt de capacitación, las etapas y fases del modelo de gestión para el mantenimiento de la red de distribución, se impartirán a los coordinadores y supervisores de mantenimiento de las subregiones del 05 de noviembre al 04 de diciembre. Del 3 de febrero al 07 de febrero del 2025, se impartirá un taller para el mismo grupo del alcance del modelo, sobre mejora continua desde el TPM (Mantenimiento Productivo Total) alineado al modelo de gestión, con el propósito de trabajar y establecer una cultura de mejora continua. Se impartirán los siguientes temas:

- ✓ Mejoras enfocadas
- ✓ Mantenimiento Autónomo

- ✓ Mantenimiento Planeado
- ✓ Mantenimiento Preventivo
- ✓ Mantenimiento de Calidad
- ✓ TPM administrativo
- ✓ Formación de personal
- ✓ Seguridad y medio ambiente

El objetivo del taller es tropicalizar actividades de los grupos de trabajo alineado al modelo de gestión en una cultura de mejora continua y buenas prácticas.

### 5.2.3 Análisis de Costo Beneficio del Plan Piloto

**Tabla 5.10** Análisis de rentabilidad de las mejoras del plan de acción Limón-Talamanca

**Plan de Mejoras Subregión Limón-Talamanca**  
**Flujo de Efectivo - Millones de Colones**

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7
<b>INGRESOS</b>								
Plan de Acción Mejoras L-T					4,687,500	4,687,500	4,687,500	4,687,500
Otro ingreso		0	0	0	0	0		
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4,687,500</b>	<b>4,687,500</b>	<b>4,687,500</b>	<b>4,687,500</b>
<b>GASTOS</b>								
Operación y Mantenimiento		269,867	14,744,132	14,744,132	0	0	0	0
Gestión Productiva		0	0	0	0	0	0	0
Institucionales		0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL GASTOS</b>		<b>269,867</b>	<b>14,744,132</b>	<b>14,744,132</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>INVERSIONES</b>								
	29,758,130							
<b>FNE</b>		<b>-269,867</b>	<b>-14,744,132</b>	<b>-14,744,132</b>	<b>4,687,500</b>	<b>4,687,500</b>	<b>4,687,500</b>	<b>4,687,500</b>
<b>VAN</b>	<b>4,202,854</b>							
<b>TIR</b>	<b>10%</b>							
<b>Tasa de Descuento</b>	<b>7.56%</b>							
<b>Beneficios Totales</b>	<u>56,250,000</u>	<b>B/C = 1.89 → Las acciones de mejora son rentables</b>						
<b>Costos de inversión</b>	<u>29,758,130</u>							

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Según la figura anterior y los cálculos realizados, al ejecutar las acciones de mejora en 3 meses, desde el mes 4 se inicia con ingresos asociados a la mejora, calculados en 4,687,500 colones por mes, es decir, dejan de ser pérdidas, el Van es de 4,202,854, la TIR de 10% es superior a la tasa de descuento y el costo beneficio de 1.89, lo que implica que las acciones de mejora a las secciones de la subregión Limón-Talamanca son rentables.

Con estas acciones se obtienen otros beneficios como: Evitar el daño a la imagen de la institución, aplicación de multas por parte de ARESEP, energía no facturada, retención y fidelización de clientes.

Finalmente, basado en los resultados estimados y las acciones que se proponen llevar a cabo, se va a disminuir el DPIR de la subregión Limón-Talamanca a más de 10 horas, esto por cuanto según la figura 5.4, una vez aplicada las mejoras en el primer trimestre del 2025, a partir del cuarto mes habrá más ingresos por facturación, por un monto de 4 687 500 colones, lo que indica que se estaría reduciendo el DPIR a 0 en las secciones que fueron críticas. Además, aplicando el modelo de gestión para el mantenimiento en todas las subregiones se espera una reducción total anual del DPIR no menor de 2 horas. Por todo lo indicado y según el modelo desarrollado se logra cumplir con el objetivo general del proyecto.

**CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A continuación, se detallan las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo del presente estudio.

## **Conclusiones**

- Falta de herramientas, materiales, indisponibilidad de maquinaria, vehículos, grúas, la ausencia de un modelo homologado para la gestión del mantenimiento de redes de distribución, fueron los factores identificados que más afectan la gestión del mantenimiento de la región Huetar Caribe.
- Las causas: Desconocidas, falla en material o equipo instalado, así como las suspensiones programadas fueron las causas de mayor efecto e impacto en el DPIR de la región Huetar Caribe.
- Se desarrolló el modelo de gestión para el mantenimiento para redes de distribución para la región Huetar Caribe, como una herramienta de mejora continua.
- Se logró una recuperación de ingresos por pérdidas, producto del DPIR de la subregión de Limón-Talamanca de 4 687 500 colones adicionales por mes.
- Se desarrollaron una serie de herramientas que cambian el enfoque del mantenimiento de los circuitos de distribución como líneas de producción, para priorizar las acciones de mantenimiento en el cómo, cuándo, esto por el impacto a los ingresos producto de las rutinas de mantenimiento.
- Se estableció un Pareto 80/20 de los circuitos de mayor aporte de ingresos por subregión y región.

## **Recomendaciones**

- Aplicar el modelo a nivel nacional, con el enfoque de circuitos de distribución como líneas de producción, para enfocar las acciones de mantenimiento a esos circuitos.
- Aplicar el modelo a todas las subregiones del país para aplicarles la mejora continua, según el análisis efectuado en la región Huetar Caribe
- Gestionar lo necesario para que, en tiempo y forma, la región cuente con el material, herramientas, equipos necesarios para atender las actividades, y este se administre de forma tal que se mantenga en el tiempo la línea base de estos requerimientos

para que no genere distorsiones al proceso de mantenimiento en la región. Similar a construir un plan agregado de producción.

- Tercerizar el servicio de mantenimiento de las grúas, equipo mediano y mayor, para aumentar la disponibilidad de estos equipos neuronales para la atención de las actividades de mantenimiento o, en su defecto, crear una propuesta integral que aumente la disponibilidad de los equipos.
- Asignar recursos humanos para el soporte local directo de las operaciones de la región, que facilite la gestión del proceso de mantenimiento, en las tareas de órdenes de trabajo semanales, registros de SAP, inventarios, entre otros.
- Agilizar el proceso para concretar los grupos de trabajo en caliente que necesita la región para atender el mantenimiento diferenciado de los circuitos expuestos, según los resultados del análisis del modelo.
- Mantener los contratos de los grupos para mantenimiento de trocha y descuaje de la región.

