

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PROGRAMACIÓN DE TRABAJOS DE CUADRILLAS DE MANTENIMIENTO EN REDES ELÉCTRICAS: APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS ADMINISTRATIVAS Y DIGITALES EN LUZ DEL SUR S.A.A.

Trabajo de suficiencia profesional para optar al título profesional
de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Jose Victor Hugo Ludeña

Raul Manuel Ames Vasquez

Asesor:

Mg. Ing. Miguel Angel Oruna Rodríguez

<https://orcid.org/0000-0002-7355-2389>

Lima- Perú

2025

Informe de Similitud

JOSE VICTOR HUGO LUDEÑA

TSP Hugo-Ames.docx

- TSP
- Taller 21B
- Universidad Privada del Norte

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3449276677

Fecha de entrega

20 dic 2025, 11:08 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

20 dic 2025, 11:16 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

TSP_Hugo-Ames.docx

Tamaño del archivo

32.6 MB

185 páginas

31.873 palabras

186.937 caracteres



Página 2 de 193 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid:::1:3449276677

5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 4% Fuentes de Internet
- 0% Publicaciones
- 3% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

- Texto oculto**
658 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Dedicatoria

A Dios, por guiarnos y fortalecer nuestra fe en cada etapa de este camino académico y profesional.

A nuestras esposas e hijos, quienes con su comprensión, paciencia y amor incondicional han sido nuestra principal fuente de motivación y apoyo constante.

A nuestros padres, por los valores inculcados, el esfuerzo diario y el respaldo permanente que nos permitió alcanzar este objetivo.

Este logro no es únicamente nuestro, sino de todos quienes, con su compañía y aliento, hicieron posible la culminación de esta meta.

Agradecimiento

A nuestros padres, por su amor incondicional, por acompañarnos en cada etapa de nuestra vida y por brindarnos apoyo constante tanto en los momentos favorables como en las dificultades, transmitiéndonos valores y enseñanzas que han sido fundamentales en nuestra formación personal y profesional.

A nuestras esposas, por ser nuestro principal soporte, por su paciencia, comprensión y confianza permanente, así como por motivarnos día a día a superarnos y alcanzar nuestras metas.

A nuestros hijos, por ser nuestra mayor inspiración para crecer como personas y profesionales, y por representar una fuente inagotable de energía, esperanza y felicidad que nos impulsa a seguir adelante con compromiso y perseverancia.

Tabla de contenido

Índice de Tablas	6
Índice de Figuras	7
Índice de Ecuaciones	9
Resumen Ejecutivo.....	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	38
CAPÍTULO III. DESCRIPCION DE LA EXPERIENCIA	77
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	147
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	164
REFERENCIAS	168
ANEXOS.....	170

Índice de Tablas

Tabla 1 Información general de Luz del Sur S.A.A.	13
Tabla 2 Principales Clientes Atendidos en Zonas Eléctricas por Cuadrillas de Mantenimiento.....	26
Tabla 3 Fases usadas para la aplicación de la propuesta	80
Tabla 4 Principales causas de ineficiencia antes de la implementación	81
Tabla 5 Indicadores de la programación antes de la implementación	83
Tabla 6 Principales causas de ineficiencia operacional.....	84
Tabla 7 Situación actual de la programación de cuadrillas antes de la mejora	84
Tabla 8 Cantidad de trabajos no ejecutados.....	86
Tabla 9 Resultados de Check-list	100
Tabla 10 Resultados del análisis inicial con enfoque VSM.....	101
Tabla 11 Escala de severidad para riesgos en la programación de cuadrillas.....	110
Tabla 12 Escala de probabilidad	110
Tabla 13 Criterios de determinación de severidad y probabilidad.....	111
Tabla 14 Nivel de riesgo según valor	111
Tabla 15 Matriz de gestión de riesgos del proceso de programación de cuadrillas	111
Tabla 16 Detalle del presupuesto estimado para la mejora en programación de cuadrillas	118
Tabla 17 Indicadores de desempeño del proceso de programación antes y después de la mejora.....	120
Tabla 18 Desarrollo del ciclo PDCA	121
Tabla 19 Actividades implementadas en la programación de cuadrillas	123
Tabla 20 Programa de capacitación del personal de programación	124
Tabla 21 Clasificación de tipos de trabajo para la programación	124
Tabla 22 Gestión de asignación de cuadrillas y uso de recursos	127
Tabla 23 Implementación del plan de respaldo de información	128
Tabla 24 Clasificación de tipos de trabajo para programación de cuadrillas	135
Tabla 25 Resultados globales del proceso de programación antes y después de la mejora	135
Tabla 26 Programa de capacitación del proceso de programación de cuadrillas.	138
Tabla 27 Actividades realizadas en la fase de implementación	139
Tabla 28 Comparación de resultados en la programación diaria de cuadrillas	139
Tabla 29 Comparación de resultados en la coordinación de recursos.....	141
Tabla 30 Comparación de resultados en el control y cierre de órdenes	141
Tabla 31 Costos de Inversión del Proyecto.....	147
Tabla 32 Beneficios Económicos Anuales Proyectados.....	151
Tabla 33 Resultados del Análisis de Sensibilidad	156
Tabla 34 Comparación de indicadores totales del proceso de programación (antes y después del VSM)	160
Tabla 35 Distribución de actividades de valor agregado y no agregado en el proceso de programación.....	161
Tabla 36 Principales causas de ineficiencia post implementación	162

Índice de Figuras

Figura 1	<i>Logotipo de Luz del Sur S.A.A.</i>	12
Figura 2	<i>Zona de concesión de Luz del Sur S.A.A.</i>	13
Figura 3	<i>Esquema de cadena de suministro eléctrico</i>	15
Figura 4	<i>Cuadrilla de Redes Energizadas realizando nueva conexión a suministros</i>	17
Figura 5	<i>Central Hidroeléctrica Santa Teresa</i>	18
Figura 6	<i>Central Hidroeléctrica Santa Teresa 2</i>	19
Figura 7	<i>Desarrollo del proyecto Majes-Siguas II</i>	20
Figura 8	<i>Parque eólico Tres Hermanas</i>	21
Figura 9	<i>Parque Eólico San Juan de Marcona</i>	22
Figura 10	<i>Plantas Solares Majes y Repartición</i>	23
Figura 11	<i>Sucursal Luz del Sur de atención al cliente sede Miraflores</i>	24
Figura 12	<i>Tipos de clientes por nivel de tensión y opción tarifaria</i>	26
Figura 13	<i>Organigrama Corporativo de Luz del Sur</i>	27
Figura 14	<i>Organigrama de la Gerencia Distribución de Luz del Sur</i>	29
Figura 15	<i>Organigrama de la Subgerencia de Operación y Mantenimiento</i>	30
Figura 16	<i>Organigrama del Departamento de Redes Energizadas</i>	32
Figura 17	<i>Configuración típica de una Cuadrilla de Redes Energizadas en campo</i>	34
Figura 18	<i>Ciclo de gestión de mantenimiento eléctrico</i>	44
Figura 19	<i>Programación Operativa</i>	45
Figura 20	<i>Enfoque de Mantenimiento en Redes Eléctricas</i>	47
Figura 21	<i>Método lean</i>	49
Figura 22	<i>Diagrama de Ishikawa</i>	50
Figura 23	<i>Diagrama de Pareto</i>	51
Figura 24	<i>Los 5 porqués</i>	52
Figura 25	<i>Análisis FODA</i>	54
Figura 26	<i>Simbología ASME</i>	56
Figura 27	<i>Indicadores KPIs</i>	57
Figura 28	<i>Value Stream Map (VSM)</i>	58
Figura 29	<i>Listas de verificación (check-list)</i>	59
Figura 30	<i>Análisis de flujos de información y recursos</i>	60
Figura 31	<i>Sistemas de Gestión de Mantenimiento (CMMS)</i>	61
Figura 32	<i>WFM, Work Force Management</i>	62
Figura 33	<i>Sistema de Gestión SAP</i>	62
Figura 34	<i>Diagrama de GANTT</i>	63
Figura 35	<i>Método de la Ruta Crítica (CPM)</i>	64
Figura 36	<i>Matriz de Riesgos</i>	65
Figura 37	<i>Estructura operativa y técnica de la Cuadrilla de Redes Energizadas</i>	65
Figura 38	<i>Centro de monitoreo SCADA</i>	66
Figura 39	<i>Normatividad en trabajos eléctricos</i>	67
Figura 40	<i>Seguridad Eléctrica</i>	71
Figura 41	<i>Gestión integral de materiales eléctricos</i>	74
Figura 42	<i>Ciclo de mejora continua</i>	76
Figura 43	<i>Diagrama de Ishikawa de la problemática</i>	85
Figura 44	<i>Pareto de trabajos no ejecutados</i>	87
Figura 45	<i>Flujo Actual de programación de cuadrillas</i>	92
Figura 46	<i>Diagrama DAP de actividades de la programación de cuadrillas</i>	93
Figura 47	<i>Flujo de preparación de recursos</i>	94

Figura 48	<i>Diagrama DAP de actividades del proceso de preparación de recursos</i>	94
Figura 49	<i>Flujo de Intervención de cuadrillas en campo</i>	95
Figura 50	<i>Diagrama DAP de Intervención de cuadrillas en campo</i>	96
Figura 51	<i>Flujo de control y cierre de órdenes</i>	97
Figura 52	<i>Diagrama DAP de actividades del proceso de control y cierre de órdenes</i>	97
Figura 53	<i>Figura Mapa de flujo de valor actual del proceso de programación de cuadrillas</i>	99
Figura 54	<i>Diagrama GANTT del Cronograma de Implementación del Plan de Optimización de Programación</i>	104
Figura 55	<i>Matriz FODA consolidada del proceso de programación de cuadrillas</i>	106
Figura 56	<i>Matriz de responsabilidades (RACI) para la implementación del proyecto de optimización de programación</i>	115
Figura 57	<i>Organigrama funcional antes de la implementación de la mejora</i>	116
Figura 58	<i>Organigrama funcional proyectado para implementación de la mejora</i>	117
Figura 59	<i>Procedimiento para la mejora continua del proceso de programación de cuadrillas</i>	122
Figura 60	<i>Diagrama de Flujo del Proceso de Programación Optimizado (VSM Futuro)</i>	126
Figura 61	<i>Optimización de rutas y secuencia de atención de trabajos por cuadrilla</i>	129
Figura 62	<i>Reducción de mudas y cuellos de botella en el proceso de programación</i>	129
Figura 63	<i>Diagrama optimizado del proceso de la programación de cuadrillas y ordenes de trabajo</i>	131
Figura 64	<i>Nuevo Flujo de programación de cuadrillas</i>	132
Figura 65		132
Figura 66	<i>Nuevo Flujo de intervención en campo</i>	133
Figura 67		133
Figura 68	<i>VSM futuro del proceso de programación y control de cuadrillas</i>	134
Figura 69	<i>Porcentaje de mejora de la implementación del enfoque VSM en la programación y control de cuadrillas</i>	142
Figura 70	<i>Porcentaje de mejora de la implementación del enfoque VSM en la programación y control de cuadrillas</i>	143
Figura 71	<i>Diagrama de actividades del proceso de programación de cuadrillas optimizado</i>	145
Figura 72	<i>VAN acumulado</i>	155
Figura 73	<i>Comparación entre inversión inicial y beneficio anual</i>	155
Figura 74	<i>VAN por escenarios</i>	157
Figura 75	<i>Causas residuales post implementación</i>	163

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1 Calculo de SAIDI	43
Ecuación 2 Calculo de SAIFI.....	43
Ecuación 3 Eficiencia de cuadrilla	45
Ecuación 4 Eficiencia operativa	48
Ecuación 5 Nivel de riesgo Operativo.....	68
Ecuación 6 Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC)	69
Ecuación 7 Valor Actual Neto (VAN)	70
Ecuación 8 Tasa Interna de Retorno (TIR)	75
Ecuación 9 Valor de riesgo	109

Resumen Ejecutivo

La experiencia profesional se desarrolló en Luz del Sur S.A.A., empresa dedicada a la distribución eléctrica en Lima Metropolitana. El entorno estuvo marcado por la programación y gestión de cuadrillas de mantenimiento que operan bajo condiciones de tensión, donde se identificó como problemática un elevado índice de suspensiones en trabajos programados, que alcanzaba el 30%. Para afrontar este desafío, se aplicaron herramientas administrativas y digitales, como Lean Manufacturing, 5S, diagramas de Ishikawa y Pareto, análisis de ruta crítica y control de inventarios, junto con un rediseño de bases de datos en Excel y capacitaciones continuas al personal operativo. La intervención incluyó la asignación de un inspector especializado, la sistematización de procesos de autorización y la optimización en la gestión de materiales y rutas de atención. Los resultados evidenciaron una reducción del índice de suspensiones al 5%, mejoras significativas en la eficiencia operativa, la trazabilidad y el tiempo de respuesta ante emergencias. Las competencias profesionales aplicadas fueron la gestión de proyectos, análisis de datos, liderazgo, trabajo interdisciplinario y enfoque en mejora continua, demostrando que la adecuada integración de metodologías industriales y soluciones digitales contribuye al logro sostenible de los objetivos organizacionales en entornos críticos y altamente regulados.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Contextualización de la Experiencia

La experiencia profesional que sustentamos en este trabajo de suficiencia laboral fue desarrollada de manera conjunta en el departamento de redes energizadas de Luz del Sur S.A.A., en el área de programación y supervisión de cuadrillas de mantenimiento de redes eléctricas. Un servicio técnico especializado que brinda soporte interno a diversas gerencias operativas de la empresa. En este entorno, los trabajos se ejecutan bajo el método a contacto, con estrictos estándares de seguridad, coordinación operativa y control de recursos.

Nuestra responsabilidad implicó la coordinación con el centro de control y áreas técnicas para asegurar la autorización oportuna, la ejecución eficiente y la seguridad del personal en un entorno de alta exigencia operativa y cumplimiento normativo, además del análisis constante de reportes operativos y la revisión de indicadores de gestión permitieron a nuestro equipo identificar ineficiencias, proponer y ejecutar mejoras en los procesos de programación, atención de emergencias, logística de materiales y supervisión de cuadrillas. El enfoque colaborativo fue clave para enfrentar los retos diarios y garantizar la continuidad del servicio eléctrico en una de las concesiones más importantes del país.

Dentro de este contexto operativo, observamos que la programación de trabajos influye directamente en la demanda de recursos que nuestra área utiliza para atender a las demás unidades internas, como las **horas hombre**, los **desplazamientos en camionetas** y el **uso de brazos hidráulicos**. Esto nos permitió apreciar cómo la gestión de programación no solo cumple un rol técnico, sino que también tiene impacto en la eficiencia global del soporte operativo que brindamos a la organización.

Este entorno de trabajo, dinámico y altamente coordinado, sirvió como base para desarrollar la presente experiencia profesional enfocada en documentar, analizar y fortalecer el proceso de programación de cuadrillas, con el propósito de mejorar la eficiencia del servicio interno que ofrece nuestra área dentro de la empresa.

1.2 La Empresa: Luz del Sur S.A.A.

Luz del Sur S.A.A., constituida en 1994 en el marco del proceso de privatización del sector eléctrico peruano, es actualmente una de las empresas líderes en la distribución y comercialización de energía eléctrica en el país. Su ámbito de concesión comprende principalmente las zonas sur y este de Lima Metropolitana, donde atiende a más de 1.3 millones de usuarios residenciales, comerciales e industriales. Para ello opera una infraestructura superior a los 26,000 km de redes eléctricas, compuesta por líneas de media y baja tensión, subestaciones de potencia y equipamiento de protección y automatización orientado a garantizar continuidad y seguridad del servicio.

La empresa opera bajo un modelo regulado por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), cumpliendo estándares técnicos que priorizan la calidad del suministro, la reducción de interrupciones y la mejora continua, Luz del Sur mantiene una política corporativa enfocada en la seguridad operativa, la modernización de su infraestructura y la incorporación de tecnologías inteligentes para la gestión de la red.

En el presente estudio se analiza la estructura organizacional multidisciplinaria de Luz del Sur, la cual integra de manera coordinada a las áreas de operaciones, programación, planificación, logística y control. Esta estructura permite una eficiente toma de decisiones, flujos de información confiables, respuesta oportuna ante emergencias en la red y un uso óptimo de los recursos técnicos y humanos, elementos clave para la continuidad del servicio eléctrico en zonas densamente urbanas.

Figura 1

Logotipo de Luz del Sur S.A.A.



Nota: Extraído de <https://www.luzdelsur.pe>

Figura 2

Zona de concesión de Luz del Sur S.A.A.



Nota: Extraído de <https://www.luzdelsur.pe>

A continuación, se presenta la información general de la empresa:

Tabla 1

Información general de Luz del Sur S.A.A.

Ítem	Información
Razón Social	Luz del Sur S.A.A.
RUC	20331898008
Actividad Económica (CIU)	Distribución y comercialización de energía eléctrica ⁴⁴ .
Ubicación	Av. Canaval y Moreyra N° 380, San Isidro, Lima, Perú.
Contacto	www.luzdelsur.com.pe
Representante Legal	Mile Cacic (Gerente General)
Sectores	Energía, Servicios Públicos.
Servicios Principales	Distribución de energía, generación (subsidiaria), nuevas conexiones.

1.2.1 Misión

"Llevamos energía capaz de mejorar la calidad de vida de las personas, hogares, empresas y espacios públicos".

1.2.2 Visión

Fomentar el desarrollo de "energías sostenibles e innovación a través de una gestión eficiente para las próximas generaciones".

1.2.3 Valores

- **Seguridad**

La empresa prioriza el cuidado de las personas, sus instalaciones y el medio ambiente, manteniendo prácticas que garanticen un trabajo seguro cumpliendo altos estándares en todo momento.

- **Enfoque en la persona**

Se reconoce la importancia de cada trabajador y cliente, promoviendo un ambiente respetuoso y buscando siempre atender sus necesidades de la mejor manera.

- **Innovación**

Existe una cultura de mejora continua, impulsando nuevas ideas y soluciones que permitan avanzar y adaptarse a los cambios.

- **Trabajo en equipo**

Se fomenta la colaboración entre las áreas para aprovechar las capacidades de cada uno y lograr mejores resultados.

- **Integridad**

Las decisiones se toman con transparencia y responsabilidad, fortaleciendo así la confianza con todos los involucrados.

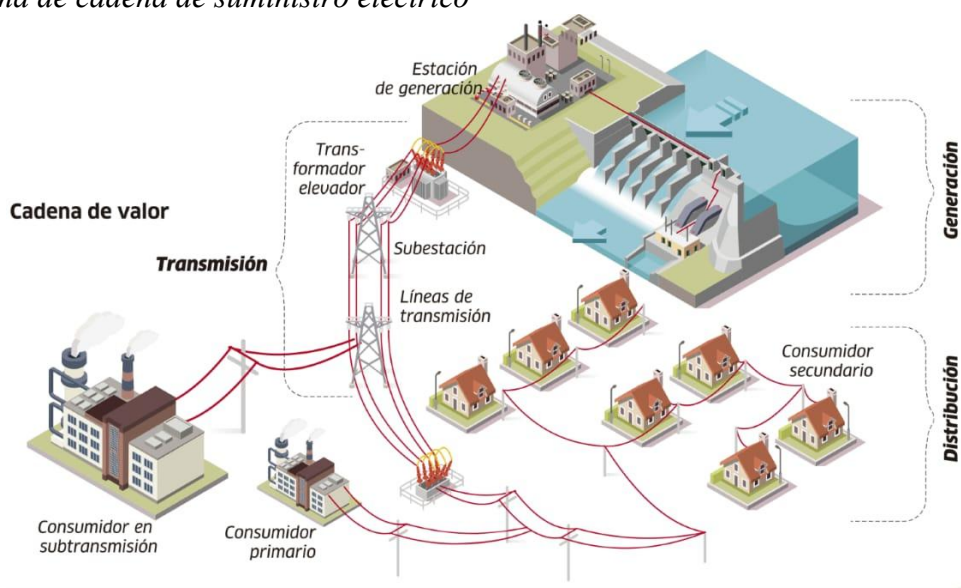
1.2.4 Lema

“Llevamos más que luz”.