## REFERENCIAS

## Libros

Amendola, L. (2018). *Organización y Gestión del mantenimiento*. Valencia, España: PMM Institute for learning.

Bonilla, Iván (2017). *Planificación del mantenimiento basado en un modelo de riesgo para redes de distribución en el corto y mediano plazo*: Uniandes

Contreras Márquez, J. (2014). *Planificación, programación y costos del mantenimiento*. Buenos Aires, Argentina: Engineers-ASME.

Parra Márquez, C., Crespo Márquez, A. (2015). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos*. Sevilla, España: INGEMAN.

## Proyectos de investigación

Arancibia Ordenes, R.E. (2008). *Plan de Mantenimiento basado en criterios de confiabilidad para una empresa de distribución eléctrica*. [Tesis para optar título de Ingeniero Civil Electricista].  
Universidad de Chile.

Castro Porras, J. (2019) *Optimización del Modelo de Gestión de Mantenimiento para Centrales Hidroeléctricas de la Compañía Nacional de Fuera y Luz S.A.* [Tesis de Licenciatura en Mantenimiento Industrial].  
Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Castaing Duron, J. (2015) *Mejora de la disponibilidad operacional de los equipos de protección de la red de transporte, mediante la implementación de un RCM*. [Tesis de Licenciatura en Mantenimiento Industrial].  
Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Mosquera Ávila, G.A. (2015). *Optimización de proyectos de mantenimiento de redes de distribución eléctrica, basado en el riesgo de la ocurrencia de fallas de sus equipos*. [Tesis de maestría en sistema eléctricos de potencia].  
Universidad de Cuenca.

Mora Mata, F. (2018). *Propuesta de un Modelo de Gestión de Mantenimiento para el Departamento Mantener la Red de la UEN Distribución de la JASEC*. [Proyecto final de graduación, programa de maestría en administración de la ingeniería electromecánica].  
Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Núñez Mora, H. (2018). *Diseño de un Modelo de Gestión de Mantenimiento basado en un Cuadro de Mando Integral (CMI) que alinee los objetivos del área de Dirección de Energía con los de la Compañía Coopesantos R.L.* [Tesis de Licenciatura en Mantenimiento Industrial].  
Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Ordoñez Sanclemente, J.P. (2010). Nieto Alvarado, L.G. (2010). *Mantenimiento de sistemas eléctricos de distribución*. [Tesis para obtener grado de Ingenieros Electricistas].  
Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil.

Varela Otárola, A. (2017). *Propuesta de Modelo de Gestión de Mantenimiento para Industrias MAFAM S.A.* [Tesis de Licenciatura en Mantenimiento Industrial].  
Instituto Tecnológico de Costa Rica.

## Fuentes de Internet

Análisis FODA. (2024). *FODA: Matriz o Análisis FODA – Una herramienta esencial para el estudio de la empresa.* Recuperado de <https://www.analisisfoda.com/>

Aiteco Consultores. (2024). *Multivotación: Instrumento para seleccionar las mejores ideas.* Recuperado de <https://www.aiteco.com/multivotacion-seleccionando-las-mejores-ideas/>

Asana. (2024). *Diagrama de Gantt: qué es y cómo crear uno con ejemplos.* Recuperado de <https://asana.com/es/resources/gantt-chart-basics>

Asesor de Calidad. (2024). *Diagrama de Pareto (80:20): herramienta de control de procesos.* Recuperado de <http://asesordecalidad.blogspot.com/2017/05/diagrama-de-pareto-8020-herramienta-de.html>

Businessmap. (2024). *Los 5 Porqués: La Mejor Herramienta de Análisis de Causa Raíz.* Recuperado de <https://businessmap.io/es/gestion-lean/mejora-continua/los-5-porques-herramienta-de-analisis>

Canva. (2024). *Plantillas para Gantt.* Recuperado de <https://www.canva.com/templates/EAFPYBuXEus-pastel-aesthetic-departments-professional-gantt-graph/>

Consuunt. (2024). *Árbol de Calidad.* Recuperado de <https://www.consuunt.es/arbol-de-calidad/>

Connecting Visions. (2024). *¿Qué es la Voz del Cliente (VOC) y cómo utilizarlo?* Recuperado de <https://connectingvisionsgroup.com/ideas/experiencia-de-cliente/que-es-voz-cliente/>

Emprende A Conciencia. (2024). *5 Porques – herramienta*.

Recuperado de <https://www.empredeaconciencia.com/herramientas/5-porques/>

Forbes Argentina. (2024). *Diagramas de Gantt para directores de proyectos*.

Recuperado de <https://www.forbesargentina.com/liderazgo/seis-herramientas-gratuitas-software-diagrama-gantt-directores-proyectos-n46523>

Global Trust Association. (2019). *El Árbol CTQ (Critical to Quality)*. Recuperado de

<https://globaltrustassociation.org/es/el-arbol-ctq-critical-to-quality/>

Grupo ICE. (2023). *Principios Corporativos del Grupo ICE*. Recuperado de

<https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/quienessomos/quienes-somos/principios-corporativos>

HubSpot. (2024). *Cómo realizar un análisis de costo-beneficio*. Recuperado de

[https://blog.hubspot.es/sales/analisis-costo-beneficio#:~:text=El%20valor%20del%20costo-beneficio,\(VAC\)%20o%20costos%20totales](https://blog.hubspot.es/sales/analisis-costo-beneficio#:~:text=El%20valor%20del%20costo-beneficio,(VAC)%20o%20costos%20totales)

Ingenio Empresa. (2024). *Diagrama de Flujo*.

Recuperado de <https://www.ingenioempresa.com/diagrama-de-flujo/#>

Ingenio Virtual. (2024). *Tipos de gráficos y diagramas para la visualización de datos*.

Recuperado de <https://www.ingeniovirtual.com/tipos-de-graficos-y-diagramas-para-la-visualizacion-de-datos/>

Kanbantool. (2024). *¿Qué es un Diagrama SIPOC (COPIS)?* Recuperado de

<https://kanbantool.com/es/guia-kanban/que-es-un-diagrama-sipoc>

QuestionPro. (2024). *Análisis estadístico: Qué es, usos y cómo realizarlo*. Recuperado

de <https://www.questionpro.com/blog/es/analisis-estadistico/>

SafetyCulture. (2024). *Cómo el método DMAIC puede ayudar a su empresa a mejorar su rendimiento*. Recuperado de <https://safetyculture.com/es/temas/dmaic/>

Soloindustriales. (2020). *Lluvia de ideas o brainstorming*. Recuperado de <https://soloindustriales.com/lluvia-de-ideas-o-brainstorming/>

Universo de Formulas. (2024) *Diagrama de Barras*.  
Recuperado de <https://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/diagrama-barras/>

Wikipedia. (2024). *Análisis FODA*. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis\\_FODA](https://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_FODA)

## **APÉNDICES Y ANEXOS**

**APÉNDICE 1: Ejemplo plantilla aplicada de la Auditoria del Mantenimiento Efectivo.  
MES (Maintenance Effectiveness Survey).**

Maintenance Effectiveness Survey							
Área: Recursos Gerenciales							
Nombre:						Resumen Resultados Totales	
Cargo:						Criterios	
Criterios:						1	0
1= No hay						2	0
2= Deficiente						3	0
3= Regular						4	0
4= Bueno						5	0
5= Excelente						Comentarios	
Factores a evaluar	1	2	3	4	5	Comentarios	
1. ¿Usted siente que el soporte gerencial de mantenimiento es suficiente para alcanzar los requerimientos del mantenimiento por parte de la organización?							
2. ¿La estructura completa del mantenimiento parece ser lógica y favorece al cumplimiento de las actividades de mantenimiento?							
3. ¿La organización ayuda a eliminar las barreras que mantenimiento encuentra en sus actividades y de las cuales no tiene control?							
4. ¿La gerencia estimula a mantenimiento a alcanzar las metas de producción?							
5. ¿La gerencia estimula a producción a que ayude a mantenimiento en la realización de sus actividades?							
6. ¿Se desarrollan equipos de trabajo (mantenimiento y producción), para resolver temas que afectan a ambos departamentos?							
7. ¿La gerencia estimula al personal de mantenimiento (mecánicos, eléctricos...) y a los operadores a que trabajen juntos en la resolución de problemas que afectan la disponibilidad de sus procesos?							
8. ¿El personal de mantenimiento (PPC + contratistas) posee las habilidades necesarias para realizar sus trabajos?							
9. ¿Los trabajadores (PPC + contratistas) en general han recibido el adiestramiento adecuado en su áreas de trabajo?							
10. ¿La gerencia involucra al personal de mantenimiento en la definición de sus objetivos y metas a cumplir?							
11. ¿La gerencia revisa y le hace seguimiento a los objetivos de la planta en reuniones de trabajo con el personal de mantenimiento y operaciones?							
12. ¿Los objetivos del mantenimiento están alineados con la visión y misión del negocio?							
<b>Puntuación total por criterio</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		
<b>Puntuación total</b>	<b>0</b>						

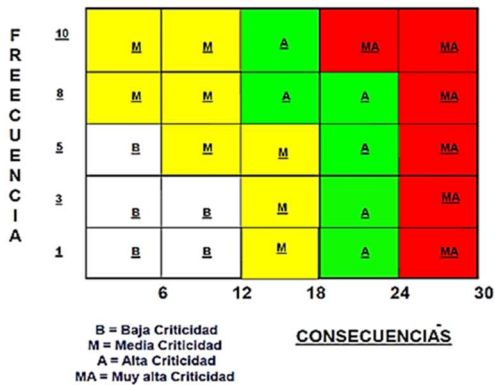
## APÉNDICE 2: Matriz Cualitativa de Riesgo aplicada

### MATRIZ DE CRITICIDAD PARA CIRCUITOS DE DISTRIBUCION MODELO RPN (Number Point Risk)

#### SELECCIÓN DE HERRAMIENTA PARA EL MANTENIMIENTO EN SECCIONES CRITICAS SUBREGION LIMON - TALAMANCA

FF = Nivel de frecuencia de fallas  
DF = Nivel de detección de fallas  
SF = Nivel de severidad de fallas  
CF = Nivel de costos de costos de fallas

CIRCUITO	SECCION TRAMO CRITICO	FALLAS					RISK PRIORITY NUMBER (RPN)	NIVEL DE CRITICIDAD	MANTENIMIENTO A APLICAR A SECCION		
		FRECUENCIA (FF)	NIVEL DE DETECCION (DF)	NIVEL DE SEVERIDAD (SF)	COSTO (CF)	CONSECUENCIA			TIPO	CLASIFICACION	HERRAMIENTA
Muelle Alemán	Cieneguita	8	8	7	6	21	168	ALTA	PREVENTIVO	Basado en condición (Predictivo)	FMECA, RCM
Muelle Alemán	Limón Centro	8	8	7	8	23	184	MEDIA	PREVENTIVO	Predeterminado (Planificado/cíclico)	INSPECCIÓN VOSO, GESTION AUTONOMA, (MTB) MANTENIMIENTO BASADO EN EL TIEMPO
Limón	Pueblo Nuevo	8	8	7	6	21	168	ALTA	PREVENTIVO	Basado en condición (Predictivo)	FMECA, RCM
Limón	Corales Santa Eduvigis	10	8	7	6	21	210	MUY ALTA	PREVENTIVO	Mejorativo	MBC (MANTENIMIENTO DE CONFIABILIDAD)
Bribri	Sub- FSC Patiño	10	8	7	8	23	230	MUY ALTA	PREVENTIVO	Mejorativo	MBC (MANTENIMIENTO DE CONFIABILIDAD)
Bribri	F4C-V Estre-Atala	10	8	7	6	21	210	MUY ALTA	PREVENTIVO	Mejorativo	MBC (MANTENIMIENTO DE CONFIABILIDAD)
Bribri	OFJCE - Progr+ves	10	8	7	6	21	210	MUY ALTA	PREVENTIVO	Mejorativo	MBC (MANTENIMIENTO DE CONFIABILIDAD)
Bribri	FSC Patiño-Bribri	10	8	7	8	23	230	MUY ALTA	PREVENTIVO	Mejorativo	MBC (MANTENIMIENTO DE CONFIABILIDAD)
Bribri	NUL Coleg - Bambu	8	8	7	6	21	168	ALTA	PREVENTIVO	Basado en condición (Predictivo)	FMECA, RCM
Bribri	NUL Coleg - Shiroles	8	8	7	6	21	168	ALTA	PREVENTIVO	Basado en condición (Predictivo)	FMECA, RCM
Costanera	Puerto Viejo Cocles	10	8	7	8	23	230	MUY ALTA	PREVENTIVO	Mejorativo	MBC (MANTENIMIENTO DE CONFIABILIDAD)
Costanera	Paraíso Sixaola	10	8	7	8	23	230	MUY ALTA	PREVENTIVO	Mejorativo	MBC (MANTENIMIENTO DE CONFIABILIDAD)