1.2.5 Servicios Principales

Luz del Sur ofrece un conjunto de servicios vinculados directamente a la operación, planificación y expansión del sistema eléctrico dentro de su zona de concesión. Su actividad principal es la distribución y comercialización de energía, pero también desarrolla labores complementarias orientadas a garantizar la calidad del suministro, promover el uso eficiente de la energía y participar en la generación eléctrica a través de empresas subsidiarias.

Figura 3
Esquema de cadena de suministro eléctrico



Nota: Extraído de <https://www.larepublica.pe>

1.2.6 Distribución y Comercialización de Energía

La distribución y comercialización de energía eléctrica constituye el eje central del negocio de Luz del Sur. La empresa administra y opera redes de media y baja tensión, subestaciones de transformación, centros de control y equipamiento de protección, automatización y medición que permiten suministrar energía de manera segura, continua y confiable.

Su zona de concesión incluye áreas residenciales, comerciales e industriales de alta demanda, lo cual requiere una planificación permanente de obras de expansión, reposición y modernización. Entre las principales actividades incluidas en este servicio destacan:

- Operación y mantenimiento de más de 26,000 km de redes eléctricas.
- Gestión de la demanda y atención de nuevas conexiones.
- Supervisión del sistema mediante un centro de control que opera 24/7.
- Automatización de redes, mediante reconectores, seccionalizadores y equipos telecomandados.
- Instalación y lectura de medidores, incluyendo la incorporación progresiva de sistemas inteligentes (AMI).
- Atención de emergencias para restablecer la energía ante fallas o contingencias externas.

La comercialización, por su parte, comprende la facturación del servicio, la gestión de reclamos, la atención al usuario y la implementación de programas de eficiencia energética y educación al consumidor.

Figura 4

Cuadrilla de Redes Energizadas realizando nueva conexión a suministros



Nota: Extraído de <https://peruenergia.com.pe>

1.2.7 Generación de Energía

Luz del Sur participa en el ámbito de la generación eléctrica principalmente a través de Inland Energy S.A.C y diversas subsidiarias y empresas vinculadas, ampliando su presencia más allá de la distribución. Su portafolio abarca centrales hidroeléctricas, solares y eólicas, tanto en operación como en distintas etapas de desarrollo, con el objetivo de diversificar sus fuentes de energía y aportar a la sostenibilidad del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). A continuación, se describen las centrales y proyectos en los que la empresa mantiene participación activa.

- **Central Hidroeléctrica Santa Teresa**

La Central Hidroeléctrica Santa Teresa es una central de pasada ubicada en la región Cusco y operada a través de Inland Energy, empresa vinculada a Luz del Sur. Su capacidad instalada bordea los 100 MW, lo que la convierte en uno de los activos hidroeléctricos más representativos del portafolio de generación de la compañía. Esta central emplea turbinas tipo Francis y aporta una producción energética relevante para el

Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), contribuyendo a la integración de energía renovable basada en el aprovechamiento hídrico de la cuenca.

Su operación estable y su capacidad de generación hacen que Santa Teresa sea un componente clave en la estrategia de diversificación energética de Luz del Sur, al ser una fuente limpia y complementaria a su crecimiento en otras tecnologías renovables.

Figura 5
Central Hidroeléctrica Santa Teresa



Nota: Extraído de <https://revistel.pe/>

- **Central Hidroeléctrica Santa Teresa II (proyecto / en desarrollo)**

Santa Teresa II es un proyecto hidroeléctrico de pasada concebido como una ampliación dentro de la misma cuenca donde opera la central Santa Teresa. Su potencia proyectada, cercana a los 280 MW, representa una iniciativa de gran escala dentro de los planes de expansión de la compañía. Actualmente se encuentra en etapas avanzadas de permisos, trámites ambientales y procesos de interconexión, incluyendo la infraestructura necesaria para evacuar su energía mediante una línea de transmisión en 220 kV.

Al tratarse de un proyecto estratégico, Santa Teresa II reforzará la contribución de energía renovable proveniente de la región Cusco y permitirá un mayor aprovechamiento del recurso hídrico local, consolidando la presencia de Inland Energy en el ámbito de la generación renovable de gran capacidad.

Figura 6
Central Hidroeléctrica Santa Teresa 2



Nota: Extraído de <https://gestion.pe/>

- **Proyectos Hidroeléctricos vinculados a Majes – Sigvas II (Lluta, Lluclla, entre otros)**

Luz del Sur también mantiene participación en proyectos hidroeléctricos asociados al desarrollo del sistema Majes–Sigvas II en Arequipa. Estas iniciativas consideran el aprovechamiento energético del agua regulada por la infraestructura de irrigación, permitiendo integrar centrales hidroeléctricas que trabajan de manera coordinada con el sistema de distribución hídrico.

Los proyectos, dentro de los cuales se encuentran alternativas como Lluta y Lluclla, son de gran escala y continúan en fases de estudio y planificación. Su relevancia radica en

que aprovechan la infraestructura multipropósito del proyecto Majes–Sigüas II, lo que permitiría sumar una capacidad hidroeléctrica importante a futuro y fortalecer el rol de Luz del Sur en la generación sostenible del sur del país.

Figura 7
Desarrollo del proyecto Majes-Sigüas II



Nota: Extraído de <https://revista.costosperu.com/>

- **Parques Eólicos Tres Hermanas y Marcona**

Los parques eólicos Tres Hermanas y Marcona, ubicados en la región Ica, forman parte del portafolio renovable adquirido por Luz del Sur como parte de su estrategia de expansión en energías no convencionales. Ambos parques aportan en conjunto más de 120 MW de capacidad instalada, integrando decenas de aerogeneradores que aprovechan los vientos constantes de la costa sur peruana.

La energía generada por estos parques contribuye directamente al SEIN y permite reducir emisiones al desplazar generación basada en combustibles fósiles. Su incorporación al portafolio de Luz del Sur refuerza la diversificación tecnológica de la empresa y su compromiso con la transición energética del país.

Figura 8

Parque eólico Tres Hermanas



Nota: Extraído de <https://revistel.pe/>

- **Parque Eólico San Juan de Marcona**

El Parque Eólico San Juan de Marcona es uno de los activos más recientes incorporados por Luz del Sur. Ubicado igualmente en Ica, cuenta con una capacidad instalada superior a los 130 MW y entró en operación comercial poco antes de su adquisición por la compañía. Su escala lo convierte en uno de los proyectos eólicos más importantes del país.

Este parque complementa la operación de Tres Hermanas y Marcona, consolidando un bloque eólico significativo en la costa sur. Con su integración, Luz del Sur fortalece su presencia en generación renovable y amplía el aporte de energía limpia hacia el SEIN.

Figura 9

Parque Eólico San Juan de Marcona



Nota: Extraído de <https://www.youtube.com/>

- **Plantas Solares Majes y Repartición (Arequipa)**

Finalmente, Luz del Sur participa en plantas solares fotovoltaicas ubicadas en la región Arequipa, conocidas como Majes y Repartición. Ambas suman alrededor de 40 MW de capacidad instalada y representan la incursión de la empresa en la generación solar a nivel utility-scale.

Estas plantas aprovechan la alta radiación solar del sur del país y complementan el portafolio renovable eólico e hidroeléctrico de Luz del Sur. Su integración al SEIN contribuye a diversificar la matriz energética y a fortalecer el posicionamiento de la empresa dentro de la generación sostenible.

Figura 10

Plantas Solares Majes y Repartición



Nota: Extraído de <https://www.testing.ibtgroup.com/>

1.2.8 Nuevas Conexiones y Servicios

Este servicio comprende todas las gestiones necesarias para habilitar nuevos puntos de suministro eléctrico dentro del ámbito concesionado por Luz del Sur. Incluye la evaluación técnica y comercial para la instalación de nuevos medidores, la verificación de las condiciones de seguridad de las instalaciones internas del usuario y la determinación del tipo de suministro más adecuado según la demanda prevista.

Asimismo, se brindan asesorías técnicas orientadas a garantizar que las conexiones proyectadas cumplan con las normativas vigentes y con los estándares de calidad exigidos por la empresa distribuidora. De esta manera, Luz del Sur acompaña al cliente durante el proceso de solicitud, revisión y puesta en servicio, asegurando que cada nueva conexión se integre correctamente a la red y opere con continuidad y eficiencia.

Figura 11

Sucursal Luz del Sur de atención al cliente sede Miraflores



Nota: Extraído de <https://www.infobae.com/>

1.2.9 Tipos de Clientes

En Luz del Sur, los tipos de clientes se clasifican según uso, demanda y características del suministro, siguiendo las categorías del sector eléctrico peruano (Osinerghmin).

- **Clientes Residenciales (BT5B - Hogares)**

Los clientes residenciales corresponden a usuarios que emplean la energía eléctrica para actividades domésticas como iluminación, electrodomésticos y cocinas. Generalmente reciben suministro en 220 V monofásico o 380/220 V trifásico, con potencias bajas y adecuadas para viviendas unifamiliares, departamentos y condominios. Representan el grupo más numeroso dentro de la base de usuarios y conforman la demanda típica de baja tensión.

- **Clientes Comerciales (BT4 - Pequeños comercios)**

Este grupo está conformado por establecimientos dedicados a actividades comerciales y de servicios, tales como tiendas, restaurantes, farmacias, oficinas pequeñas y

negocios similares. Su consumo es mayor que el de un usuario residencial, aunque siguen siendo suministros de baja tensión. Su demanda responde directamente al funcionamiento diario de sus actividades económicas.

- **Clientes Industriales Pequeños y Medianos (BT3 / BT2)**

Incluye a empresas que requieren potencias más elevadas dentro de la baja tensión, como talleres, pequeñas y medianas industrias, almacenes, lavanderías, panaderías industriales y sistemas de refrigeración. Estos usuarios presentan cargas más exigentes y operan con mayor continuidad, lo que implica una demanda más robusta que la de los clientes residenciales o comerciales.

- **Grandes Clientes en Media Tensión (MT2 / MT3)**

Los grandes clientes en media tensión son usuarios con demandas significativas y procesos eléctricos complejos, tales como plantas industriales, centros comerciales, universidades y edificios corporativos. Reciben suministro en 10 kV o 22.9 kV dependiendo de la zona, y requieren infraestructura especializada para garantizar continuidad, calidad y estabilidad en sus operaciones energéticas.

- **Clientes de Alumbrado Público (AP)**

Este segmento agrupa a municipalidades y entidades responsables del alumbrado de calles, avenidas, parques y espacios públicos. Los suministros incluyen luminarias LED, postes, semáforos y sistemas auxiliares que deben operar de forma continua para garantizar seguridad y visibilidad en las zonas urbanas.

- **Clientes Especiales**

Comprende usuarios que, por sus particularidades, requieren esquemas específicos de suministro o condiciones técnicas especiales. Aquí se incluyen clientes con generación distribuida como instalaciones solares que pueden inyectar energía, beneficiarios de tarifas

sociales, entidades públicas de infraestructura crítica y servicios esenciales como hospitales, telecomunicaciones o sistemas de bombeo de agua.

Figura 12

Tipos de clientes por nivel de tensión y opción tarifaria



Nota: Google. (2025). Gemini (versión IA). <https://gemini.google.com>

Tabla 2

Principales Clientes Atendidos en Zonas Eléctricas por Cuadrillas de Mantenimiento

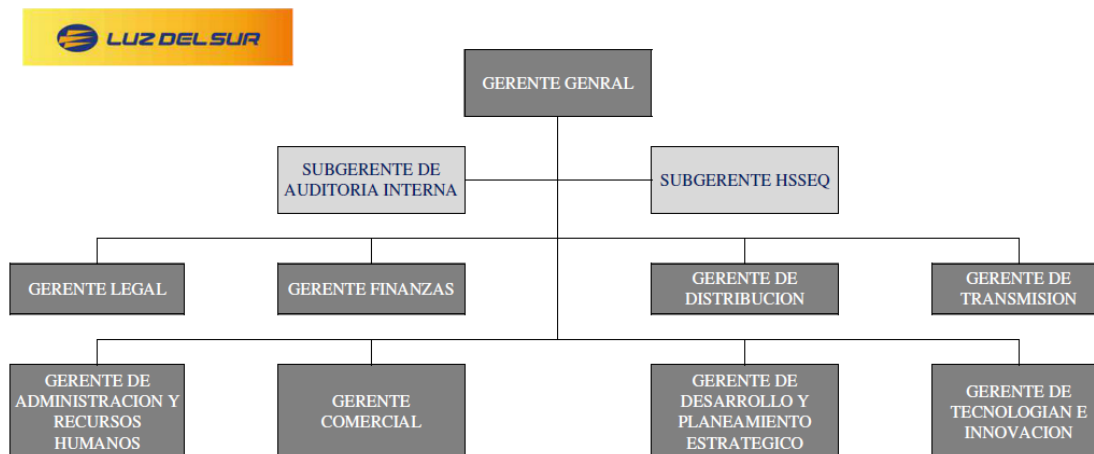
Categoría	Tipo de Cliente	Descripción / Ejemplos de Zonas	Criticidad
1	Clientes Críticos (Hospitales / Salud)	Centros de salud que no pueden tener cortes. (Ej. Hospital Rebagliati, Hospital Almenara)	Alta
2	Clientes Industriales (Grandes Cargas)	Plantas de producción, fábricas. (Ej. Zona Industrial de Villa El Salvador)	Alta
3	Clientes Comerciales (Media Tensión)	Centros comerciales, supermercados. (Ej. Jockey Plaza, Mall del Sur)	Media
4	Clientes Residenciales (Baja Tensión)	Zonas de alta densidad poblacional. (Ej. Distritos de Surco, San Borja)	Media
5	Infraestructura Pública	Alumbrado público, semáforos, estaciones de agua.	Alta

Nota. Clasificación de clientes según la criticidad del servicio de mantenimiento requerido por las cuadrillas. Elaboración propia basada en la operación de Luz del Sur.

1.2.10 Organigrama de la Empresa

Con el fin de comprender la estructura organizacional de Luz del Sur y el marco en el cual se desarrollan las actividades operativas relacionadas con la presente investigación, resulta necesario presentar el organigrama corporativo vigente. Este permite identificar las áreas estratégicas, de soporte y de operación que intervienen en la prestación del servicio eléctrico, así como la posición que ocupa la gerencia y subgerencia donde se desarrolla el área en estudio. A continuación, se muestra la estructura general de la empresa, desde la Gerencia General hasta las principales gerencias funcionales que conforman la organización.

Figura 13
Organigrama Corporativo de Luz del Sur



Nota: Elaboración usando información de la empresa.

A partir del organigrama corporativo, es posible resumir las funciones de cada gerencia de la siguiente manera:

- **Gerencia General**

Dirige la empresa a nivel estratégico, supervisa el cumplimiento de los objetivos corporativos y coordina la gestión integral de todas las gerencias. Es la responsable de la toma de decisiones de alto nivel y de asegurar el desempeño sostenible de la compañía.

- **Gerencia Legal**

Brinda asesoría jurídica a toda la organización, gestiona asuntos regulatorios, contratos, controversias y cumplimiento normativo. Supervisa temas corporativos, regulatorios y de saneamiento legal, asegurando que las operaciones de la empresa se mantengan dentro del marco legal vigente.

- **Gerencia de Finanzas**

Administra los recursos financieros de la empresa, la contabilidad, la planificación económica y la gestión de riesgos. También supervisa los procesos de control interno y velar por la solidez económica y la eficiencia del uso de los recursos.

- **Gerencia de Administración y Recursos Humanos**

Gestiona el talento humano, las relaciones laborales, los procesos administrativos y los servicios internos. Su función es asegurar que las áreas operativas cuenten con el personal, las competencias y los recursos necesarios para su desempeño.

- **Gerencia Comercial**

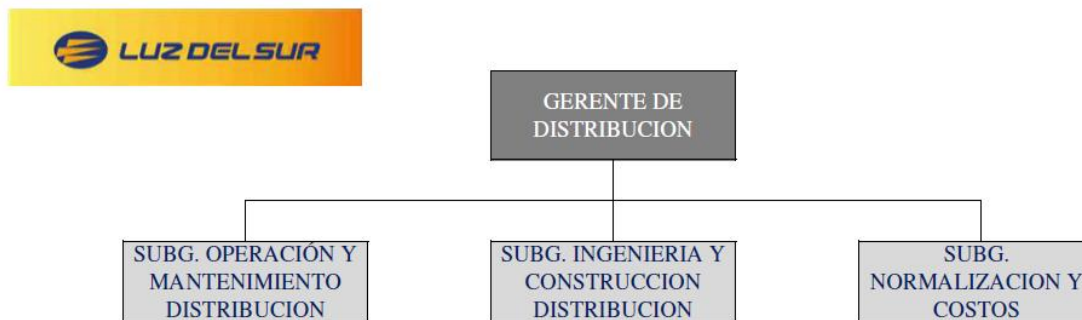
Es responsable de la relación con los clientes, la facturación, el control de pérdidas comerciales, la venta de energía y la atención al cliente. También supervisa las actividades de fijación de tarifas y la compra de energía necesarias para abastecer la demanda.

- **Gerencia de Distribución**

Dirige las operaciones de distribución eléctrica, que incluyen la operación, mantenimiento y expansión de las redes en baja y media tensión. Su ámbito abarca desde la planificación operativa hasta la ejecución de mantenimientos y proyectos de ingeniería en redes de distribución.

Figura 14

Organigrama de la Gerencia Distribución de Luz del Sur



Nota: Elaboración usando información de la empresa.

- **Gerencia de Transmisión**

Gestiona la operación y el mantenimiento de las instalaciones en alta tensión, asegurando la continuidad y confiabilidad del transporte de energía eléctrica. Supervisa los proyectos de infraestructura asociados a líneas y subestaciones de transmisión.

- **Gerencia de Desarrollo y Planeamiento Estratégico**

Formula planes de crecimiento, proyectos de inversión, estudios de expansión de la red y estrategias de innovación. Lidera iniciativas relacionadas con nuevos proyectos, electromovilidad, energías renovables y optimización de la infraestructura eléctrica.

- **Gerencia de Tecnología e Innovación**

Administra las tecnologías de información, telecomunicaciones, sistemas corporativos e iniciativas de innovación. Es la responsable del soporte tecnológico, desarrollo de plataformas digitales, ciberseguridad y proyectos de transformación digital.

- **Subgerencia de Auditoría Interna**

Evalúa los procesos, controles y riesgos de la organización, asegurando el cumplimiento de políticas internas y la mejora continua de la gestión.

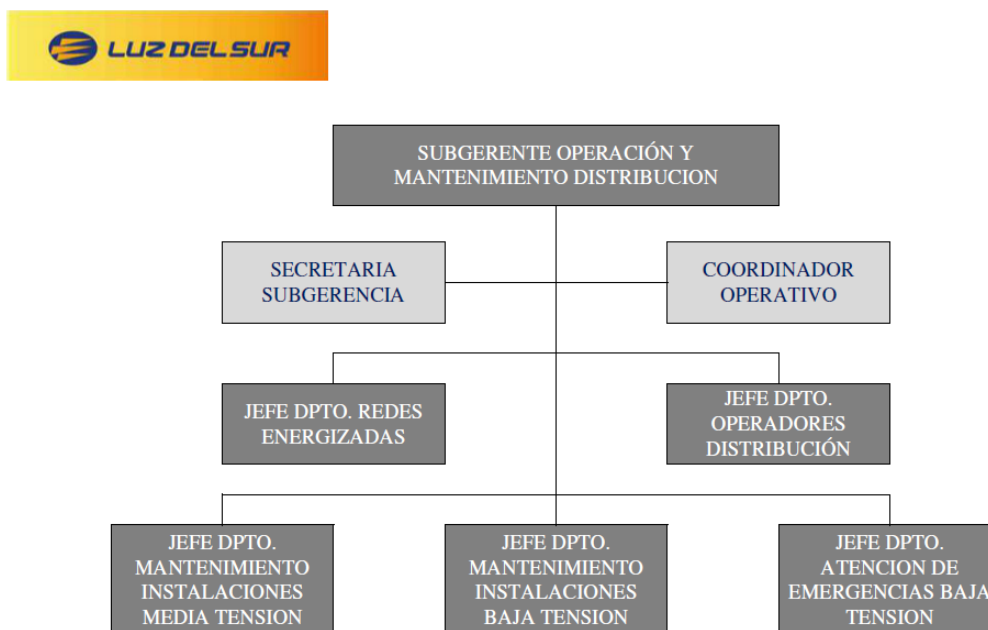
- **Subgerencia de HSSEQ**

Supervisa los sistemas de salud, seguridad, medio ambiente y calidad, garantizando el cumplimiento de estándares corporativos y normativas vigentes en estas materias.

Con el fin de contextualizar el área donde se desarrolló el proyecto evaluado, se presenta a continuación el organigrama de la Subgerencia de Operación y Mantenimiento.

Figura 15

Organigrama de la Subgerencia de Operación y Mantenimiento



Nota: Elaboración usando información de la empresa.

La Subgerencia de Operación y Mantenimiento de Distribución es responsable de garantizar la continuidad, confiabilidad y seguridad del suministro eléctrico en el sistema de distribución. A través de sus diferentes departamentos, coordina las actividades de operación de la red, la atención de emergencias y el mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones.

- **Secretaría de Subgerencia**

Brinda soporte administrativo y de coordinación interna para asegurar el flujo adecuado de información y la gestión documentaria dentro de la subgerencia.

- **Coordinador Operativo**

Supervisa y apoya la programación de actividades operativas, la coordinación entre departamentos y el seguimiento de los trabajos realizados en campo.

- **Departamento de Redes Energizadas**

Encargado de ejecutar trabajos especializados en redes energizadas bajo condiciones controladas, permitiendo el mantenimiento o reparación sin necesidad de interrumpir el suministro eléctrico.

- **Departamento de Operadores de Distribución**

Departamento en el que se ha desarrollado el presente proyecto, es responsable de realizar maniobras en la red eléctrica de distribución, tanto programadas como por emergencia. Atiende interrupciones imprevistas del servicio, coordina la normalización del suministro y opera equipos y dispositivos del sistema en campo y/o de manera remota.

- **Departamento de Mantenimiento de Instalaciones de Media Tensión (MT)**

Realiza el mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones de media tensión, como celdas, interruptores, reconectores y líneas, contribuyendo a la confiabilidad del sistema.

- **Departamento de Mantenimiento de Instalaciones de Baja Tensión (BT)**

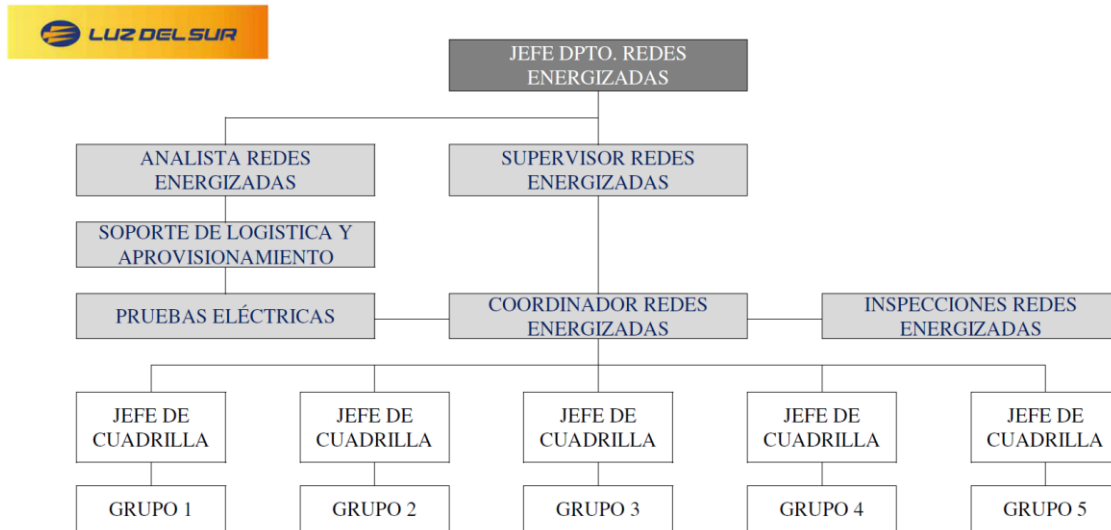
Ejecuta labores de mantenimiento sobre redes y equipos de baja tensión, asegurando la continuidad del suministro a clientes finales y reduciendo la incidencia de fallas en esta parte del sistema.

- **Departamento de Atención de Emergencias de Baja Tensión (BT)**

Atiende incidencias y fallas que afectan directamente a los usuarios en baja tensión, respondiendo rápidamente para restablecer el servicio y minimizar el impacto sobre los clientes.

Dado que el presente estudio se desarrolla en el Departamento de Redes Energizadas, a continuación se muestra su estructura interna, la cual permite comprender la distribución de funciones, los roles operativos y el flujo de responsabilidades dentro del área

Figura 16
Organigrama del Departamento de Redes Energizadas



Nota: Elaboración usando información de la empresa.

El Departamento de Redes Energizadas está conformado por diversas unidades que trabajan de manera coordinada para ejecutar ampliaciones de red, mantenimientos y otras intervenciones en media tensión sin interrumpir el servicio eléctrico. Cada rol cumple una función específica que garantiza la seguridad, eficiencia y calidad de las actividades ejecutadas en redes energizadas.

- **Jefe del Departamento de Redes Energizadas**

Dirige estratégicamente todas las actividades relacionadas con las intervenciones en redes energizadas de media tensión, garantizando el cumplimiento de los estándares de seguridad, calidad y continuidad del servicio. Supervisa la planificación general del área, gestiona recursos y asegura el alineamiento con los objetivos de la empresa.

- **Analista de Redes Energizadas**

Brinda soporte técnico y administrativo al departamento, elaborando reportes, indicadores de gestión, análisis de desempeño y documentación requerida para la mejora continua de las operaciones. Su labor contribuye a la toma de decisiones y optimización de procesos.

- **Soporte de Logística y Aprovisionamiento**

Se encarga de gestionar el suministro de herramientas, materiales y equipos especializados necesarios para los trabajos en redes energizadas. Asegura la disponibilidad oportuna de insumos, así como la reposición y control de inventario, permitiendo que las actividades de campo se ejecuten sin retrasos.

- **Pruebas Eléctricas**

Realiza las pruebas y verificaciones técnicas a los equipos de protección individual y colectiva utilizados en trabajos con redes energizadas, tales como guantes dieléctricos, mantas aislantes, tubos, pértigas y otros elementos críticos para garantizar la seguridad de las cuadrillas. Su función es asegurar que todo el equipamiento cumpla los estándares antes de ser utilizado.

- **Supervisor de Redes Energizadas**

Tiene un rol operativo en campo, verificando que las cuadrillas ejecuten los trabajos bajo los procedimientos establecidos, cumplan los estándares de seguridad y mantengan la calidad técnica durante las intervenciones. Identifica oportunidades de mejora, propone acciones correctivas y detecta desviaciones o hallazgos que permitan fortalecer la seguridad y el desempeño del equipo.

- **Coordinador de Redes Energizadas**

Es el responsable de coordinar y programar los requerimientos de trabajo provenientes de distintos sectores de la empresa, consolidando solicitudes, definiendo prioridades y asignando cuadrillas según la complejidad de cada intervención. Asegura la correcta planificación de ampliaciones de red, actividades de mantenimiento y otros trabajos en redes energizadas de media tensión, optimizando recursos y tiempos de atención, siempre con el objetivo de evitar interrupciones del servicio.

- **Jefes de Cuadrilla y Grupos Operativos**

Dirigen los grupos de trabajo que ejecutan ampliaciones de red, mantenimiento y actividades de intervención en redes energizadas de media tensión. Lideran la operación en campo, aplican técnicas especializadas de trabajo con línea viva y garantizan el cumplimiento estricto de los protocolos de seguridad. Cada uno gestiona su grupo operativo (Grupo 1 al 5), velando por el correcto desarrollo de las actividades asignadas.

Figura 17

Configuración típica de una Cuadrilla de Redes Energizadas en campo.



Nota: Extraído de <https://www.greatplacetowork.com.pe>

1.3 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

El trabajo realizado, como suficiencia laboral, se alinea principalmente con el **ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura**, ya que contribuye a la eficiencia, resiliencia y modernización de la infraestructura de distribución eléctrica, promoviendo la optimización de recursos y la adopción de soluciones tecnológicas innovadoras en la operación.

En este contexto, la optimización del proceso de programación de cuadrillas en Luz del Sur S.A.A. contribuye directamente a este objetivo mediante:

- **Modernizar la infraestructura**

Mejorar la eficiencia del mantenimiento de las redes eléctricas asegura una infraestructura energética más fiable y resiliente para la población y la industria.

- **Fomentar la innovación**

La aplicación de herramientas administrativas y, especialmente, digitales, representa una innovación en los procesos internos de la compañía.

- **Mejorar la eficiencia de recursos**

La reducción de suspensiones de trabajos implica un uso más sostenible y eficiente de los recursos materiales y humanos, un pilar de la industrialización sostenible.

1.4 Línea y Sublínea de la Investigación

Este informe de suficiencia profesional se inscribe en la línea de Gestión de Operaciones y Logística, específicamente en la sublínea de Optimización de Procesos Operativos e Innovación. Nuestra experiencia evidencia cómo la gestión eficiente de

cuadrillas, la programación estratégica, la trazabilidad digital y la mejora continua impactan de manera tangible y medible en la seguridad, productividad y sostenibilidad del servicio eléctrico.

Este proyecto se enmarca dentro de la línea de investigación de **Desarrollo sostenible y Gestión empresarial** y la sublínea de **Innovación y emprendimiento social**.

1.4.1 Línea de Investigación: Desarrollo Sostenible y Gestión Empresarial

La investigación se centra en cómo la aplicación de metodologías Lean y herramientas digitales de trazabilidad contribuye a la mejora de procesos operativos, asegurando una gestión más eficiente de los recursos humanos y materiales. Esto incluye la programación estratégica de cuadrillas, el seguimiento de trabajos y la reducción de suspensiones, lo que repercute directamente en la confiabilidad del servicio eléctrico y en la satisfacción de los usuarios.

La incorporación de soluciones tecnológicas facilita el control en tiempo real y la toma de decisiones basadas en datos, promoviendo una cultura organizacional orientada a la mejora continua y la sostenibilidad. La adaptación a estas herramientas innovadoras fortalece la capacidad de la empresa para responder a variaciones en la demanda y a los retos del sector eléctrico, consolidando su posición como proveedor confiable y moderno.

1.4.2 Sublínea de Investigación: Innovación y Emprendimiento Social

Dentro de esta sublínea, el trabajo aborda la implementación de prácticas innovadoras para la programación y gestión de cuadrillas, integrando metodologías Lean y soluciones digitales (como bases de datos optimizadas y roles de inspección). Estas acciones buscan mejorar la eficiencia, seguridad y coordinación interna, generando procesos más ágiles y confiables.

Además, la modernización de los sistemas de gestión trasciende los beneficios operativos, fomentando la responsabilidad social y la sostenibilidad. La optimización de recursos, la reducción de desperdicios y la mejora de la planificación contribuyen a un servicio eléctrico más seguro, eficiente y alineado con los objetivos de desarrollo sostenible.

En este sentido, la suficiencia profesional desarrollada constituye un aporte concreto al ODS 9, al demostrar cómo la innovación tecnológica y la eficiencia operativa pueden coexistir con una gestión responsable y socialmente comprometida.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo desarrolla los conceptos fundamentales que sustentan la optimización del proceso de programación de cuadrillas de mantenimiento en redes eléctricas, integrando enfoques de gestión industrial, herramientas administrativas, principios de seguridad eléctrica y metodologías digitales aplicadas en el ámbito operativo de Luz del Sur S.A.A.

El marco teórico se organiza en secciones orientadas a describir los fundamentos técnicos y metodológicos necesarios para comprender el alcance del estudio y la mejora.

2.1 Antecedentes de Investigación

- **Antecedentes internacionales**

Zhang, Li y Wang (2021), en su estudio “Multi-objective optimization for power distribution maintenance scheduling considering crew routing and outage impact”, abordaron la planificación del mantenimiento en redes de distribución incorporando la asignación óptima de cuadrillas y la reducción del impacto de los cortes. El objetivo fue minimizar simultáneamente el tiempo de interrupción del servicio y las distancias recorridas por el personal de mantenimiento. Para ello utilizaron una combinación de algoritmos evolutivos y técnicas de optimización multiobjetivo. Los resultados demostraron que es posible generar programas de mantenimiento más eficientes y con menor afectación a los usuarios. Este antecedente es relevante porque integra la programación de cuadrillas con la optimización operativa, directamente vinculado a la mejora de la planificación del mantenimiento.

En el trabajo de Okumusoglu, Basciftci y Kocuk (2022), titulado “A Joint Chance-Constrained Stochastic Programming Approach for the Integrated Predictive Maintenance and Operations Scheduling Problem in Power Systems”, se desarrolló un modelo para

planificar el mantenimiento y operación de redes eléctricas considerando la posibilidad de fallas inesperadas. El objetivo fue reducir los riesgos y los costos operativos al programar tareas de mantenimiento predictivo de manera coordinada con la operación de la red. Los resultados mostraron que la planificación basada en este enfoque mejora la disponibilidad del sistema y disminuye los impactos de fallas inesperadas. Este antecedente aporta estrategias de mantenimiento que combinan eficiencia y confiabilidad en la operación de la red.

Zhang et al. (2022), en el estudio “Research and Application of Power Grid Maintenance Scheduling Strategy under the Interactive Mode of New Energy and Electrolytic Aluminum Load”, investigaron la programación de mantenimiento en redes eléctricas con fuentes de energía renovable y cargas industriales variables. El objetivo fue planificar el mantenimiento de manera que se garantice la confiabilidad del sistema a pesar de la variabilidad de generación y demanda. Los resultados mostraron que con una adecuada planificación se puede mantener la estabilidad de la red y reducir riesgos de interrupción. Este estudio es útil para la tesis porque ilustra cómo planificar mantenimiento en un contexto de cambios constantes en la red.

En el estudio realizado por Popovic et al. (2022), “Scheduling the Equipment Maintenance of an Electric Power Transmission Network Using Constraint Programming”, se presentó un modelo para programar el mantenimiento de equipos en una red de transmisión eléctrica. El modelo busca generar planes de mantenimiento que aseguren la continuidad del servicio y el correcto funcionamiento del sistema. Para validar la propuesta, se aplicó a datos de una red real y se observó que permite generar planes rápidamente y con buena coordinación de tareas. Este antecedente aporta una metodología diferente que facilita la planificación eficiente y estructurada del mantenimiento.

Kim, Park y Lee (2020), en la investigación “Risk-aware maintenance scheduling for power systems using probabilistic assessment and metaheuristic optimization”, desarrollaron un modelo de programación de mantenimiento basado en la evaluación probabilística del riesgo de falla de los equipos. El método combina análisis de confiabilidad con algoritmos metaheurísticos para definir qué equipos intervenir y en qué momento, reduciendo la probabilidad de eventos críticos en la red. Los resultados mostraron que un enfoque basado en riesgo permite priorizar adecuadamente las tareas y mejorar la continuidad del servicio. Este antecedente aporta un marco moderno para planificar mantenimiento considerando seguridad y disponibilidad del sistema.

La integración de herramientas digitales como Power Automate y Excel Online en la metodología Lean (conocida como Lean 4.0) permite que el flujo de información sea bidireccional y en tiempo real. Según Tortorella et al. (2021), la digitalización de los flujos de valor (VSM) reduce drásticamente el "desperdicio de información" y los tiempos de espera entre la programación y la ejecución, permitiendo que la supervisión tome decisiones basadas en atos vivos y no en reportes históricos. En el presente trabajo, esta integración digital actúa como el soporte tecnológico que viabiliza la sostenibilidad del VSM propuesto.

- **Antecedentes Nacionales**

Chipana Mendoza y Salguero Solís (2022), en su estudio “Plan de mantenimiento basado en criterios de confiabilidad para las redes de distribución eléctrica 22.9/13.2 kV en la red primaria Pichacani-Juncal–Puno, alimentador 0201”, plantearon un plan de mantenimiento preventivo para una red de media tensión. El objetivo fue elaborar una planificación basada en el historial de interrupciones, identificando componentes críticos a reemplazar antes de fallar. Los resultados mostraron que una programación sistemática del mantenimiento

permite anticiparse a fallas, mejorar la confiabilidad del servicio y reducir interrupciones intempestivas. (repositorio.unap.edu.pe)

Neira Fontana (2019), mediante la tesis “Propuesta de gestión de mantenimiento en redes de baja tensión para minimizar emergencias en el suministro eléctrico de una empresa de distribución Arequipa 2018”, diagnosticó que la empresa dependía principalmente del mantenimiento correctivo, generando numerosas emergencias en períodos críticos. Propuso un plan estructurado de mantenimiento preventivo fundamentado en un análisis de las causas de fallas y la implementación de prácticas de mejora continua. Los resultados evidenciaron que una programación adecuada de mantenimiento reduce interrupciones y mejora la continuidad del suministro. (repositorio.ucsm.edu.pe)

Orozco Sangama (2019), en el trabajo “Aplicación de la metodología de mantenimiento autónomo para mejorar el plan de mantenimiento correctivo y preventivo de los sistemas eléctricos de distribución de la unidad de negocios Bellavista – Electro Oriente S.A., San Martín”, implementó un plan integral de mantenimiento para redes primarias, secundarias, subestaciones y alumbrado público. El estudio buscó reducir indicadores de interrupción como SAIDI y SAIFI mediante procedimientos estandarizados y participación activa del personal técnico. Los resultados mostraron mejoras significativas en la confiabilidad del servicio y en la programación de las tareas de mantenimiento. (alicia.concytec.gob.pe)

Quispe De La Cruz (2024), en su investigación “Gestión de mantenimiento de las líneas eléctricas aéreas en MT y BT en la concesionaria Electrocentro – DEA Ingenieros S.A.C.”, propuso un sistema de mantenimiento preventivo, correctivo y programado para redes aéreas de media y baja tensión. El estudio incluyó la planificación anticipada de las labores de mantenimiento, la organización de cuadrillas y la implementación de criterios de

seguridad y calidad. Los resultados mostraron que una programación estructurada permite optimizar la gestión de recursos y reducir interrupciones. (repositorio.continental.edu.pe) Gutiérrez Véliz (2025), en su investigación “Mantenimiento preventivo en subestaciones eléctricas de alta tensión para reducir los efectos causados por climas costeros”, desarrolló un plan de mantenimiento para subestaciones ubicadas en zonas costeras. El estudio destacó la consolidación histórica de eventos de falla, la programación anticipada de tareas y la estructuración de un plan preventivo que reduce indisponibilidades y costos asociados a fallas imprevistas.

2.2 Sustento Teórico

Las bases teóricas del presente trabajo de suficiencia laboral fueron diseñadas tomando en cuenta dos conceptos principales: la gestión y programación de cuadrillas de mantenimiento en redes de distribución eléctrica y la aplicación de herramientas administrativas y digitales para optimizar dichos procesos. A partir de estos ejes se desarrollan los apartados sobre gestión de procesos en mantenimiento eléctrico, programación operativa de cuadrillas, mantenimiento en redes de distribución, herramientas digitales y administrativas, logística e inventarios, seguridad eléctrica, análisis de riesgos y mejora continua.

2.3 Gestión de procesos en mantenimiento eléctrico

La gestión de procesos en el mantenimiento de redes de distribución eléctrica se sustenta en la capacidad de planificar, ejecutar, supervisar y mejorar un conjunto de actividades interdependientes que aseguran la continuidad del suministro a los usuarios (Smith, 2018). Un proceso de mantenimiento eléctrico no solo implica la ejecución técnica de tareas en campo, sino también la coordinación de recursos, la asignación eficiente de

cuadrillas, la disponibilidad de materiales y la correcta transferencia de información entre distintas áreas de la organización.