TIPO	MANTENIMIENTO		NIVEL DE CRITICIDAD
	CLASIFICACION	HERRAMIENTAS	
Preventivo	Predeterminado (Planificado/Cíclico)	Inspección VOSO, Gestión Autónoma, MTB Mantenimiento basado en el tiempo)	MEDIO
Preventivo	Basado en condición (Predictivo)	FMECA, RCM	ALTA
Preventivo	Basado en condición (Activo)	FMECA, RCM.	ALTA
Correctivo	Inmediato	Gestión Autónoma, Mantenimiento detectivo o búsqueda de fallas, Insp. VOSO	BAJA
Correctivo	Diferido	ACR, Inspec. VOSO	BAJA
Mejorativo	Mejorativo	MBC (Manto, Confiabilidad)	MUY ALTA

#### FACTOR FF: NIVEL DE FRECUENCIA DE FALLAS

FF	NIVEL DE FRECUENCIA DE OCURRENCIA FALLOS	DEFINICION DEL NIVEL DE FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE FALLOS
10	Muy alta: Fallo que es casi inevitable	Una ocurrencia por mes
8	Alta: Continuamente	Una ocurrencia cada 6 meses
5	Moderada: Ocasionalmente	Una ocurrencia cada 12 meses
3	Baja: Fallo ocurre muy poco	Una ocurrencia entre 1 y 3 años
1	Remota: No es probable que ocurra el fallo	Una ocurrencia en más de 3 años

#### FACTOR CF: NIVEL DE COSTOS DE FALLAS

CF	NIVEL DE COSTES DE FALLOS	DEFINICION DEL NIVEL DE FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE FALLOS
10	Muy altos	Fallos que provocan altos costes por aspectos de seguridad y ambiente (indemnizaciones)
8	Altos	Fallos que provocan altos costes por pérdida total del circuito
6	Por arriba del promedio	Fallos que generan costes importantes por reparaciones correctivas
3	Bajos	Fallos que generan costes normales de operación y/o reparación
1	Muy bajos	Fallos que generan costes insignificantes - no afectan el circuito

# APÉNDICE 3: Herramienta Valoración de Riesgos utilizada.

## IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Fuentes de Riesgo	Riesgo	Áreas de Impacto						
		Alcance	Costo	Tiempo	Calidad	Seguridad Ocupacional	Sostenibilidad Ambiental	Facilidad Económica
Aplicación de MGM RDE	Información insuficiente	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
	Tiempo excesivo para recopilar la información	Medio	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio
	Complejidad de la LDE	Medio	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio
	Proceso de cálculo lento	Medio	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio
Financieros	Negativa de inversión por parte de ND&C	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
	Limitación de materiales	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
	Alternativa de solución no rentable	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
	Pérdida de ingresos que limite la gestión del mantenimiento	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Operativos	Accidentes de personal o daños ambientales asociados a los trabajos en la RDE	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
	Capacidad del personal	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
	Fallas en la planificación de los trabajos	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
	Limitación en cantidad de recurso humano, equipo, vehículos, herramientas	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
	Problemas de calidad de materiales	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Legales	Incapacidad física del Gerente del Proyecto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
	Incumplimiento con los requisitos de ARESEP para realizar el trabajo	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
	Incumplimiento con los requisitos de MINAE para realizar el trabajo	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
	Incumplimiento con los requisitos de ICE para realizar el trabajo	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
	Incumplimiento con los requisitos de ley para realizar el trabajo	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Ejecución	Problemas con clientes por comunicación para atender trabajos vía interrupciones programadas	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
	Atrasos en la llegada de los materiales	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
	Atrasos por problemas de grúas, camiones, herramientas	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
	Problemas en inspección de campo, aplicación de herramientas de Manto para evaluar	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
	Salida de alguno de los miembros clave del equipo de trabajo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
	Accidentes al personal debido a los trabajos por realizar en la RDE	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
	Tiempo insuficiente para los trabajos por realizar	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio

Fuentes de riesgo y áreas de impacto deberían adaptarse para la organización o actividad particular

Clasificación	
Leve	Medio
Medio	Alto
Alto	Alto

## VALORACIÓN DEL RIESGO

Riesgo	Impacto	Probabilidad	Resultado
Información insuficiente	Mayor	Posible	E
Tiempo excesivo para recopilar la información	Moderado	Posible	H
Complejidad de la RDE	Moderado	Posible	H
Proceso de cálculo lento	Mayor	Probable	E
Negativa de inversión por parte de DD&C	Catastrófico	Improbable	E
Limitación de materiales	Moderado	Probable	H
Alternativa de solución no rentable	Moderado	Improbable	M
Accidentes de personal o daños ambientales asociados a los trabajos en la RDE	Mayor	Probable	E
Capacidad del personal	Mayor	Raro	H
Fallas en la planificación de los trabajos	Mayor	Probable	E
Limitación en cantidad de recurso humano, equipo, vehículos, herramientas	Mayor	Posible	E
Problemas de calidad de materiales	Menor	Posible	M
Incapacidad física del Gerente del Proyecto	Menor	Posible	M
Incumplimiento con los requisitos de ARESEP para realizar el trabajo	Moderado	Raro	M
Incumplimiento con los requisitos de MINAE para realizar el trabajo	Moderado	Raro	M
Incumplimiento con los requisitos de ICE para realizar el trabajo	Moderado	Raro	M
Incumplimiento con los requisitos de ley para realizar el trabajo	Moderado	Raro	M
Problemas con clientes por comunicación para atender trabajos vía interrupciones programadas	Mayor	Posible	E
Atrasos en la llegada de los materiales	Mayor	Posible	E
Atrasos por problemas de grúas, camiones, herramientas	Mayor	Posible	E
Problemas en inspección de campo para evaluar condición de red de distribución eléctrica (RDE)	Mayor	Raro	H
Salida de alguno de los miembros clave del equipo de trabajo	Menor	Posible	M
Accidentes al personal debido a los trabajos por realizar en la RDE	Moderado	Raro	M
Tiempo insuficiente para los trabajos por realizar	Moderado	Improbable	M