En empresas distribuidoras, estos procesos deben cumplir simultáneamente tres criterios fundamentales: eficiencia operativa, confiabilidad del servicio y seguridad del personal. La programación de cuadrillas se convierte así en un eje central, pues determina el orden, la prioridad y la viabilidad de las actividades a ejecutarse en un sistema eléctrico en operación. Una programación deficiente afecta directamente los indicadores de continuidad eléctrica, como el SAIDI y SAIFI.

SAIDI (System Average Interruption Duration Index) mide la duración promedio de interrupciones del suministro eléctrico por usuario durante un periodo determinado, expresada en minutos o horas por usuario. Por ejemplo, si una zona presenta varias interrupciones, SAIDI indica cuánto tiempo estuvo sin energía, en promedio, cada usuario afectado.

$$SAIDI = \frac{\Sigma (\text{Usuarios afectados} \times \text{Duración de la interrupción})}{\text{Total de usuarios atendidos}} \quad (1)$$

SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) indica la frecuencia promedio de interrupciones por usuario en un período determinado, es decir, cuántas veces en promedio un usuario sufrió la pérdida del servicio. Ambos indicadores permiten evaluar la calidad y confiabilidad del suministro eléctrico (CIGRÉ, 2016).

$$SAIFI = \frac{\Sigma (\text{Usuarios afectados})}{\text{Total de usuarios atendidos}} \quad (2)$$

Figura 18

Ciclo de gestión de mantenimiento eléctrico



Nota: Google. (2025). Gemini (versión IA). <https://gemini.google.com>

La literatura en ingeniería de operaciones resalta que los procesos de mantenimiento exitosos se caracterizan por flujos de trabajo claramente definidos, protocolos de comunicación establecidos, puntos de control y retroalimentación continua (Juran, 2017). Esta visión procesal permite estructurar el mantenimiento como un sistema dinámico que interactúa con los aspectos técnicos de la red, los recursos humanos y las herramientas tecnológicas.

2.4 Programación operativa de cuadrillas

La programación de cuadrillas constituye una actividad estratégica que articula la disponibilidad del personal técnico con las necesidades operativas del sistema eléctrico. Según Smalley y LeMay (2020), la asignación de recursos en servicios de campo requiere integrar la capacidad del personal, las restricciones del sistema y la priorización de actividades para asegurar una ejecución eficiente del mantenimiento. Este proceso debe considerar la distribución geográfica del territorio concesionado, la naturaleza de los

trabajos programados, la criticidad de cada infraestructura y los tiempos estimados de intervención.

Desde el punto de vista operativo, la programación busca resolver un problema de asignación óptima: asignar recursos limitados (cuadrillas, herramientas y materiales) a una demanda variable de trabajos, bajo restricciones de tiempo, seguridad y logística. Este problema es comparable a modelos clásicos de asignación y ruteo utilizados en la teoría de operaciones, como el job scheduling y el vehicle routing problem, aunque adaptados a la realidad de una red eléctrica en operación.

$$Eficiencia = \frac{Tareas Ejecutadas}{Tareas Programadas} \times 100 \quad (3)$$

Figura 19
Programación Operativa



Nota: Google. (2025). Gemini (versión IA). <https://gemini.google.com>

Una programación eficiente reduce desplazamientos innecesarios, minimiza tiempos de espera, evita superposiciones de tareas y disminuye la probabilidad de

suspensión de trabajos. Además, una adecuada calendarización operativa permite atender contingencias sin comprometer la ejecución de actividades previamente planificadas.

2.5 Mantenimiento en redes eléctricas de distribución

El mantenimiento en redes de media tensión requiere un enfoque especializado orientado a la confiabilidad del servicio y la seguridad de las operaciones (IEC, 2018). Se distinguen cuatro tipos principales:

- **Mantenimiento preventivo**

Acciones periódicas planificadas para prevenir fallas y mantener niveles adecuados de desempeño. En redes de media tensión incluye inspecciones visuales, limpieza de equipos, lubricación, verificación de conexiones, pruebas eléctricas y mantenimiento de interruptores, seccionadores y transformadores. Su objetivo es anticiparse a deterioros y extender la vida útil de los activos.

- **Mantenimiento correctivo**

Intervenciones reactivas frente a fallas que ya ocurrieron. Requiere capacidad de respuesta rápida, coordinación eficiente y priorización basada en seguridad, criticidad del equipo afectado e impacto en indicadores como SAIDI y SAIFI. En redes urbanas, estos tiempos de atención influyen directamente en la satisfacción del usuario.

- **Mantenimiento predictivo**

Se basa en el monitoreo de condición mediante variables como temperatura, vibración, análisis de aceite dieléctrico, resistencia de aislamiento o descargas parciales. Permite detectar tendencias anormales y planificar intervenciones antes de que ocurra una falla. Reduce intervenciones innecesarias y mejora la asignación de recursos.

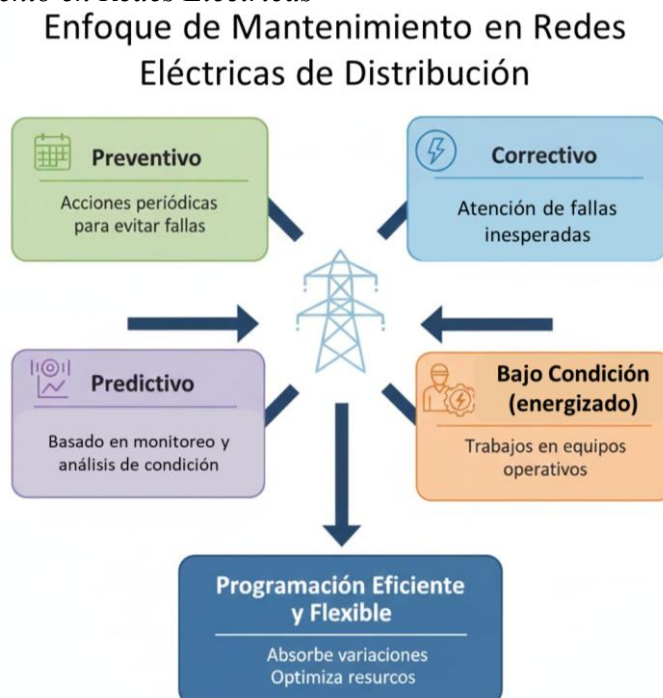
- **Mantenimiento con el equipo en servicio (trabajos energizados – TCT)**

Comprende actividades realizadas con el sistema energizado, bajo la aplicación estricta de distancias de seguridad, procedimientos operativos, supervisión y uso adecuado de equipos de protección personal (IEEE Std 516, 2018; NFPA 70E, 2021). Requiere cuadrillas especializadas, tiempos de preparación adicionales y una programación que considere riesgos eléctricos, condiciones climáticas y logística específica.

La complejidad técnica de los equipos como transformadores, seccionadores, reconectores, interruptores y empalmes en redes subterráneas exige cuadrillas con alto grado de especialización y procedimientos estrictos. Asimismo, la atención de emergencias y fallas imprevistas requiere esquemas flexibles capaces de reorientar recursos sin comprometer la seguridad ni la continuidad del suministro.

Figura 20

Enfoque de Mantenimiento en Redes Eléctricas



Nota: Google. (2025). Gemini (versión IA). <https://gemini.google.com>

Este escenario resalta la importancia de una programación eficiente, que permita absorber variaciones operativas sin afectar el rendimiento global del sistema.

En este contexto, empresas distribuidoras como Luz del Sur emplean herramientas digitales como SAP, que permiten registrar intervenciones, gestionar órdenes de trabajo, consultar historial de equipos y documentar los recursos asignados, contribuyendo a la trazabilidad del mantenimiento (Gómez & Herrera, 2021).

2.6 Enfoque Lean aplicado a la gestión operativa

El enfoque Lean, originado en la industria automotriz, se ha consolidado como una metodología universal para la mejora de procesos. Según López y Martínez (2020), su aplicación en servicios y operaciones modernas se basa en la reducción sistemática de actividades que no generan valor, conocidas como “mudas”. En la gestión de cuadrillas, los desperdicios más frecuentes incluyen tiempos muertos durante la preparación del trabajo, desplazamientos innecesarios, inventarios no controlados, reprocesos administrativos y demoras en la autorización de actividades.

La filosofía Lean propone herramientas como el mapeo de procesos, la identificación de causas raíz, la estandarización de procedimientos y la mejora continua mediante ciclos iterativos. En un entorno eléctrico, estas herramientas permiten analizar la operación desde una perspectiva sistémica, haciendo visible la interacción entre logística, planificación y ejecución en campo.

$$Eficiencia Operativa = \frac{Tiempo planificado - (Tiempo de espera + retrasos + desplazamientos innecesarios)}{Tiempo Planificado} \times 100\% \quad (4)$$

Al incorporar Lean, las empresas distribuidoras pueden mejorar la productividad de las cuadrillas, reducir costos operativos y aumentar la confiabilidad de los trabajos programados.

Figura 21
Método lean



Nota: Google. (2025). Gemini (versión IA). <https://gemini.google.com>

2.6.1 Herramientas de análisis de causas y mejora

- **Diagrama de Ishikawa (Espina de Pescado)**

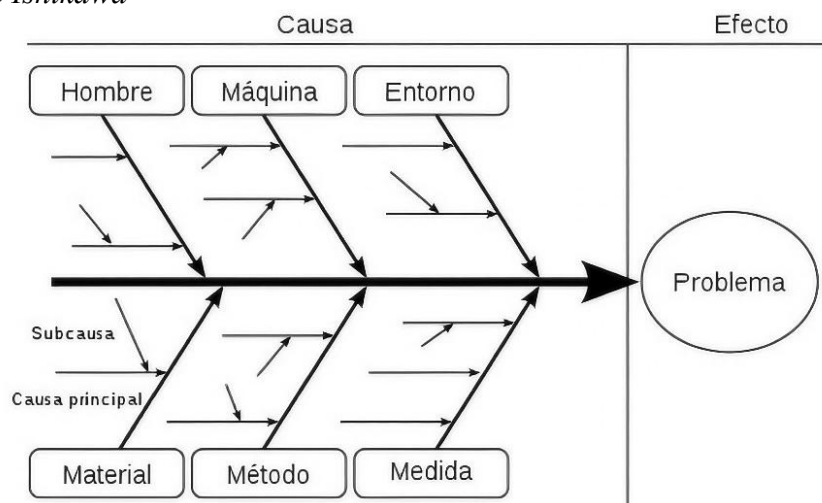
El análisis de la problemática se apoyó en el diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama causa-efecto. Esta herramienta permitió organizar de forma estructurada los factores que generaban trabajos no ejecutados, reprogramaciones y traslados innecesarios de cuadrillas, agrupándolos en categorías como métodos de programación, mano de obra, materiales, equipos, entorno y gestión de la información (Fractal, 2023). Gracias a su carácter visual fue posible representar de manera clara la relación entre las causas identificadas y los efectos observados en la eficiencia de la atención de órdenes de trabajo en redes eléctricas.

El ingeniero japonés Kaoru Ishikawa desarrolló esta herramienta con el propósito de facilitar la identificación sistemática de causas potenciales de un problema y orientar la búsqueda de soluciones en distintos contextos productivos. En el ámbito del mantenimiento y de los servicios de campo, su uso resulta especialmente útil para detectar

fallos internos que afectan la coordinación de cuadrillas, como deficiencias en la planificación, en la logística de materiales o en la comunicación entre áreas (SafetyCulture, 2025).

Una de las ventajas más relevantes de esta técnica es que favorece el trabajo en equipo, al promover que los participantes aporten sus percepciones sobre las causas del problema y las clasifiquen de manera consensuada. En este trabajo, el diagrama de Ishikawa permitió al equipo responsable de la programación reflexionar sobre las causas raíz con mayor impacto en la suspensión de trabajos y en el uso ineficiente de los recursos, generando una base sólida para definir acciones de mejora en el proceso de programación de cuadrillas.

Figura 22
Diagrama de Ishikawa



Nota: Extraído de <https://www.goo./herra/calid.>

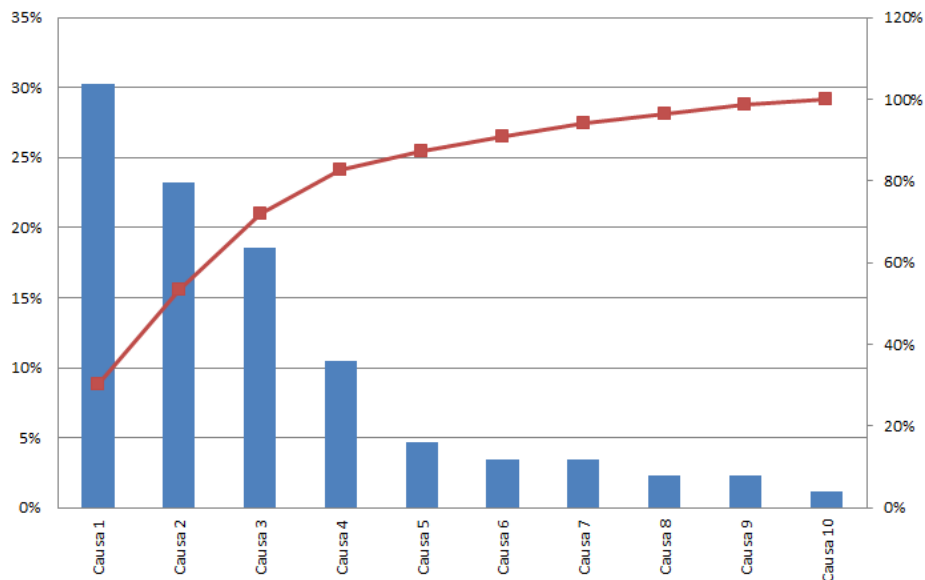
- **Diagrama de Pareto**

El diagrama de Pareto se utilizó como una herramienta estadística para ordenar de forma decreciente las incidencias relacionadas con la programación de cuadrillas de mantenimiento, tales como trabajos no ejecutados, suspensiones en campo, reprogramaciones y traslados innecesarios. A través de barras verticales, fue posible

distinguir cuáles de estos problemas se presentaban con mayor frecuencia y generaban el mayor impacto en los indicadores operativos del sistema eléctrico, permitiendo concentrar la atención en el reducido número de causas que explicaban la mayor parte de los efectos.

La aplicación de esta herramienta facilitó la toma de decisiones sobre dónde priorizar recursos, tiempo y acciones de mejora dentro del proceso de programación. Al clasificar las causas de mayor a menor incidencia, el equipo responsable pudo enfocar los esfuerzos en reducir aquellos problemas que afectaban de manera significativa la eficiencia de las cuadrillas y la continuidad del servicio, evitando dispersarse en incidencias menores que no producían cambios sustanciales en el desempeño global del sistema.

Figura 23
Diagrama de Pareto



Nota: Extraído de <https://www.perpl/diag/par>

- **Los 5 porqués**

La metodología de los 5 porqués se utilizó como complemento del diagrama de Ishikawa para profundizar en la identificación de las causas raíz de los problemas detectados en la programación de cuadrillas de mantenimiento. Esta técnica consiste en

formular de manera sucesiva la pregunta “¿por qué?” sobre cada causa identificada, hasta llegar al origen fundamental del problema; a pesar de su sencillez, ha demostrado ser muy eficaz para revelar fallas que inicialmente no son evidentes en los procesos operativos.

En el contexto de este trabajo, la aplicación de los 5 porqués permitió evidenciar que muchas de las incidencias observadas como trabajos no ejecutados, traslados innecesarios o suspensiones en campo se originaban en aspectos internos de la gestión, tales como deficiencias en la planificación, falta de estandarización de procedimientos y problemas de comunicación entre las áreas involucradas en la programación. Esta herramienta brindó al equipo responsable un mecanismo práctico para analizar de forma sistemática los motivos reales de las ineficiencias y orientar la definición de acciones de mejora sobre las causas que tenían mayor impacto en el desempeño de las cuadrillas.

Figura 24
Los 5 porqués



Nota: Extraído de <https://www.per/met/5porque>

- **Análisis FODA**

El análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) es una herramienta de diagnóstico ampliamente utilizada en entornos organizacionales para evaluar factores internos y externos que influyen en el desempeño de procesos operativos.

En el contexto de la gestión del mantenimiento y la programación de cuadrillas, el FODA

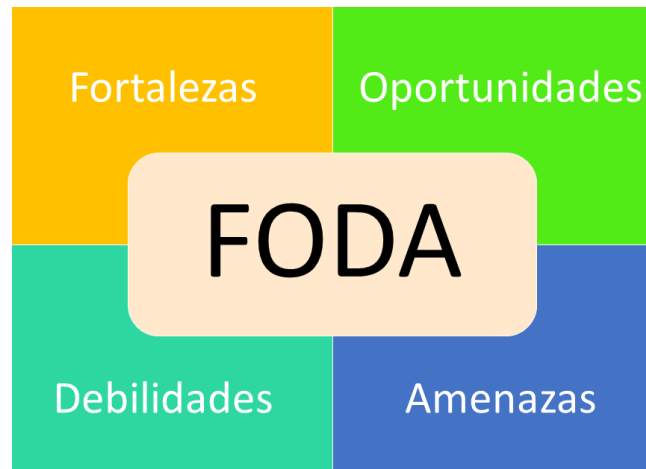
permite comprender el marco organizacional, tecnológico y operativo en el que se desarrollan las actividades, complementando el análisis de causas realizado mediante herramientas como el diagrama de Ishikawa, el diagrama de Pareto y la metodología de los 5 porqués (Gürel & Tat, 2017).

Desde el enfoque de suficiencia laboral, el análisis FODA resulta especialmente útil para vincular la experiencia operativa con el diagnóstico del proceso, ya que facilita la identificación de fortalezas internas que pueden potenciar la ejecución de las actividades, así como debilidades que limitan la eficiencia en la programación y control de las cuadrillas. Asimismo, el análisis de oportunidades y amenazas permite reconocer condiciones externas tecnológicas, normativas u operativas que influyen en la viabilidad de las mejoras propuestas y en la continuidad del servicio eléctrico (Phadermrod et al., 2019).

A diferencia de su aplicación estratégica tradicional a nivel corporativo, en este estudio el FODA se emplea como una herramienta de apoyo a la mejora del proceso operativo, orientada a contextualizar las causas raíz identificadas y a evaluar el entorno en el que se implementan las acciones de optimización de la programación de cuadrillas de mantenimiento. Este enfoque permite alinear las propuestas de mejora con las capacidades reales de la organización y con las restricciones propias de los trabajos en redes energizadas.

El desarrollo aplicado del análisis FODA, incluyendo la identificación de los factores específicos y su relación con la propuesta de mejora, se presenta en los capítulos posteriores de la tesis, donde se integran los resultados del diagnóstico con el diseño del estado futuro del proceso y la evaluación de su impacto en la eficiencia operativa.

Figura 25
Análisis FODA



Nota: Extraído de <https://www.explicacion.org>

2.7 Herramientas administrativas para la optimización operativa

La gestión de actividades en redes energizadas requiere herramientas que integren información operativa, planifiquen recursos, secuencien tareas, coordinen dependencias, gestionen restricciones y evalúen riesgos (Kerzner, 2017). Debido a que estas intervenciones se desarrollan bajo condiciones críticas de seguridad, con ventanas operativas limitadas y equipos altamente especializados, la selección y uso adecuado de herramientas de planificación se convierte en un eje fundamental para alcanzar eficiencia operativa y confiabilidad del sistema eléctrico.

En esta sección se describen las principales herramientas y metodologías utilizadas actualmente para la programación y control de actividades en redes energizadas, así como su relevancia dentro de un marco operativo orientado a seguridad, continuidad del servicio y optimización del uso de recursos.

2.7.1 Herramientas de análisis de procesos y desempeño Lean

- **Diagrama de flujo**

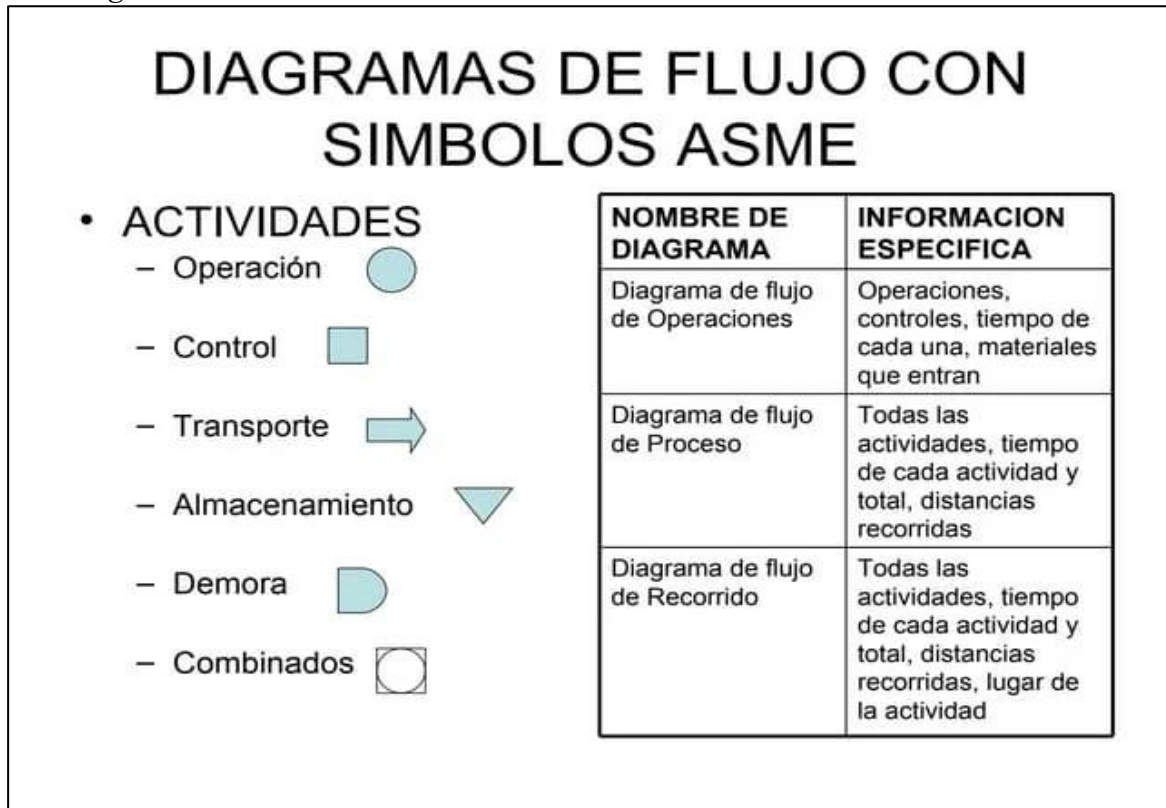
Los diagramas de flujo permiten representar visualmente la secuencia de actividades, decisiones y responsables dentro de un proceso. Facilitan la identificación de

rutas críticas, demoras, cuellos de botella y puntos donde se producen reprocesos o errores (Tregear, 2019). En este trabajo, el diagrama de flujo se emplea para describir el recorrido de una solicitud de trabajo de mantenimiento, desde su ingreso hasta la entrega del informe de cierre, permitiendo visualizar el flujo operativo completo y los puntos donde se concentran las demoras o reprocesos (Asturias Corporación Universitaria, 2019).

La utilidad de esta herramienta radica en que facilita la comprensión de procesos complejos y apoya la identificación de redundancias, retrasos y actividades que no agregan valor, lo cual resulta esencial para proponer mejoras en la programación y control de cuadrillas de mantenimiento (ESAN, 2025). Gracias a su carácter visual, los equipos de trabajo pueden interpretar con mayor rapidez la información del proceso y comunicarla de manera uniforme a los distintos niveles jerárquicos involucrados en la gestión del mantenimiento (IBM, 2024).

Asimismo, el empleo de símbolos estandarizados para inicio, actividad, decisión, documento y conexión aporta un lenguaje común que asegura uniformidad en la representación de los procesos y facilita la detección de cuellos de botella y rutas alternativas dentro del flujo de trabajo (Lucidchart, 2025). Cada símbolo se asocia a una acción u operación específica, lo que permite analizar con mayor precisión la relación entre la programación administrativa y la ejecución en campo de las cuadrillas de mantenimiento (ASQ, 2024).

Figura 26
Simbología ASME



Nota: Extraído de <https://www.perp/diagrflujo>

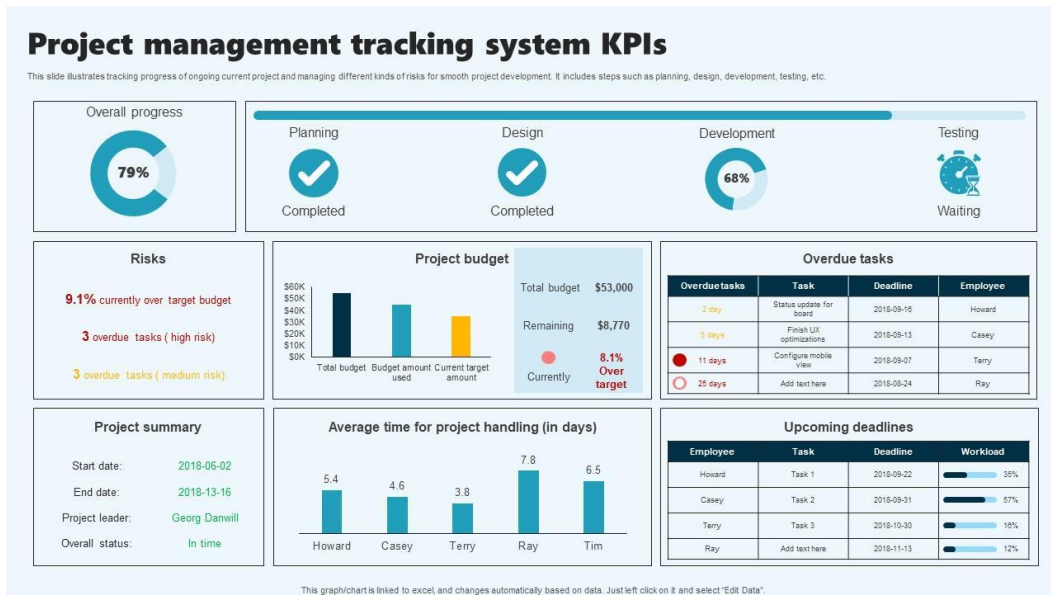
- **Indicadores (KPIs)**

El análisis de la eficiencia operativa se apoyó en la definición y seguimiento de KPIs, indicadores esenciales para medir el desempeño del proceso de atención de órdenes en redes energizadas. Entre los más relevantes se incluyeron el *Lead Time* (tiempo total desde la programación hasta la ejecución), el *Cycle Time* (tiempo por actividad), el inventario en proceso (*WIP*) y la proporción de tiempo de valor agregado frente al total del ciclo. Estos indicadores permitieron identificar cuellos de botella, acumulación de trabajos y demoras en la gestión de información (Liker, 2021).

La literatura Lean destaca que los KPIs son herramientas críticas para evaluar la efectividad de las mejoras implementadas, ya que proporcionan datos objetivos que facilitan la toma de decisiones (Womack & Jones, 2003). En este trabajo, los KPIs fueron

fundamentales para comparar el estado inicial caracterizado por altos tiempos de espera y exceso de inventario con el estado futuro propuesto, evidenciando reducciones significativas en los tiempos y mejoras en la eficiencia global del proceso.

Figura 27
Indicadores KPIs



Nota: Extraído de <https://www.slideteam.net/kpis>

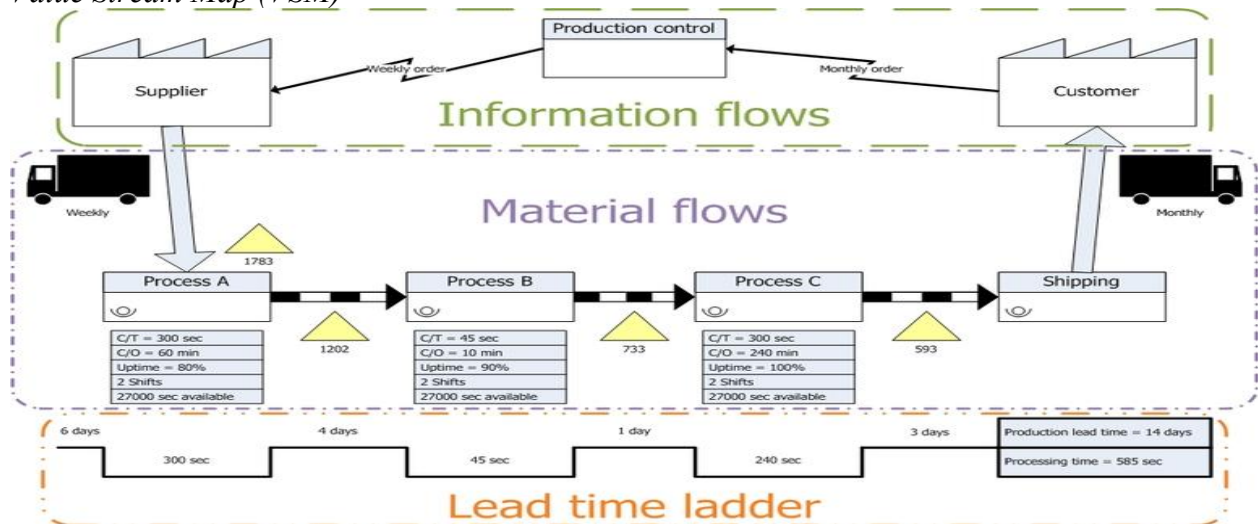
- **Value Stream Map (VSM)**

El VSM fue la herramienta central para visualizar el flujo completo de actividades y detectar desperdicios en el proceso de atención de órdenes. Se elaboraron dos mapas: uno del estado actual, que mostró altos tiempos de espera, exceso de inventario y flujos informacionales manuales, y otro del estado futuro, que incorporó mejoras como la reducción de tiempos de ciclo, la eliminación de acumulaciones y la digitalización de la información (Rother & Shook, 2009).

El carácter visual del VSM facilitó la comprensión del proceso por parte del equipo y permitió priorizar acciones de mejora con base en datos objetivos. En esta tesis, el VSM no solo evidenció las oportunidades de optimización, sino que también sirvió como

herramienta de comunicación para alinear a todas las áreas involucradas en la implementación de cambios.

Figura 28
Value Stream Map (VSM)



Nota: Extraído de <https://www.purdue.edu/value-stream-mapping/>

- **Listas de verificación (check-list)**

La aplicación de una lista de verificación permitió asegurar la correcta ejecución de cada fase del Value Stream Mapping. Esta herramienta organizó las actividades en pasos secuenciales: definición del alcance, levantamiento del estado actual, identificación de desperdicios, diseño del estado futuro, implementación y verificación (Fractal, 2023).

El uso de check-lists en proyectos Lean es ampliamente recomendado por su capacidad para estandarizar procesos y evitar omisiones críticas (Gemba Academy, 2024). En el contexto de esta tesis, la lista de verificación garantizó que se consideraran aspectos clave como la capacitación del equipo, la medición de tiempos, la digitalización de flujos y la validación de resultados, contribuyendo a la solidez metodológica y a la sostenibilidad de las mejoras propuestas.

Figura 29

Listas de verificación (check-list)



Nota: Extraído de <https://www.checklist.com>

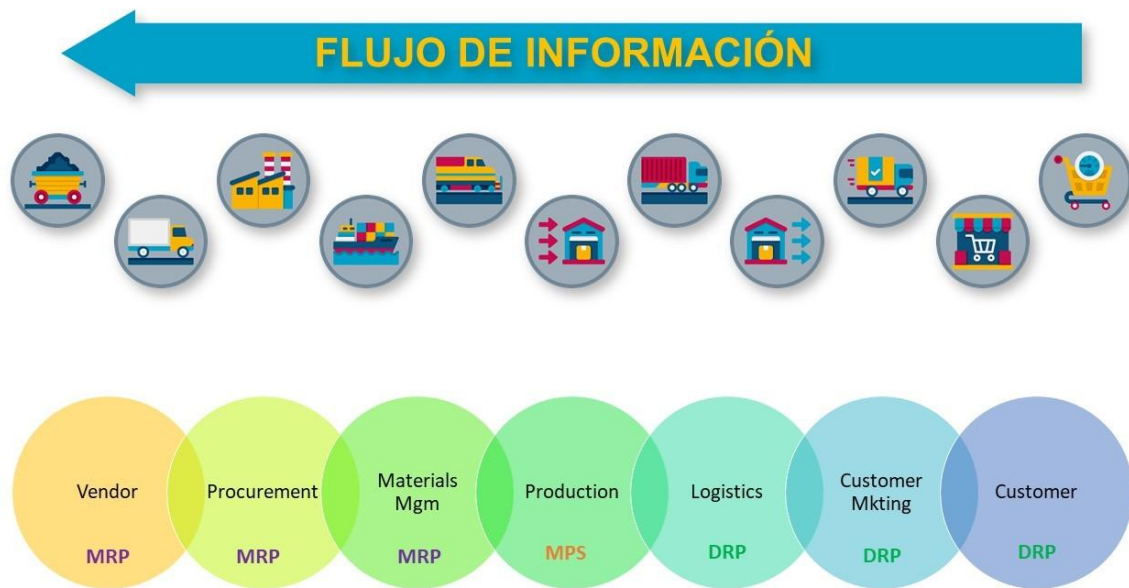
- **Análisis de flujos de información y recursos**

El análisis del flujo de información permitió identificar las ineficiencias derivadas de la gestión manual de datos, como la duplicidad de registros en Excel y SAP, demoras en la actualización y falta de trazabilidad. Esta herramienta se basó en principios de VSM 4.0, que enfatizan la integración de flujos físicos y digitales para optimizar procesos (Hines et al., 2021).

En este trabajo, se evidenció que más del 80 % de la información se gestionaba de forma manual, lo que generaba retrasos y errores. La propuesta de digitalización mediante Power Apps y SharePoint redujo significativamente el tiempo de transmisión de datos y mejoró la visibilidad del proceso, alineándose con las recomendaciones de la literatura sobre transformación digital en entornos Lean (Buer et al., 2021).

Gracias a este análisis, fue posible demostrar cómo la digitalización contribuye a la reducción del *Lead Time* y a la mejora de la toma de decisiones en tiempo real.

Figura 30
Análisis de flujos de información y recursos



Nota: Extraído de <https://www.linkedin.com/el-flujo-de-informacion>

2.7.2 Herramientas digitales de planificación y asignación de recursos

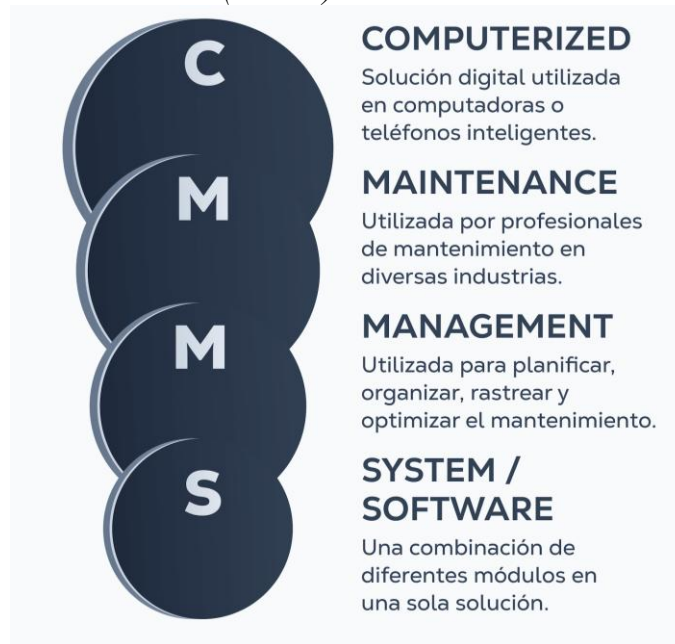
Estas herramientas permiten estructurar las actividades desde la fase de pre-trabajo hasta la ejecución y cierre operativo.

- **Sistemas de Gestión de Mantenimiento (CMMS)**

Los CMMS (Computerized Maintenance Management Systems) permiten registrar equipos, historial de fallas, órdenes de trabajo, recursos asignados y tiempos de intervención. Facilitan la generación automática de órdenes y la trazabilidad completa del ciclo de mantenimiento. Entre sus beneficios destacan: estandarización de la información operativa, eliminación de duplicidad de datos, mejor estimación de tiempos y costos, y generación de indicadores clave (KPIs) (Fernández & Rivas, 2021).

Figura 31

Sistemas de Gestión de Mantenimiento (CMMS)



Nota: Extraído de <https://traction.com/>

- **Plataformas GIS integradas a mantenimiento**

Los Sistemas de Información Geográfica (GIS) permiten ubicar con precisión alimentadores, estructuras, equipos y puntos de interés. Son esenciales para determinar rutas óptimas para cuadrillas, visualizar condiciones del entorno, identificar circuitos de respaldo y facilitar análisis de criticidad por ubicación (Pérez & Aguilar, 2021). En Luz del Sur se utiliza la versión GIS 1.0.9.

- **Sistemas de Gestión de Personal y Flota (WFM, Work Force Management)**

Herramientas WFM permiten asignar personal especializado, validar certificaciones vigentes (trabajos energizados, espacio confinado, alturas) y optimizar rutas. Mejoran la asignación de cuadrillas según habilidades, el control de disponibilidad de vehículos y herramientas, y la trazabilidad en tiempo real de la ejecución (Ramírez & Duarte, 2020).

La digitalización de base de datos y el uso integrado de CMMS, GIS y WFM mejoran la trazabilidad, reducen errores de registro y facilitan una asignación más eficiente de cuadrillas y recursos.

Figura 32
WFM, Work Force Management



Nota: Extraído de <https://www.istockphoto.com>

- **SAP**

Empleado por Luz del Sur para la gestión de órdenes de trabajo, consulta de historial de activos y registro de actividades de mantenimiento, integrándose progresivamente a los procesos operativos.

La disponibilidad de datos digitales facilita el cálculo de SAIDI y SAIFI, la identificación de patrones de fallas, la automatización de reportes y la mejora de la programación.

Figura 33
Sistema de Gestión SAP



Nota: Extraído de <https://www.itop.es>

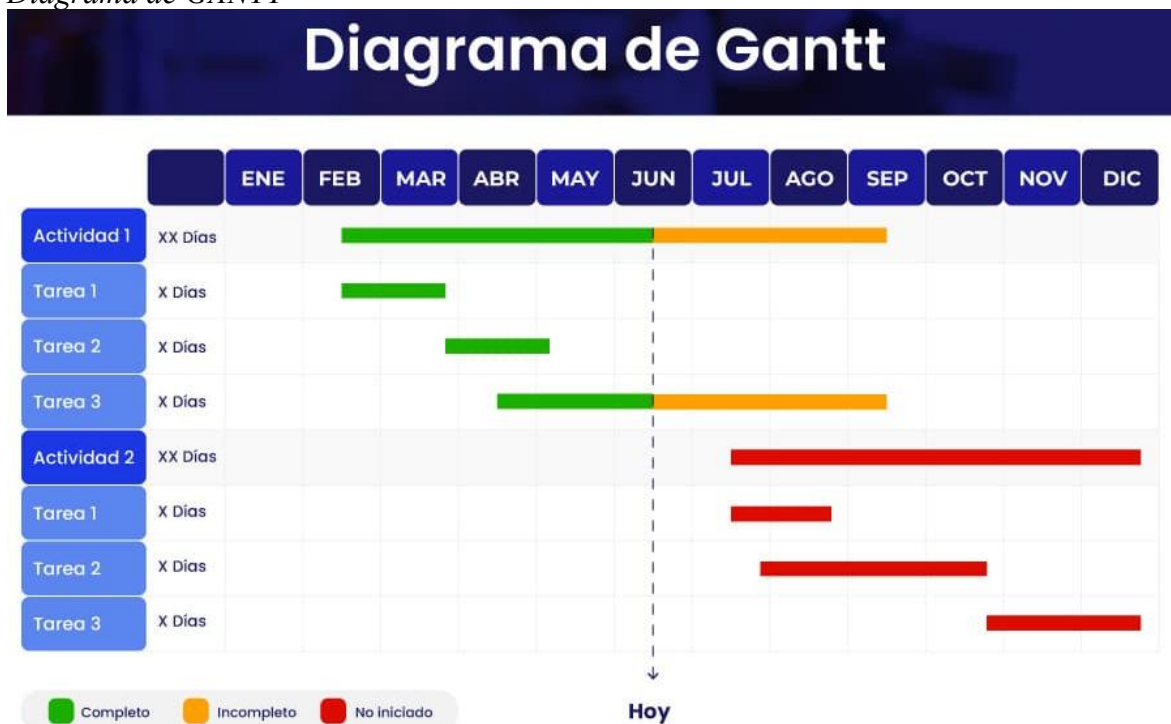
2.7.3 Técnicas de planificación temporal: Gantt y ruta crítica

La planificación temporal es indispensable para definir secuencias, duraciones y relaciones entre actividades.