## IMPACTO

### MEDIDAS CUALITATIVAS DE CONSECUENCIA O IMPACTO

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA POR VARIABLE

Nivel	Descriptor	Incumplimiento Objetivo	Incremento Presupuesto	Aumento del Tiempo
1	Insignificante	Menor o igual al 5%	Menor al 10%	Insignificante variación
2	Menor	De 5% al 10%	de 11% a 15%	Menor al 5%
3	Moderado	Del 11% al 15%	de 16% a 20%	Del 5% al 10%
4	Mayor	Del 16% al 20%	de 21 a 25%	Del 11 al 20%
5	Catastrófico	Mayor al 20%	Mayor a 25%	Mayor al 20%

Las medidas utilizadas deberían reflejar las necesidades y naturaleza de la organización y actividad bajo estudio

## PROBABILIDAD

### MEDIDAS CUALITATIVAS DE PROBABILIDAD

Nivel	Descriptor	Descripción detallada en función del evento	Tiempo recurrencia
A	Casi certeza	Podría ocurrir en la mayoría de las veces	Mensual
B	Probable	Podría ocurrir con cierta periodicidad	Una vez por trimestre
C	Posible	Podría ocurrir en algún momento	Una vez por semestre
D	Improbable	Podría ocurrir en forma recurrente	Una vez al año
E	Raro	Podría ocurrir excepcionalmente	Periodos mayores al año

Estas tablas necesitan ser adaptadas a las necesidades de una organización en particular

## MATRIZ ANALISIS RIESGO CUALITATIVO

Probabilidad	CONSECUENCIAS				
	Insignificantes 1	Menores 2	Moderadas 3	Mayores 4	Castróficas 5
A (casi certeza)	H	H	E	E	E
B (probable)	M	H	H	E	E
C (moderado)	L	M	H	E	E
D (improbable)	L	L	M	H	E
E (raro)	L	L	M	H	H

La cantidad de categorías deberían reflejar las necesidades del estudio

#### Legenda

**E:** riesgo extremo, requiere acción inmediata. Se determinará la opción de respuesta al riesgo que conviene aplicar preferiblemente de traslado del Riesgo. Se solicitará el aval del Director del Proyecto (Gestor de Mantenimiento Regional) para la propuesta de respuesta al riesgo elaborada, comunicará a las dependencias las acciones de respuestas al riesgo que deben implementar

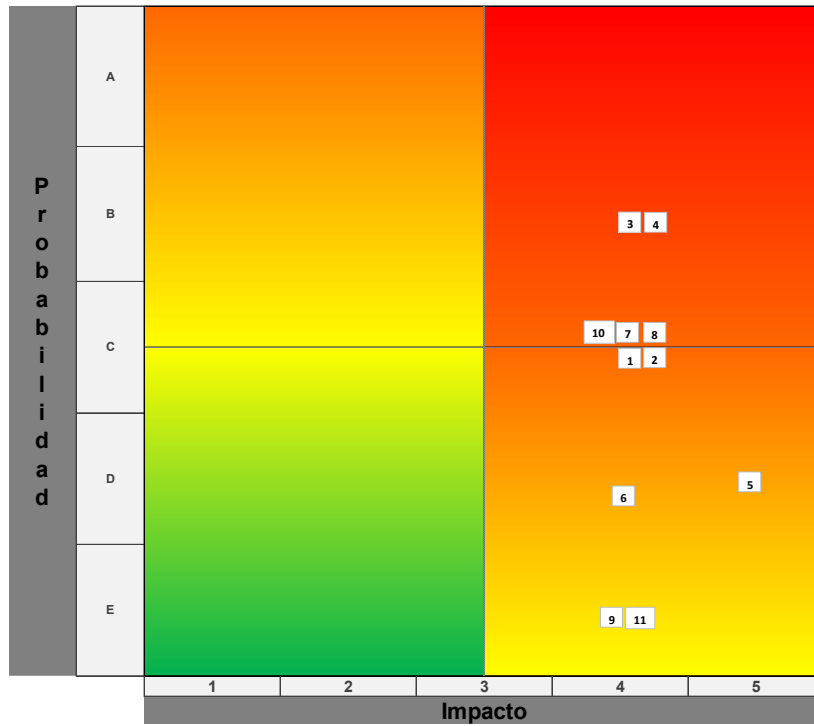
**H:** riesgo alto, se determinará la opción de respuesta al riesgo que conviene aplicar y completará la plantilla de acciones correspondientes, solicitará el aval del Gerente del Proyecto para la propuesta de respuesta al riesgo elaborada, comunicará a las dependencias las acciones de respuestas al riesgo que deben implementar

**M:** riesgo moderado, se consideran dentro del nivel de riesgo moderado. Se determinará la opción de respuesta al riesgo que conviene aplicar y completará la plantilla de acciones correspondientes, solicitará el aval del Gerente del Proyecto para la propuesta de respuesta al riesgo elaborada, comunicará a las dependencias las acciones de respuestas al riesgo que deben implementar.

**L:** riesgo bajo, se consideran dentro del nivel de riesgo aceptable. Se mantendrá una labor de monitoreo de los eventos identificados que sirva para alertar variaciones que puedan modificar las valoraciones que fueron establecidas y determinarán la opción de respuesta que es conveniente aplicar.