- **Diagrama de Gantt**

Permite visualizar la programación de cada tarea a lo largo del tiempo, identificar actividades paralelas y evaluar desviaciones. Se emplea especialmente para intervenciones repetitivas o procedimientos estandarizados.

Figura 34
Diagrama de GANTT

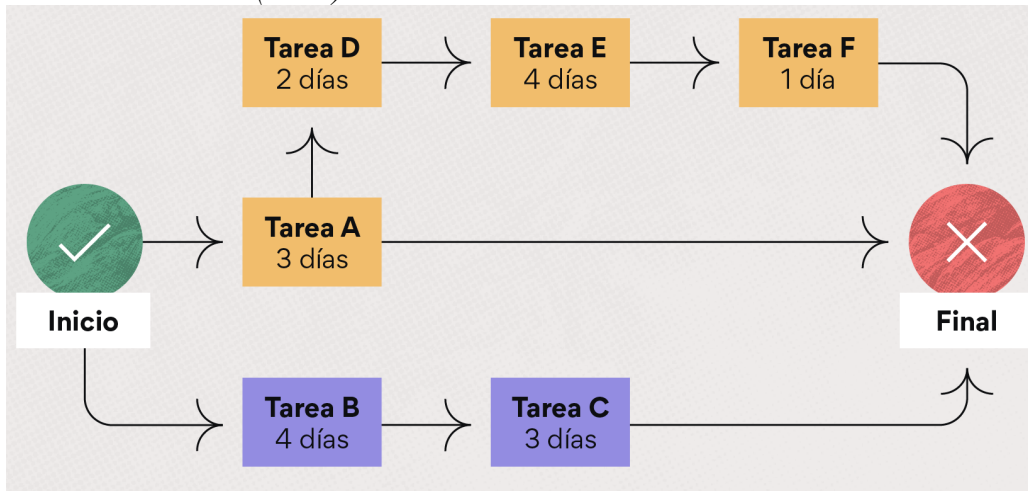


Nota: Extraído de <https://www.questionpro.com>

- **Método de la Ruta Crítica (CPM)**

Permite identificar las actividades cuya demora afectaría directamente la finalización total del trabajo. En redes energizadas, CPM se usa para determinar la secuencia crítica de pasos, optimizar la ventana operativa y evaluar el impacto de restricciones (equipos, permisos, recursos) (Soto & Benavides, 2020).

Figura 35
Método de la Ruta Crítica (CPM)



Nota: Extraído de <https://asana.com>

2.7.4 Herramientas de análisis de riesgos aplicadas a trabajos en caliente

El trabajo en redes energizadas (trabajo en “vivo”) exige metodologías rigurosas de identificación, análisis y mitigación de riesgos (IEEE Std 516, 2018).

- **Matriz de Riesgos**

La matriz de riesgos es una herramienta que permite a las organizaciones gestionar los riesgos de manera efectiva. Se utiliza para visualizar y priorizar los riesgos en función de dos dimensiones clave: probabilidad e impacto. Esto ayuda a los responsables de la toma de decisiones a entender rápidamente los riesgos y a implementar estrategias adecuadas para mitigarlos.

Figura 36
Matriz de Riesgos



Nota: Extraído de <https://blog.comparasoftware.com>

- **Procedimientos AST / PETAR**

“Análisis Seguro de Trabajo” y “Permiso de Trabajo de Alto Riesgo” formalizan la intervención, incluyendo la identificación de peligros, revisión de procedimientos de trabajo en tensión (TCT), validación de EPP y autorización formal del supervisor.

Figura 37
Estructura operativa y técnica de la Cuadrilla de Redes Energizadas



Nota: Extraído de <https://www.luzdelsur.pe>

2.7.5 Control de ejecución y retroalimentación operativa

- **Check-lists operativos**

Listas de verificación que garantizan que cada etapa del procedimiento se ejecute sin omisiones, permitiendo simplificar actividades repetitivas y estandarizando procedimientos.

- **Monitoreo en tiempo real**

Radios, GPS, aplicaciones móviles o sistemas SCADA registran inicio y fin de actividades, condiciones del circuito y eventos inesperados.

Figura 38

Centro de monitoreo SCADA



Nota: Extraído de <https://procetradi.com>

- **Informes de cierre y lecciones aprendidas**

Permiten retroalimentar la programación futura mediante tiempos reales vs planificados, desviaciones, causas y propuestas de mejora.

2.7.6 Normativas y estándares que condicionan la planificación

La planificación en redes energizadas debe alinearse con estándares nacionales e internacionales: IEEE 516, NFPA 70E, Código Nacional de Electricidad del Perú (CNE) y procedimientos internos de Luz del Sur S.A.A., estableciendo distancias de seguridad, competencias del personal, requisitos de permisos y criterios de suspensión de actividades (IEEE Std 516, 2018; NFPA 70E, 2021).

Figura 39

Normatividad en trabajos eléctricos.



Nota: Extraído de <https://www.buildersbook.com>

2.7.7 Herramientas de evaluación económica

- **Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC)**

El Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC) se emplea en este trabajo como la tasa de descuento para evaluar la conveniencia económica de la propuesta de optimización de la programación de cuadrillas de mantenimiento. El WACC se define como el costo promedio que afronta la empresa por los recursos financieros que utiliza, al ponderar el costo de la deuda y el costo del capital propio según su participación en la estructura de financiamiento (Infoautónomos, 2024). En términos financieros, representa la rentabilidad mínima que deben generar los proyectos para no disminuir el valor de la empresa.

Aplicado a la presente tesis, el WACC se utiliza para actualizar los flujos de caja que provienen de los ahorros por reducción de trabajos no ejecutados, reprogramaciones, tiempos de espera y traslados innecesarios de cuadrillas. Al descontar estos flujos con el WACC se obtiene un Valor Actual Neto coherente con el riesgo y el costo de capital de la organización, lo que permite determinar si la mejora en la programación de cuadrillas genera una rentabilidad superior al costo de los fondos utilizados para financiarla (ESAN, 2025).

$$WACC = K_e \cdot \frac{E}{E+D} + K_d \cdot (1 - T) \cdot \frac{D}{E+D} \quad (5)$$

- *WACC*: costo promedio ponderado de capital; es la tasa mínima que debe generar tu proyecto de mejora de programación de cuadrillas para no destruir valor.
- K_e : costo del capital propio (rentabilidad exigida por los accionistas).
- K_d : costo de la deuda (tasa de interés efectiva que paga la empresa por sus préstamos).
- T : tasa de impuesto a la renta; se descuenta porque los intereses son gasto deducible, por eso aparece $(1-T)(1-T)$.
- E : valor del patrimonio (equity) de la empresa.
- D : valor de la deuda financiera.

- **Valor Actual Neto (VAN)**

El Valor Actual Neto (VAN) se emplea en este trabajo como un criterio de rentabilidad para evaluar la conveniencia económica de la propuesta de optimización de la programación de cuadrillas de mantenimiento en redes eléctricas. El VAN se obtiene como la diferencia entre la suma de los flujos de caja futuros descontados y la inversión inicial necesaria para implementar las mejoras planteadas, utilizando una tasa que refleja el costo

del capital de la empresa (Fajardo et al., 2019). En este caso, los flujos futuros consideran los ahorros derivados de la reducción de trabajos no ejecutados, reprogramaciones, tiempos de espera y traslados innecesarios de cuadrillas.

La interpretación del VAN permite decidir sobre la ejecución del proyecto: un VAN positivo indica que los ingresos actualizados superan a los desembolsos, por lo que la propuesta genera valor y resulta recomendable; por el contrario, un VAN negativo revela que los costos son mayores que los beneficios esperados, desaconsejando su implementación (Peña et al., 2019). De este modo, el VAN se convierte en un indicador clave para determinar si la mejora en la programación de cuadrillas contribuye efectivamente a la creación de valor económico para la empresa distribuidora.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (6)$$

Donde:

- F_t = Flujo neto de caja en el período t .
- r = Tasa de descuento o costo de oportunidad del capital.
- I_0 = Inversión inicial.
- n = Número de períodos.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) se utiliza como indicador complementario del VAN para medir la rentabilidad relativa de la propuesta. La TIR se define como aquella tasa de descuento que hace que el Valor Actual Neto sea igual a cero, es decir, cuando el valor presente de los ingresos generados por el proyecto equivale al monto de la inversión inicial (Vásquez et al., 2017). Este índice refleja la tasa máxima de rendimiento que el proyecto puede ofrecer a los inversionistas.

En la práctica, una TIR es considerada aceptable cuando supera la tasa mínima de retorno exigida por la empresa o el costo de capital. Esto asegura que el proyecto no solo recupera su inversión, sino que genera un rendimiento atractivo (Damodaran, 2015).

Aplicado a la presente tesis, una TIR mayor que el costo del capital indica que las inversiones en herramientas digitales, capacitación y rediseño del proceso de programación de cuadrillas no solo mejoran la eficiencia operativa, sino que también resultan financieramente rentables para la organización.

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} - I_0 \quad (7)$$

Donde:

- FC_t: Flujo de caja en el periodo t.
- TIR: Tasa Interna de Retorno.
- I₀: Inversión inicial.
- n: Número total de periodos.

2.8 Seguridad eléctrica y normativa aplicable

Los trabajos en redes eléctricas representan un riesgo inherente debido a la presencia de alta tensión y corriente. Por ello, las empresas distribuidoras deben implementar protocolos estrictos de seguridad, basados en normativas nacionales e internacionales, para proteger tanto al personal como la continuidad del servicio (IEEE Std 516, 2018; NFPA 70E, 2021).

Los protocolos de trabajos con tensión (TCT) son procedimientos técnicos que definen las condiciones bajo las cuales se permite la manipulación de conductores y equipos energizados. Estos protocolos incluyen distancias de seguridad específicas según el nivel de tensión, procedimientos de aislamiento, criterios de autorización del personal,

verificación de equipos de protección personal (EPP) y supervisión técnica durante la intervención (IEC, 2018).

La seguridad eléctrica también se asegura mediante la evaluación de riesgos previos a la actividad, que considera peligros potenciales como descargas atmosféricas, fallas de aislamiento, caídas de objetos, errores humanos y contingencias logísticas. La aplicación de matrices de riesgo permite clasificar las amenazas según su severidad y probabilidad, facilitando la priorización de medidas preventivas.

Adicionalmente, la normativa establece que la programación operativa de trabajos energizados debe contemplar tiempos mínimos para inspección, preparación, ejecución y verificación de cada actividad, garantizando que la seguridad no sea comprometida por la presión de cumplir con horarios o metas productivas. La integración de procedimientos estandarizados y check-lists operativos contribuye a minimizar errores, prevenir accidentes y asegurar que cada intervención cumpla con los estándares de calidad y seguridad (Fernández & Calderón, 2020).

Figura 40
Seguridad Eléctrica



Nota: Google. (2025). Gemini (versión IA). <https://gemini.google.com>

2.9 Digitalización y automatización de procesos

La digitalización en empresas distribuidoras de energía eléctrica permite transformar procesos tradicionales basados en registros manuales en sistemas integrados que optimizan la trazabilidad, planificación y control de actividades (Davenport, 2018).

El uso de herramientas digitales como CMMS, GIS y sistemas de gestión de flota (WFM) no solo facilita la planificación y asignación de recursos, sino que también permite registrar información en tiempo real, como el inicio y fin de cada actividad, condiciones operativas y eventos imprevistos. Esto genera una base de datos confiable que alimenta la toma de decisiones y el análisis de desempeño de cuadrillas.

La automatización de reportes y la integración de bases de datos permiten identificar patrones de fallas, medir indicadores de continuidad (SAIDI, SAIFI) y evaluar la eficiencia de las intervenciones. Esto contribuye a la mejora continua mediante ajustes basados en evidencia, facilitando la identificación de cuellos de botella, retrasos o riesgos no previstos (Gutiérrez & Molina, 2022).

2.10 Gestión logística e inventario de materiales eléctricos

La eficiencia del mantenimiento depende de la disponibilidad oportuna de materiales y equipos. Una gestión logística ineficiente puede provocar retrasos en los trabajos programados, aumentar costos operativos y afectar la continuidad del suministro (Rushton et al., 2022).

Las empresas distribuidoras aplican metodologías de clasificación ABC para priorizar componentes críticos, sistemas de codificación técnica para facilitar identificación rápida y modelos de inventario que determinan niveles óptimos de reposición. La digitalización permite además registrar consumos por cuadrilla, analizar tendencias de uso,

prevenir quiebres de stock y asegurar que cada intervención cuente con los recursos necesarios.

2.10.1 Clasificación ABC

La clasificación ABC divide un conjunto de elementos en tres categorías basadas en su nivel de importancia o contribución al valor total.

- **A** : Muy importantes (aprox. 10–20% del total de ítems representan 70–80% del valor), características típicas:

Alto impacto en el sistema si fallan.

Altos costos asociados.

Requieren control estricto, monitoreo continuo o mantenimiento preventivo intensivo.

Ejemplo en redes eléctricas: transformadores de potencia, alimentadores principales, reconectores, equipos con alto costo o alta incidencia en SAIDI/SAIFI.

- **B**: Importancia intermedia (aprox. 20–30% de ítems representan 10–20% del valor), son elementos relevantes, pero no tan críticos como A.

Características típicas:

Impacto medio ante fallas.

Costos moderados.

Gestión regular, controles programados.

Ejemplo: seccionadores, equipos de medición, algunos interruptores o protecciones.

- **C**: Menor importancia (aprox. 50–70% de ítems representan solo 5–10% del valor), son elementos de bajo impacto individual.

Características:

Costos bajos.

Fallas con impacto mínimo en el servicio.

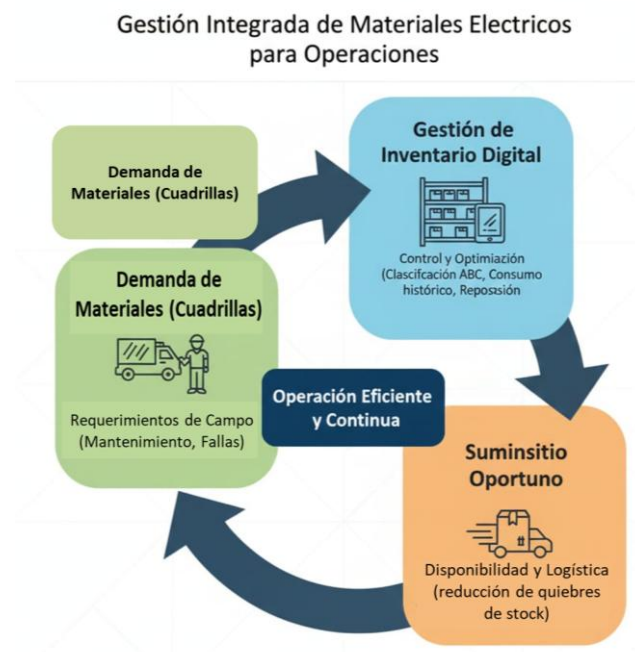
Control básico, inventario grande.

Ejemplo: fusibles, conectores, accesorios menores.

El control logístico eficiente también considera aspectos operativos, como la ubicación geográfica de los materiales, la coordinación de transporte y la sincronización con la programación de cuadrillas, garantizando que la disponibilidad de insumos no interfiera con la ejecución segura y puntual de los trabajos (Kerzner, 2017).

Figura 41

Gestión integral de materiales eléctricos



Nota: Google. (2025). Gemini (versión IA). <https://gemini.google.com>

2.11 Análisis de riesgos operativos asociados a la programación

El análisis de riesgos operativos es una herramienta esencial para evaluar vulnerabilidades en la programación de cuadrillas y anticipar posibles fallas o retrasos. Los riesgos pueden originarse en fallas de comunicación entre áreas, deficiencias en el

abastecimiento de materiales, errores en la planificación de rutas, contingencias del sistema eléctrico o condiciones ambientales adversas (Hopkin, 2018).

La evaluación combina criterios de probabilidad, severidad y exposición, lo que permite priorizar controles y definir estrategias preventivas. Entre las metodologías empleadas destacan las matrices de riesgo, que visualizan los peligros y asignan niveles de criticidad, y el análisis Bow-Tie, que ilustra causas, eventos críticos y consecuencias potenciales.

$$\textit{Nivel de Riesgo} = \textit{Probabilidad de falla} \times \textit{severidad} \quad (8)$$

Este enfoque permite tomar decisiones fundamentadas sobre la asignación de recursos, la programación de actividades y la implementación de medidas preventivas que aseguren la seguridad del personal y la confiabilidad del sistema eléctrico (IEC, 2018).

2.12 Mejora continua aplicada al proceso de programación

La mejora continua constituye un principio fundamental para optimizar la programación de cuadrillas y adaptarse a la dinámica del sistema eléctrico. El ciclo PDCA (Plan–Do–Check–Act) permite evaluar procesos, implementar ajustes, medir resultados y estandarizar mejoras exitosas (Deming, 1986).

La implementación de mejora continua implica:

- Identificación de oportunidades de optimización basadas en indicadores de desempeño y retroalimentación del personal.
- Ejecución de pruebas piloto o ajustes controlados en la programación de cuadrillas.
- Medición de resultados y comparación con los objetivos iniciales, incluyendo indicadores como SAIDI, SAIFI y tiempos de ejecución.

- Institucionalización de prácticas exitosas y generación de protocolos estandarizados que fortalezcan la seguridad y eficiencia operativa.

Este enfoque promueve una cultura organizacional orientada a la innovación, donde la retroalimentación del personal de campo permite detectar problemas reales y desarrollar soluciones viables que fortalecen la calidad del servicio eléctrico (Liker & Convis, 2021).

Figura 42

Ciclo de mejora continua



Nota: Google. (2025). Gemini (versión IA). <https://gemini.google.com>

CAPÍTULO III. DESCRIPCION DE LA EXPERIENCIA

La presente experiencia profesional fue desarrollada de manera conjunta por los autores José Hugo Ludeña y Raul Ames Vasquez, colaboradores de Luz del Sur S.A.A., empresa concesionaria de distribución eléctrica en la zona sur de Lima. Ambos profesionales cuentan con trayectoria en operaciones de redes, inspección de trabajos, liquidación de órdenes y coordinación de cuadrillas, lo que les permitió conocer de forma directa el funcionamiento del proceso de programación y control de trabajos de mantenimiento en redes eléctricas.

En el desempeño de sus funciones, los autores participaron en la planificación diaria de trabajos programados y en la atención de emergencias, así como en la revisión de bases de datos operativas y reportes de cumplimiento de programación. Esta experiencia evidenció discrepancias entre lo programado y lo realmente ejecutado, junto con debilidades en el registro y seguimiento de los trabajos, aspectos que posteriormente se analizan en detalle en la sección de problemática de la empresa.

3.1 Problemática en la programación de cuadrillas

La empresa Luz del Sur S.A.A. presenta dificultades en la gestión del proceso de programación y control de cuadrillas de mantenimiento en redes eléctricas, lo que repercute negativamente en la eficiencia operativa, en la trazabilidad de las órdenes de trabajo y en la atención oportuna de las solicitudes internas. En la práctica se observa un número importante de actividades programadas que finalmente no se ejecutan, lo que evidencia intervenciones reprogramadas o canceladas sin un seguimiento adecuado, muchas de ellas asociadas a la atención de trabajos de emergencia fuera del programa.

Asimismo, se identifican múltiples casos de trabajos suspendidos sin que se registre de manera sistemática el motivo, pese a que responden de forma recurrente a factores

como falta de inspección previa adecuada, condiciones inseguras de la red o de las estructuras, deficiencias mecánicas en las unidades, ausentismo del personal, ausencia de personal de seguridad o unidades de apoyo y sobre programación de trabajos por cuadrilla. Esta situación genera traslados innecesarios, tiempos ociosos, reprogramaciones sucesivas y un uso ineficiente de los recursos, afectando la continuidad del servicio eléctrico y los indicadores internos de productividad.

3.2 Problema principal

Cuando se inició el trabajo de suficiencia laboral, el primer paso fue identificar el problema central relacionado con la gestión operativa. En este caso, la cuestión principal se formuló de la siguiente manera:

- ¿En qué medida la optimización del proceso de programación de trabajos de cuadrillas de mantenimiento en redes eléctricas, mediante el uso de herramientas administrativas, digitales y metodologías Lean, influye en la reducción de trabajos no ejecutados y reprogramados en la empresa Luz del Sur S.A.A.?

A partir de este problema general se definieron los siguientes problemas específicos, orientados a abordar los aspectos clave de la programación de cuadrillas:

- ¿En qué medida la situación actual del proceso de programación de trabajos de cuadrillas difiere entre lo planificado y lo realmente ejecutado en Luz del Sur S.A.A.?
- ¿Cómo se implementaría el uso de herramientas administrativas, digitales y de mejora continua con el fin de incrementar la eficiencia de la programación de trabajos de cuadrillas de mantenimiento?

- ¿Qué nivel de influencia tiene la implementación de estas herramientas y metodologías en la disminución de trabajos no ejecutados, reprogramaciones y traslados innecesarios de cuadrillas?

3.3 Objetivo principal

El objetivo principal planteado en el trabajo es:

- Determinar de qué manera la optimización del proceso de programación de trabajos de cuadrillas de mantenimiento, mediante el uso de herramientas administrativas, digitales y metodologías Lean, influye en la reducción de trabajos no ejecutados y reprogramados en Luz del Sur S.A.A.

3.4 Objetivos específicos

De este objetivo general se derivan los siguientes objetivos específicos:

- Analizar la situación actual de la programación de trabajos de cuadrillas de mantenimiento, identificando la brecha entre los trabajos programados y los efectivamente ejecutados.
- Diseñar e implementar una propuesta de mejora del proceso de programación de trabajos que integre herramientas administrativas, sistemas digitales de registro y seguimiento, y metodologías Lean aplicadas a la gestión de cuadrillas.
- Evaluar la influencia de la propuesta implementada en la reducción de trabajos de cuadrillas no ejecutados, reprogramaciones, suspensiones en campo y traslados innecesarios de cuadrillas.

3.5 Estrategia para la aplicación de la propuesta

Como parte de la estrategia para la aplicación de la propuesta, se definieron fases secuenciales con objetivos y herramientas específicas, orientadas a garantizar una implementación ordenada de la mejora del proceso de programación de cuadrillas.

Tabla 3

Fases usadas para la aplicación de la propuesta

Fase	Objetivos	Herramientas principales
Evaluación	Analizar la situación actual de la programación de trabajos de cuadrillas de mantenimiento, identificando la brecha entre los trabajos programados y los efectivamente ejecutados.	Herramientas: indicadores, Ishikawa, Pareto, análisis de flujos, VSM actual, listas de verificación, análisis de flujos de información y recursos.
Implementación	Diseñar e implementar una propuesta de mejora del proceso de programación de trabajos que integre herramientas administrativas, sistemas digitales de registro y seguimiento, y metodologías Lean aplicadas a la gestión de cuadrillas	Herramientas: Planificación, diagrama de Gantt, alcance del proyecto Análisis FODA, análisis de riesgos, matriz de riesgos, plan de proyecto, asignación de roles, indicadores, monitoreo y revisión del proceso, ciclo PDCA, acciones implementadas y nuevo flujo, Programa de capacitación, VSM futuro y flujo optimizado.
Resultados	Evaluar la influencia de la propuesta implementada en la reducción de trabajos de cuadrillas no ejecutados, reprogramaciones, suspensiones en campo y traslados innecesarios de cuadrillas	Indicadores

3.6 Evaluación

El primer paso para la optimización del proceso de programación de cuadrillas de mantenimiento en redes eléctricas en Luz del Sur S.A.A. fue realizar una evaluación detallada de la situación actual. Esta evaluación incluyó el análisis del flujo completo de la programación, desde la generación de la solicitud de trabajo hasta el cierre de la orden, la identificación de actividades que no agregaban valor y la detección de cuellos de botella que afectaban la atención oportuna de los trabajos. Se revisaron los tiempos de

programación, los cambios de prioridad por emergencias, las reprogramaciones, las suspensiones en campo y los traslados innecesarios de cuadrillas.

La recopilación y análisis de los registros históricos se centró en la data acumulada entre **enero y mayo de 2024**. Este periodo permitió obtener una muestra sólida de 5 meses de operación bajo el sistema tradicional. El procesamiento de esta información (Pareto e Ishikawa) se ejecutó durante el mes de **junio 2024**, sirviendo como el cierre formal del diagnóstico técnico.

Durante estos seis meses, se auditaron las órdenes de trabajo (OT) para identificar las causas raíz de las reprogramaciones. Este periodo de diagnóstico permitió establecer la línea base de indicadores (KPIs) antes de cualquier intervención, asegurando que los diagramas de Ishikawa y Pareto reflejaran la problemática real del área de forma previa a la ejecución de las mejoras.

Causas iniciales y línea base

Tabla 4

Principales causas de ineficiencia antes de la implementación

Ítem	Descripción	Frecuencia (FR)	% Acumulado
1	Programación sin confirmar recursos	159	37.5%
2	Modificación tardía del plan por emergencias	96	60.0%
3	Información incompleta en las órdenes de trabajo	74	77.5%
4	Falta de estandarización en criterios de prioridad	53	90.0%
5	Errores en el registro de estados en el sistema	32	97.5%
6	Otras causas menores	11	100.0%
Total		425	100%

La tabla aplica el principio de Pareto, revelando que el **77.5%** de la ineficiencia total del proceso de programación se concentraba en solo tres causas principales (Ítems 1, 2 y 3). Estas causas representan las 'mudas' más perjudiciales:

- **Muda de Espera y Reproceso (Ítem 1):** La falta de confirmación previa de recursos obligaba a la cuadrilla a esperar o a la oficina a reprocesar la programación. Esta fue la justificación principal para implementar el **check-list digital** y la validación en **Office 365**.
- **Gestión de Contingencias (Ítem 2):** La modificación tardía del plan por emergencias impactaba todo el cronograma, justificando la necesidad de un **flujo estandarizado** para la gestión de contingencias que no afecte el resto de la programación diaria.
- **Información incompleta (Ítem 3):** La información incompleta en las órdenes de trabajo generaba errores en el campo y reprogramaciones. Esto justificó la creación de los campos obligatorios en el sistema.

La propuesta de mejora se diseñó específicamente para mitigar estas tres causas.

3.6.1 Indicadores de Trabajos programados

En el período enero–mayo 2024 se programaron 1,700 trabajos, equivalentes a un promedio de 340 por mes. De ellos, 1,275 fueron ejecutados en la fecha prevista, lo que representa una eficacia del 75%. Los restantes 425 trabajos (25%) se clasifican como no ejecutados o suspendidos, constituyendo pérdidas definitivas de eficacia. Además, se registraron 600 trabajos reprogramados como eventos de proceso: son órdenes trasladadas a otra fecha, muchas de las cuales se ejecutan posteriormente, mientras que otras pueden terminar suspendidas o convertidas en no ejecutadas.

Los trabajos ejecutados son aquellos cumplidos en la fecha programada y reflejan directamente la eficacia del proceso. Los trabajos no ejecutados corresponden a órdenes canceladas en el período, que no se realizaron y se consideran pérdidas definitivas; suelen deberse a causas como falta de inspección previa, información incompleta o cancelación por emergencias. Los trabajos reprogramados, en cambio, son órdenes que no se realizaron en la fecha prevista, pero se trasladaron a otra fecha; no constituyen pérdidas definitivas, sino un indicador de inestabilidad en la programación. En este sentido, los reprogramados reflejan problemas de gestión, pero mantienen la posibilidad de ejecución futura.

Un aspecto particular es la atención de emergencias, que aparece como causa tanto en los trabajos reprogramados como en los no ejecutados. Esto se debe a que, cuando una cuadrilla se desvía para atender una emergencia, la orden original puede tener dos destinos distintos: si se traslada a otra fecha, se contabiliza como reprogramada; si se cancela definitivamente porque la emergencia consumió los recursos o porque perdió sentido realizarla, se contabiliza como no ejecutada. Por ello, la categoría “Emergencias” se refleja en ambos indicadores, aunque con significados diferentes

Tabla 5

Indicadores de la programación antes de la implementación

Indicador / Proceso	Valor inicial
Trabajos ejecutados / trabajos programados	75%
Trabajos reprogramados por mes	120
Trabajos no ejecutados por mes	85
Tiempo promedio de ciclo de programación	480 min (8 horas)

Los valores iniciales presentados en la Tabla evidencian la necesidad de intervención. Una **eficacia de ejecución del 75%** y un volumen alto de **trabajos no ejecutados (85 al mes) y reprogramados (120 al mes)**, demuestran que el proceso estaba cargado de ineficiencias y actividades sin valor agregado (mudas). El **tiempo de ciclo de 8**

horas para la programación refleja la carga administrativa y la falta de estandarización que el enfoque VSM identificó y buscó eliminar con la propuesta de mejora.

Tabla 6
Principales causas de ineficiencia operacional

Causa identificada	Frecuencia	Porcentaje
Falta de confirmación de recursos	159	37.5%
Cambios de prioridad no formalizados	96	22.5%
Órdenes con datos incompletos	74	17.5%
Total	425	77.5%

Nota. La suma no alcanza el 100% porque estas tres causas representan el 77.5% de la problemática total, dejando el 22.5% restante en 'otras causas menores' no detalladas en esta tabla.

Las tres causas identificadas en la Tabla concentran el 77.5% de la ineficiencia operacional del proceso de programación, lo que valida la necesidad de enfocar la solución en la estandarización y la trazabilidad. La Falta de confirmación de recursos (37.5%) era la principal fuente de muda de espera y reproceso, mientras que los Cambios de prioridad (22.5%) y los Datos incompletos (17.5%) generaban la mayor cantidad de defectos y trabajos no ejecutados en el campo. Estas cifras fueron la base para el diseño del nuevo flujo de actividades, el cual implementó filtros (check-lists) y digitalización (Office 365) para mitigar estas ineficiencias críticas.

Tabla 7
Situación actual de la programación de cuadrillas antes de la mejora

Indicador / Proceso	Valor inicial	Observación
Trabajos ejecutados / programados	75%	Alta cantidad de reprogramaciones y cancelaciones debido a información incompleta y falta de recursos.
Trabajos no ejecutados	85 al mes	Causas no siempre registradas o ambiguas , impidiendo el análisis de causa raíz para la mejora continua.
Reprogramaciones por mes	120 al mes	Cambios frecuentes en el plan diario debido a la gestión informal de emergencias y falta de un criterio de prioridad claro.
Tiempo promedio de atención	480 min (8 horas)	Afectado por falta de coordinación de recursos y procesos manuales de validación, consumiendo tiempo sin valor agregado.

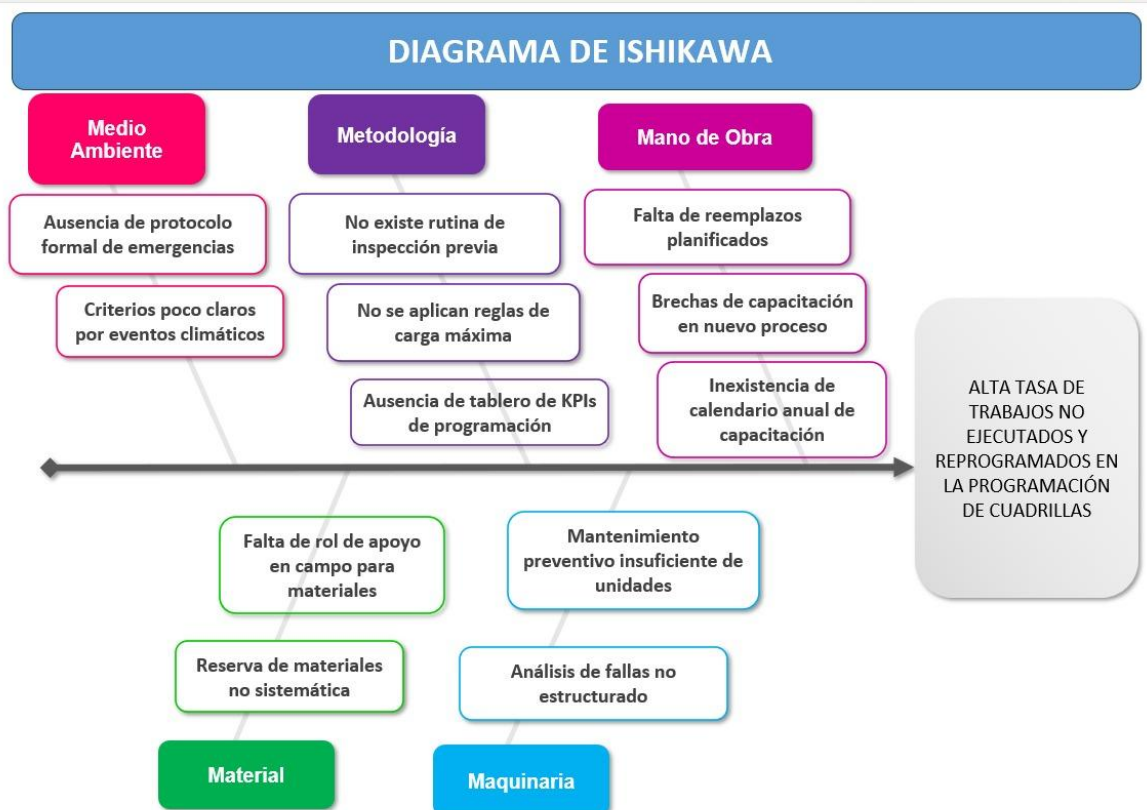
Esta Tabla establece la situación crítica del proceso antes de la mejora. El bajo ratio de ejecución (75%) y el elevado número de reprogramaciones (120 al mes) demuestran una alta inestabilidad operacional. La observación crítica indica que los principales problemas no eran de falta de mano de obra, sino de control administrativo: la ausencia de registro de causas y la gestión manual de recursos eran las principales fuentes de muda (desperdicio) que la implementación del enfoque VSM y la digitalización buscaron corregir.

3.6.2 Diagrama de Ishikawa de la problemática

Con el propósito de determinar las causas raíz de la problemática descrita, se elaboró un diagrama de causa-efecto (Ishikawa) estructurado en cinco categorías de análisis: Medio Ambiente, Metodología, Mano de Obra, Material y Maquinaria.

Figura 43

Diagrama de Ishikawa de la problemática



Nota: Elaboración propia con datos de Luz del Sur S.A.A.

En la Figura se representan las principales causas que contribuyen a la alta tasa de trabajos no ejecutados, entre las que destacan las emergencias que desvían recursos, la falta de protocolos de validación y el uso de procesos manuales, el ausentismo del personal, la falta de materiales en campo y las fallas de las unidades y brazos hidráulicos.

La lectura del diagrama permite visualizar de manera integrada cómo estos factores interactúan y se concentran en el problema central, evidenciando la necesidad de estandarizar la programación, fortalecer la gestión del personal y mejorar la disponibilidad de recursos para las cuadrillas de mantenimiento.

3.6.3 Diagrama de Pareto

Con la finalidad de priorizar las causas que explican la alta tasa de trabajos no ejecutados, se aplicó el diagrama de Pareto a los casos clasificados según su motivo principal.

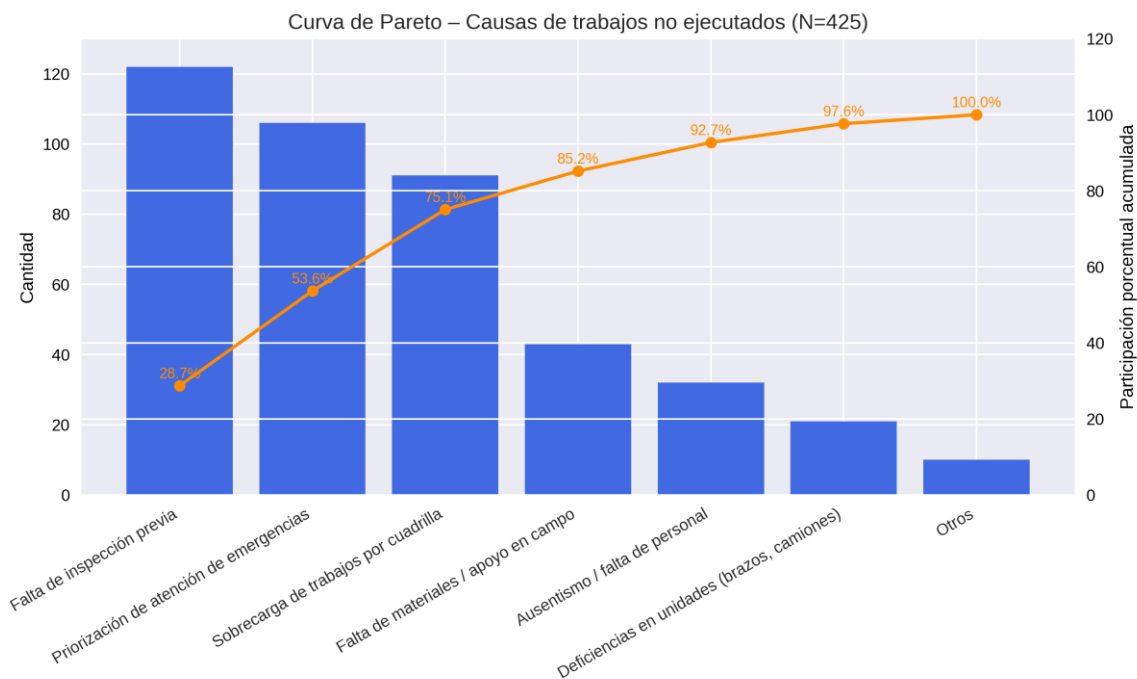
Tabla 8
Cantidad de trabajos no ejecutados

Item	Causa	FR	FR %	FA %
1	Falta de inspección previa	122	26.7%	26.7%
2	Priorización de atención de emergencias	106	23.3%	50.0%
3	Sobrecarga de trabajos por cuadrilla	91	16.7%	66.7%
4	Falta de materiales / apoyo en campo	43	13.3%	80.0%
5	Ausentismo / falta de personal	32	10.0%	90.0%
6	Deficiencias en unidades (brazos, camiones)	21	6.7%	96.7%
7	Otros	10	3.3%	100.0%

La Tabla cantidad de trabajos no ejecutados muestra la frecuencia absoluta, el porcentaje de frecuencia relativa y el porcentaje de frecuencia relativa acumulado de cada causa considerada.

Los resultados evidencian que la falta de inspección previa de los trabajos y la priorización de atención de emergencias concentran en conjunto el 50% de las intervenciones no ejecutadas, seguidas por la sobrecarga de trabajos por cuadrilla y la falta de materiales o recursos de apoyo, que elevan el porcentaje acumulado al 80%. Las causas restantes ausentismo del personal, deficiencias en las unidades y otros factores menores representan solo el 20% de los casos.