#	Resultado	Riesgo Detectado	Posibles Acciones por tomar	Plan de Acción	Responsable (s)
1	E	Problemas con clientes por comunicación para atender trabajos vía interrupciones programadas. I4-PC	<p><b>PLAN A-Evitarlo:</b> Aplicar el procedimiento para información a clientes sobre interrupciones programadas.</p> <p><b>PLAN B- Asumirlo:</b> Incluir dentro del planeamiento el ítem de acciones para informar a los clientes (Gestión Autónoma)</p>	Aplicar gestión autónoma para evitar inconvenientes con clientes	<p>Ing. Tatiana Aragón Ramírez (Gerente de Proyecto) Jeffrey Alvarado Salas (Patrocinador/Dirección Regional)</p> <p>Pedro Bolívar Quiel (Mantenimiento) -Jeinner Estrada Mora, Mauricio Guzman Jiménez, Erick Pereira Quesada (Supervisores de Mantenimiento)- Alfredo González Cascante (staff administrativo)</p>
2	E	Limitaciones y atrasos en cantidad de recurso humano, equipo, vehículos, herramientas. I4-PC	<p><b>PLAN A-Evitarlo:</b> Incluir en la programación del trabajo la revisión previa de vehículos, equipo y herramientas. En cuanto al recurso humano dejar en la programación de los trabajos holgura para de ser necesario dar apoyo.</p> <p><b>PLAN B- Asumirlo:</b> Tomar siempre en cuenta que se va a tener presente este riesgo para tener plan de contingencia.</p>	Gestionar y prever con anticipación la condición y calidad de los recursos necesarios para atender el programa de trabajo	<p>Pedro Bolívar Quiel (Mantenimiento) -Jeinner Estrada Mora, Mauricio Guzman Jiménez, Erick Pereira Quesada (Supervisores de Mantenimiento)- Alfredo González Cascante (staff administrativo)</p> <p>Pedro Bolívar Quiel (Mantenimiento) -Jeinner Estrada Mora, Mauricio Guzman Jiménez, Erick Pereira Quesada (Supervisores de Mantenimiento)- Alfredo González Cascante (staff administrativo)</p>
3	E	Proceso de cálculo lento. I4-PB	<p><b>PLAN A-Evitarlo:</b> programar todos los cálculos previamente y no esperarse a tener las hojas de cálculo hasta tener los datos reales del sistema.</p> <p><b>PLAN B-Asumirlo:</b> Capacitar a más personal en la metodología de cálculo para agilizar el proceso.</p>	Preparar al Staff Técnico y al Grupo de Operación de Redes en el proceso de cálculo. Una vez que se cuente con las tablas dinámicas y cálculos probabilísticos programados en el modelo.	Ing. Tatiana Aragón Ramírez (Gerente del Proyecto)
4	E	Accidentes de personal o daños ambientales asociados a los trabajos en la RDE I4-PB	<p><b>PLAN A-Evitarlo:</b> Aplicar los protocolos de seguridad y ambiente oficializados</p> <p><b>PLAN B-Asumirlo:</b> Incluir como requisito no negociable el análisis de riesgos en campo para detectar problemas potenciales de seguridad y ambiente</p>	Establecer en la lista de verificación de calidad, las variables de seguridad y ambiente para incorporar en planeamiento y ejecución de los trabajos en campo	<p>Ing. Tatiana Aragón Ramírez (Gerente del Proyecto) Pedro Bolívar Quiel (Coordinador de Subregión)</p> <p>Jeinner Estrada Mora, Mauricio Guzman Jiménez, Erick Pereira Quesada (Supervisores de Mantenimiento)</p>
5	E	Negativa de inversión por parte de DD&C. I5-PD	<p><b>PLAN A-Evitarlo:</b> Ser prudente con las necesidades expuestas y demostrando la factibilidad financiera de la inversión.</p> <p><b>PLAN B-Asumirlo:</b> Preparar varios escenarios de inversión que se ajusten no solo a las necesidades del sistema sino que también a la disposición de DD&amp;C</p>	Enviar varios niveles de mejora indicando siempre la alternativa más óptima para la RDE analizada.	Ing. Allen Gonzalez (Patrocinador del Proyecto)
6	E	Fallas en la planificación de los trabajos. I4-PD	<p><b>Plan A- Evitarlo:</b> Reunión con personal responsable para identificar debilidades que se puedan dar en la planificación de los trabajos, enfocado en los objetivos del estudio y recomendaciones</p> <p><b>Plan B- Asumirlo:</b> Realizar la inspección de campo y planificación de los trabajos de forma integral.</p>	Analizar la capacidad técnica y de supervisión del responsable a ejecutar la tarea. Revisión por parte del coordinador(a) de Mantenimiento y aprobación del planeamiento.	<p>Gerente de proyecto (Ing.Tatiana A.R. y coordinador de Mantenimiento (Pedro Bolívar Quiel)</p> <p>Pedro Bolívar Quiel (Mantenimiento) -Jeinner Estrada Mora, Mauricio Guzman Jiménez, Erick Pereira Quesada (Supervisores de Mantenimiento)- Alfredo González Cascante (staff administrativo)</p>
7	E	Limitación y Atrasos en la llegada de los materiales. I4-PC	<p><b>Plan A- Evitarlo:</b> Definir claramente las lista completa de materiales necesarios para realizar el proyecto. Informar a los almacenes previamente del traslado de materiales al almacén más cercano previendo la fecha límite para la entrega de los materiales.</p> <p><b>Plan B- Asumirlo:</b> Definir en el cronograma un margen de imprevistos que incluya posibles atrasos en la llegada de materiales</p>	Incluir en cronograma 3 días más en la entrega de los materiales para evitar atrasos, así como verificar en almacenes la disponibilidad de materiales y gestionar el MIGO en SAP.	Isaac Mendez (Staff administrativo de materiales). Pedro Bolívar Quiel (Coordinador Mantenimiento)
8	E	Información insuficiente. I4-PC	<p><b>Plan A-Evitarlo:</b> Conocer los valores promedio de otras regiones del país con condiciones similares de topología de red.</p> <p><b>PLAN B- Asumirlo:</b> Generar información con base a la experiencia de los supervisores de mantenimiento y operación basado en reportes históricos de tiempos de interrupciones.</p>	Gestionar datos completos para los meses presentes que permitan conocer los promedios de tiempos de interrupciones en los tramos analizados.	<p>Jorge Navarro(Staff, supervisor de operación)</p> <p>Alfredo González Cascante (Staff Administrativo)</p>
9	H	Problemas en inspección de campo para evaluar condición de red de distribución eléctrica (RDE) I4-PE	<p><b>PLAN A-Evitarlo:</b> Aplicar la herramienta adecuada para inspección de campo. Ej. VOSO</p> <p><b>PLAN B- Asumirlo:</b> De oficio aplicar VOSO o instrumento de campo que considere todas las variables que se requiera según objetivos para atender recomendaciones</p>	Establecer gestión de Calidad para inspección de campo	<p>Pedro Bolívar Quiel (Mantenimiento) -Jeinner Estrada Mora, Mauricio Guzman Jiménez, Erick Pereira Quesada (Supervisores de Mantenimiento)- Alfredo González Cascante (staff administrativo)</p> <p>Jeinner Estrada Mora, Mauricio Guzman Jiménez, Erick Pereira Quesada (Supervisores de Mantenimiento)</p>
10	H	Complejidad de la RDE y Tiempo excesivo para recopilar la información. I4-PC	<p><b>PLAN A-Evitarlo:</b> Analizar a nivel más general el sistema en lugar de ir a tramos de RDE muy pequeños. Enfoque integral de secciones</p> <p><b>PLAN B-Asumirlo:</b> Incluir más personal técnico en la tarea de elaboración y actualización de la LDE y del DU.</p>	Incluir un técnico más en labores de levantamiento de RDE	<p>Ing. Tatiana Aragón Ramírez (Gerente del Proyecto).</p> <p>Ing. Christian Arias Vega (Operación) Supervisor. Victor Cerdas Picado</p>
11	H	Capacidad del personal I4-PE	<p><b>PLAN A-Prever</b> en la planificación del trabajo, los conocimientos necesarios y experiencia para ejecutarlos</p> <p><b>PLAN B- Asumirlo:</b> Programa de rotación de personal de cuadrillas para desarrollar experiencia en diferentes tareas técnicas</p>	Programa de actualización técnica	<p>Pedro Bolívar Quiel (Mantenimiento) -Jeinner Estrada Mora, Mauricio Guzman Jiménez, Erick Pereira Quesada (Supervisores de Mantenimiento)</p> <p>Pedro Bolívar Quiel (Mantenimiento) -Jeinner Estrada Mora, Mauricio Guzman Jiménez, Erick Pereira Quesada (Supervisores de Mantenimiento)</p>

## MAPA DE CALOR



No.	RIESGOS IDENTIFICADOS
1	Problemas con clientes por comunicación para atender trabajos vía interrupciones programadas. I4-PC
2	Limitaciones y atrasos en cantidad de recurso humano, equipo, vehículos, herramientas. I4-PC
3	Proceso de cálculo lento. I4-PB
4	Accidentes de personal o daños ambientales asociados a los trabajos en la RDE I4-PB
5	Negativa de inversión por parte de DD&C. I5-PD
6	Fallas en la planificación de los trabajos. I4-PD
7	Limitación y Atrasos en la llegada de los materiales. I4-PC
8	Información insuficiente. I4-PC
9	Problemas en inspección de campo para evaluar condición de red de distribución eléctrica (RDE) I4-PE
10	Complejidad de la RDE y Tiempo excesivo para recopilar la información. I4-PC
11	Capacidad del personal I4-PE

## APÉNDICE 4: Gantt de Implementación del plan piloto con base en el Modelo de Gestión para Mantenimiento de Redes de Distribución

### Gestión del Mantenimiento Plan Piloto Subregión Talamanca

Nombre de la compañía  
Responsable del proyecto

ICE. DD&C - Región Huetar Caribe  
Jeffrey Alvarado Salas

Inicio del proyecto:

mar, 11/5/2024

Semana para mostrar:

2

TAREA	ASIGNADO A	PROGRESO	INICIO	FIN
<b>Capacitación para la aplicación del Modelo de Mantenimiento con base en DMAIC</b>		0%	5-11-24	4-12-24
Aplicación Modelo de Mantenimiento DMAIC Fase 1 Definir	Jeffrey Alvarado Salas	0%	5-11-24	6-11-24
Aplicación Modelo de Mantenimiento DMAIC Fase 2 Medir	Jeffrey Alvarado Salas	0%	12-11-24	13-11-24
Aplicación Modelo de Mantenimiento DMAIC Fase 3 Analizar	Jeffrey Alvarado Salas	0%	19-11-24	20-11-24
Aplicación Modelo de Mantenimiento DMAIC Fase 4 Mejorar	Jeffrey Alvarado Salas	0%	26-11-24	27-11-24
Aplicación Modelo de Mantenimiento DMAIC Fase 5 Controlar	Jeffrey Alvarado Salas	0%	3-12-24	4-12-24
<b>Desarrollo y aplicación del Modelo de Gestión del Mantenimiento basado en DMAIC (Taller)</b>		0%	3-12-24	6-12-24
Aplicación de las fases del Modelo de Mantenimiento (Desarrollo en oficina)	Jeffrey A.S. / Tatiana A.R. / Coordinadores y supervisores de subregiones	0%	3-12-24	6-12-24
<b>Aplicación de acciones de mejoras en campo, producto del resultados del modelo</b>		0%	6-1-25	30-11-25
Subregión Limón Talamanca	Pedro Bolivar Q	0%	6-1-25	30-11-25
Subregión Siquirres	Christian Segura Ulate	0%	6-1-25	30-11-25
Subregión Guápiles	Joaquín Montenegro Guillén	0%	6-1-25	30-11-25
Subregión Turrialba - Cóncevas	Carlos Espinoza Valverde	0%	6-1-25	30-11-25

# APÉNDICE 5: Gantt de capacitación del Modelo de Gestión para Mantenimiento de Redes de Distribución

## Gestión del Mantenimiento Region Huetar Caribe

### Cronograma de Capacitación del Modelo de Gestión par el Mantenimiento en Redes de Distribución

Nombre de la compañía  
Responsable del proyecto

ICE. DD&C - Región Huetar Caribe  
Jeffrey Alvarado Salas

Inicio del proyecto:

mar, 11/5/2024

Semana para mostrar:

1

TAREA	ASIGNADO A	PROGRESO	INICIO	FIN
<b>Capacitación para la aplicación del Modelo de Mantenimiento con base en DMAIC</b>		0%	5-11-24	4-12-24
Aplicación Modelo de Mantenimiento DMAIC Fase 1 Definir	Jeffrey Alvarado Salas	0%	5-11-24	6-11-24
Aplicación Modelo de Mantenimiento DMAIC Fase 2 Medir	Jeffrey Alvarado Salas	0%	12-11-24	13-11-24
Aplicación Modelo de Mantenimiento DMAIC Fase 3 Analizar	Jeffrey Alvarado Salas	0%	19-11-24	20-11-24
Aplicación Modelo de Mantenimiento DMAIC Fase 4 Mejorar	Jeffrey Alvarado Salas	0%	26-11-24	27-11-24
Aplicación Modelo de Mantenimiento DMAIC Fase 5 Controlar	Jeffrey Alvarado Salas	0%	3-12-24	4-12-24
<b>Capacitación en Mejora Continua (TPM) alineado al Modelo de Mantenimiento con base en el DMA</b>	Jeffrey A.S. con Equipo de Mejora	0%	3-2-25	3-2-25
Taller Mejoras enfocadas	Jeffrey A.S. con Equipo de Mejora	0%	3-2-25	3-2-25
Taller Mantenimiento Autónomo	Jeffrey A.S. con Equipo de Mejora	0%	4-2-25	4-2-25
Taller Mantenimiento Planeado	Jeffrey A.S. con Equipo de Mejora	0%	5-2-25	5-2-25
Taller Mantenimiento Preventivo	Jeffrey A.S. con Equipo de Mejora	0%	6-2-25	6-2-25
Taller Mantenimientos de Calidad	Jeffrey A.S. con Equipo de Mejora	0%	6-2-25	7-2-25
Taller TPM administrativo	Jeffrey A.S. con Equipo de Mejora	0%	7-2-25	7-2-25
Taller Formación del personal	Jeffrey A.S. con Equipo de Mejora	0%	7-2-25	7-2-25
Taller de Seguridad y medio ambiente	Jeffrey A.S. con Equipo de Mejora	0%	7-2-25	7-2-25
Subregión Limón Talamanca	Pedro Bolivar Q	0%	6-1-25	30-11-25
Subregión Siquirres	Christian Segura Ulate	0%	6-1-25	30-11-25
Subregión Guápiles	Joaquin Montenegro Guillén	0%	6-1-25	30-11-25
Subregión Turrialba - Cóncavas	Carlos Espinoza Valverde	0%	6-1-25	30-11-25

## **ANEXO 1: Supervisión de a calidad del suministro eléctrico en baja y media tensión (AR-NT-SUCAL)**

### **CAPÍTULO I GENERALIDADES**

**Artículo 1.** Campo de aplicación Esta norma establece: a. Las características físicas principales de la tensión eléctrica con que debe suministrarse la energía eléctrica, en el punto de entrega a los abonados o usuarios, desde una red de distribución a baja y media tensión, en condiciones normales de explotación, incluyendo los límites de las variaciones de tensión de corta duración tolerables. b. Los límites de las distorsiones en la tensión introducidas por los equipos propiedad de los abonados o usuarios en las redes de distribución a baja y media tensión. c. Las condiciones bajo las cuales se evaluará la calidad en la continuidad del suministro eléctrico en la etapa de distribución del negocio eléctrico tanto en baja como en media tensión, en relación con la duración y frecuencia de las interrupciones.

**Artículo 2.** Obligatoriedad y responsabilidad El cumplimiento de las condiciones de calidad del suministro eléctrico establecidas en esta norma, es obligatorio para todas las empresas de distribución, que se encuentren establecidas en el país o que se llegasen a establecer, de conformidad con las leyes correspondientes. Las empresas distribuidoras no serán responsables de los daños que se susciten por el suministro eléctrico fuera de las condiciones establecidas en esta norma, cuando las mismas se originen por:

- a. La acción directa de eventos de fuerza mayor, caso fortuito y exoneración de responsabilidades previstas en la legislación vigente.
- b. El incumplimiento de la instalación eléctrica del abonado o usuario con las disposiciones del Código Eléctrico de Costa Rica para la seguridad de la vida y la propiedad o disposiciones aplicables emitidas por la Autoridad Reguladora.
- c. El uso de equipos con requerimientos de energía, tensión y frecuencia con características diferentes a las establecidas en la presente norma.
- d. Condiciones especiales que deberán ser notificadas e informadas preliminarmente ante la ARESEP en un plazo no mayor de 8 días naturales a partir de la condición

especial. Las características técnicas del suministro eléctrico aquí definidas pueden ser reemplazadas parcial o totalmente por los términos de un contrato entre un abonado o usuario y la empresa distribuidora, siempre y cuando no se afecten las condiciones de suministro de terceros y se cuente con la autorización de la Autoridad Reguladora.

Este artículo fue modificado mediante resolución RJD-205-2015 de las 15:05 horas del 21 de setiembre de 2015, publicada en el Alcance N° 75 a La Gaceta N° 189 del 29/09/2015.

## ANEXO 2: AR-NT-SUCAL. Capítulo X. Duración promedio de interrupciones de la red. (DPIR)

### CAPÍTULO X

#### ÍNDICES DE LA CONTINUIDAD DEL SUMINISTRO

##### Artículo 46. Duración promedio de interrupciones de la red

El índice muestra la duración promedio de las interrupciones percibidas por un abonado y se define como:

$$D.P.I.R. = \left( \sum_{i=1}^n A_i * T_i \right) / A_t$$

En donde:

- A<sub>i</sub> = Número de abonados o usuarios afectados por la interrupción i, de nivel I, II, III y IV.
- T<sub>i</sub> = Tiempo en horas de la interrupción i.
- A<sub>t</sub> = Número total de abonados del sistema eléctrico, subestación, circuito o alimentador, etc.
- n = Número de interrupciones en el semestre de estudio.