Figura 44
Pareto de trabajos no ejecutados



Nota: Elaboración propia con datos de Luz del Sur S.A.A.

Se presenta el diagrama de Pareto correspondiente, donde se observa que las tres primeras causas concentran el 75% de los trabajos no ejecutados; a partir de ello se concluye que las acciones de mejora deben enfocarse prioritariamente en fortalecer la inspección previa, formalizar la reprogramación de trabajos cuando se atienden emergencias, equilibrar la carga de trabajo por cuadrilla y asegurar la disponibilidad oportuna de materiales y recursos de apoyo.

Además de los casos incluidos en el análisis de Pareto, se identificó un número significativo de trabajos programados cuyo estado quedó en blanco, los cuales corresponden a intervenciones no ejecutadas sin causa registrada. Estos registros no se incorporaron al Pareto por no contar con información específica, pero evidencian una debilidad en el sistema de registro y seguimiento de la programación que también debe ser abordada en la propuesta de mejora.

En los anexos de la tesis se presentan evidencias documentadas que respaldan la problemática identificada en la programación y control de cuadrillas de mantenimiento en Luz del Sur S.A.A. El Anexo 1 incluye la base de datos de órdenes de trabajo programadas, reprogramadas y no ejecutadas. El Anexo 2 reúne reportes de programación diaria y de cumplimiento de trabajos, donde se aprecia la diferencia entre las actividades planificadas y las efectivamente ejecutadas. Por su parte, el Anexo 3 contiene registros de inspección de unidades, en los que se consignan observaciones relacionadas con fallas o restricciones en brazos hidráulicos y otros componentes críticos de las unidades de trabajo. Finalmente, el Anexo 4 presenta extractos de reportes de emergencias y contingencias que motivaron la reasignación de cuadrillas y la postergación de trabajos programados.

A partir de esta información se elaboró, en el Anexo E, el Value Stream Mapping (VSM) del proceso actual de programación de cuadrillas, que describe las etapas desde la recepción de la solicitud hasta el cierre de la orden, los tiempos de ciclo y la participación de cada área involucrada. Este mapa permitió identificar actividades con y sin valor agregado, así como cuellos de botella asociados a reprocesos administrativos, reprogramaciones frecuentes, esperas por confirmación de recursos y traslados innecesarios de cuadrillas. Sobre la base de este diagnóstico se planteó un VSM futuro y

una propuesta de mejora orientada a reducir los tiempos sin valor, disminuir los trabajos no ejecutados y fortalecer la trazabilidad del flujo de órdenes de trabajo.

La evaluación inicial reveló varias áreas críticas de mejora: alta cantidad de trabajos programados que finalmente no se ejecutaban, salidas de cuadrillas sin contar con todos los recursos necesarios, asignación de más trabajos de los que una cuadrilla podía realizar en la jornada, y deficiencias en la coordinación con inspección, logística y seguridad.

También se evidenció que una parte importante del tiempo se consumía en reprocesos administrativos, registro manual de información y reprogramaciones sucesivas, lo que impactaba negativamente en la eficiencia operativa y en la continuidad del servicio eléctrico. Con esta información se definió la problemática prioritaria: reducir los trabajos no ejecutados y los tiempos muertos asociados a una programación ineficiente.

Para abordar los hallazgos, se planteó documentar y analizar el estado actual de cada etapa del flujo de programación utilizando herramientas Lean adaptadas a la gestión de mantenimiento. En el proceso de programación diaria se identificaron actividades como recepción de solicitudes, validación técnica, asignación de cuadrillas, coordinación de recursos y confirmación de ventanas de trabajo. Se observó que la falta de protocolos estandarizados y de check-lists de verificación generaba diferencias significativas entre lo programado y lo ejecutado, además de una alta dependencia del criterio individual del programador.

El análisis del proceso de preparación de recursos mostró tiempos elevados en la coordinación de materiales, vehículos y personal de seguridad. La ausencia de información consolidada sobre la disponibilidad real de unidades y cuadrillas ocasionaba reasignaciones de último minuto y cambios de ruta, incrementando los tiempos de desplazamiento y la probabilidad de suspender trabajos en campo. De manera similar, en el control de la

ejecución se detectaron registros incompletos de estado y motivo de suspensión, lo que dificultaba la trazabilidad de las órdenes de trabajo y limitaba la generación de indicadores confiables para la toma de decisiones.

Finalmente, la etapa de cierre de órdenes presentaba demoras por la falta de integración entre los registros de campo y los sistemas digitales de gestión, lo que retrasaba la actualización del cumplimiento de la programación y la identificación oportuna de trabajos reprogramados. Esta evaluación inicial permitió disponer de una visión global del proceso de programación de cuadrillas y constituyó la base para el diseño de la propuesta de mejora, orientada a eliminar actividades sin valor agregado, reducir los trabajos no ejecutados y mejorar el uso de los recursos disponibles.

3.6.4 Análisis de flujos (proceso de programación y ejecución de trabajos)

El análisis de flujos constituye una herramienta fundamental para comprender la secuencia de actividades, las interacciones entre áreas y los puntos críticos que afectan la eficiencia del proceso de programación y ejecución de trabajos en redes energizadas. A través de la representación gráfica de los flujos, es posible identificar actividades que agregan valor, aquellas que no lo hacen, y los cuellos de botella que generan demoras, reprocesos o falta de trazabilidad.

En el contexto de Luz del Sur S.A.A., el proceso operativo involucra varias etapas interdependientes: programación diaria, preparación de recursos, intervención en campo y control y cierre de órdenes. Cada una de estas fases presenta riesgos y desperdicios que impactan en la continuidad del servicio y en la utilización eficiente de las cuadrillas. Por ello, se elaboraron diagramas de flujo y diagramas analíticos de procesos (DAP) que permiten visualizar la situación actual y servir como base para el diseño del flujo futuro optimizado.

Los tiempos utilizados para elaborar los diagramas DAP provienen de registros históricos de maniobras, atención de emergencias y trabajos programados en redes energizadas, con el fin de representar el comportamiento global del proceso de intervención en campo, permitiendo identificar las actividades productivas e improductivas más relevantes y cuantificar su impacto en el tiempo total del flujo.

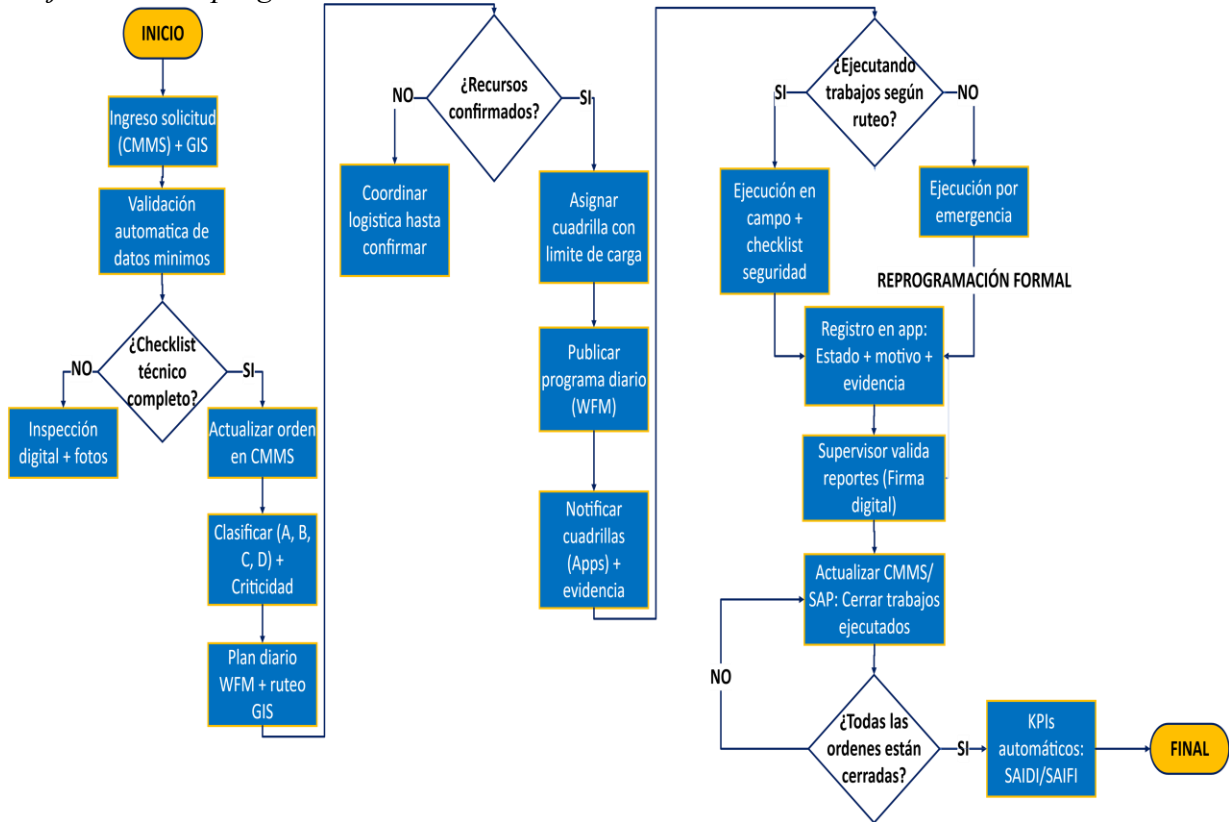
A continuación, se presentan los flujos correspondientes a cada etapa del proceso, acompañados de su respectivo diagrama y explicación.

- **Flujo actual de programación diaria de cuadrillas**

Con el fin de visualizar el funcionamiento real del proceso, se elaboró un diagrama de flujo del estado actual de la programación de cuadrillas, desde la recepción de la solicitud de trabajo hasta la asignación de la orden al equipo correspondiente. Este mapeo permitió identificar tiempos de ciclo, esperas entre actividades, reprogramaciones, puntos de acumulación de trabajos y decisiones que generan demoras en la atención. En la siguiente figura se muestran las principales actividades, decisiones y puntos de espera que explican las diferencias observadas entre los trabajos programados y los efectivamente ejecutados.

Figura 45

Flujo Actual de programación de cuadrillas



Nota: Elaboración propia con información de la empresa.

Figura 46

Diagrama DAP de actividades de la programación de cuadrillas

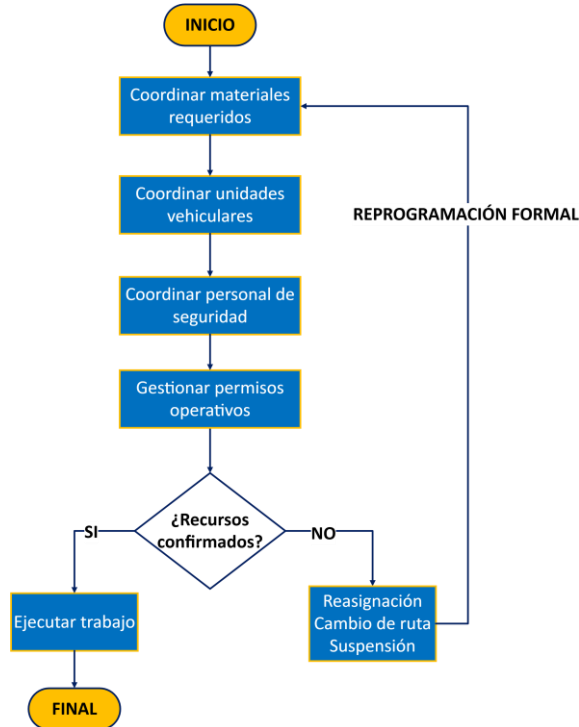
FECHA: 21/06/2024								
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS (DAP)								
DIAGRAMA N°01		HOJA N°01						
Empresa:	20331898008 LUZ DEL SUR.S.A.A							
Actividad:	Flujo actual de programación de cuadrillas							
Responsable: Grupo 01								
RESUMEN DEL DAP				% de Actividades productivas e				
SÍMBOLOS - ACTIVIDAD		Actual	Total de	Actividades productivas e				
OPERACIÓN (O)	○	12	65	78.23%				
INSPECCIÓN (I)	□	7	32					
COMBINADA (OC)	◻	0	0					
TRANSPORTE (T)	⇨	1	5	Actividades improductivas				
ALMACENAMIENTO (A)	▽	0	0	21.77%				
DEMORA (I)	◇	2	22					
TOTAL		22	124					
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS DE LA EMPRESA LUZ DEL SUR S.A.A								
DESCRIPCIÓN	TIEMPO (min)	○	□	◻	⇨	◇	▽	
Recepción de solicitud	5	●						
Registro inicial	2	●						
¿Información técnica completa?	2					●		
Inspección previa de campo	15	●	●					
Actualizar orden con condiciones técnicas	5	●						
Clasificar por tipo y criticidad	3	●						
Armar plan diario: prioridades, ventanas	10	●	●					
¿Disponibilidad de recursos?	5					●		
Coordinar con logística/seguridad	20	●						
Asignar cuadrilla por zona y carga	5	●						
Coordinador valida y publica programa	2	●						
Comunicar a cuadrillas/supervisores	5					●		
¿Ejecutando trabajos?	1					●		
Reprogramar órdenes afectadas	5	●						
Cuadrilla ejecuta ruta	5	●						
Registrar en campo: estado y motivo	5	●						
Supervisor valida reportes	5	●						
Actualizar sistema: cerrar ejecutados	15	●						
¿Órdenes cerradas?	2					●		
Generar indicadores	12	●						
TOTAL	129	minutos						

Nota: Elaboración propia con información de la empresa.

- **Flujo de preparación de recursos**

De manera complementaria, se diagramó el flujo de preparación de recursos necesarios para la ejecución de los trabajos programados, que incluye la coordinación de materiales, unidades, personal de seguridad y permisos operativos. El análisis evidenció tiempos elevados por falta de información consolidada sobre la disponibilidad real de recursos, lo que ocasiona reasignaciones de último minuto, cambios de ruta y, en muchos casos, la suspensión del trabajo en campo. La Figura Y presenta la secuencia de actividades y los reprocesos que se generan cuando no se confirman oportunamente los recursos requeridos.

Figura 47
Flujo de preparación de recursos



NOTA: Nota: Elaboración propia con información de la empresa.

Figura 48
Diagrama DAP de actividades del proceso de preparación de recursos

FECHA: 21/06/2024							
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS (DAP)							
DIAGRAMA N°01		HOJA N°01					
Empresa:	20331898008 LUZ DEL SUR.S.A.A						
Actividad:	Flujo de preparación de recursos						
Responsable: Grupo 01							
RESUMEN DEL DAP				% de Actividades productivas e			
SÍMBOLOS - ACTIVIDAD		Actual	Total de				
OPERACIÓN (O)	○	5	55	Actividades productivas			
INSPECCIÓN (I)	□	1	5	66.67%			
COMBINADA (OC)	◐	0	0	Actividades improductivas			
TRANSPORTE (T)	⇒	0	0				
ALMACENAMIENTO (A)	▽	0	0				
DEMORA (I)	D	1	30	33.33%			
TOTAL		7	90				
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS DE LA EMPRESA LUZ DEL SUR S.A.A							
DESCRIPCIÓN	TIEMPO (min)	○	□	◐	⇒	D	▽
Coordinar materiales requeridos	15	●					
Coordinar unidades vehiculares	10	●					
Coordinar personal de seguridad	10	●					
Gestionar permisos operativos	20	●					
¿Recursos confirmados?	5	●					
Recursos listos → Ejecutar trabajo	0	●					
Reasignación/Cambio de ruta/Suspensión	30					●	
TOTAL	90	minutos					

Nota: Elaboración propia con información de la empresa.

- **Intervención de cuadrillas en campo**

La intervención de cuadrillas en campo constituye una fase crítica dentro del proceso de mantenimiento en redes eléctricas energizadas, ya que implica la ejecución directa de trabajos sobre instalaciones que permanecen en servicio. Esta actividad requiere una planificación rigurosa, la confirmación previa de recursos y el cumplimiento estricto de protocolos de seguridad, dado que cualquier error puede comprometer la continuidad del suministro y la integridad del personal.

El flujo operativo en campo comprende etapas como la llegada al sitio, la obtención del permiso operativo, el montaje de equipos, la ejecución del trabajo, las pruebas y verificaciones, y finalmente el retiro y cierre. Cada una de estas actividades demanda tiempos específicos y coordinación entre áreas técnicas, logística y supervisión. Sin embargo, en la práctica se identifican demoras significativas asociadas a la falta de confirmación oportuna de recursos, validaciones secuenciales y reprogramaciones por emergencias, lo que incrementa el tiempo total de intervención y reduce la eficiencia del proceso.

Figura 49

Flujo de Intervención de cuadrillas en campo



Nota: Elaboración propia con información de la empresa.

Figura 50

Diagrama DAP de Intervención de cuadrillas en campo

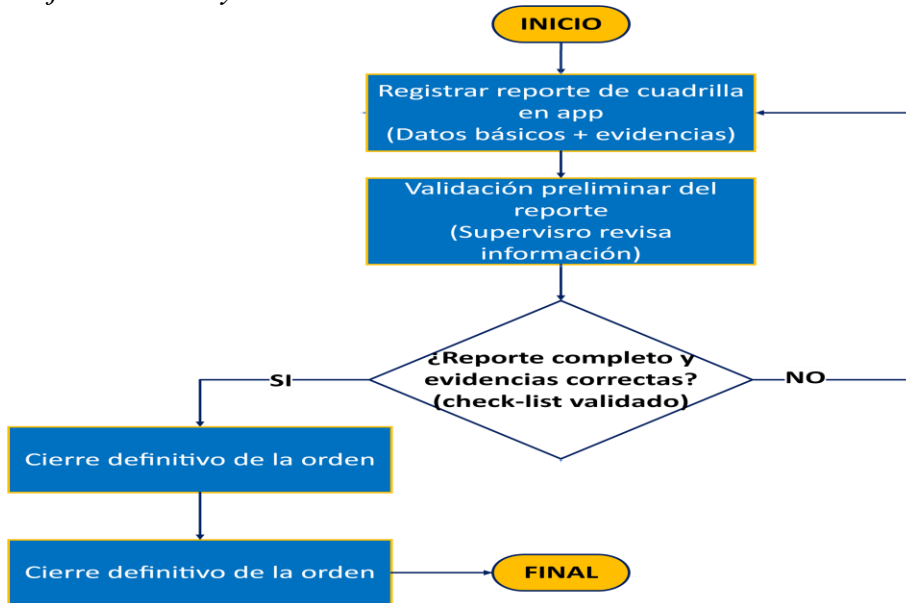
FECHA: 21/06/2024							
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS (DAP)							
DIAGRAMA N°01		HOJA N°01					
Empresa:	20331898008 LUZ DEL SUR.S.A.A						
Actividad:	flujo de intervencion en campo						
Responsable: Grupo 01							
RESUMEN DEL DAP				% de Actividades productivas e improductivas			
SÍMBOLOS - ACTIVIDAD	Actual	Total de min					
OPERACIÓN (O) ○	3	161	Actividades productivas				
INSPECCIÓN (I) □	1	23			51.98%		
COMBINADA (OC) ◻	0	0					
TRANSPORTE (T) ⇨	1	135	Actividades improductivas				
ALMACENAMIENTO (A) ▽	0	0			48.02%		
DEMORA (D) D	1	35					
TOTAL	6	354					
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS DE LA EMPRESA LUZ DEL SUR S.A.A							
DESCRIPCIÓN	TIEMPO (min)	○	□	◻	⇨	D	▽
Llegada al sitio	135				●		
Permiso operativo	35					●	
Montaje de equipos	45	●					
Ejecución del trabajo	95	●					
Pruebas y verificación	23		●				
Retiro y cierre	21		●				
TOTAL	354	minutos					

Nota: Elaboración propia con información de la empresa.

- **Flujo de control y cierre de órdenes**

Finalmente, se representó el flujo de control y cierre de órdenes de trabajo, desde el reporte de la cuadrilla en campo hasta el registro definitivo en el sistema corporativo. El diagrama permitió identificar retrasos asociados a registros incompletos, validaciones duplicadas y falta de integración entre los reportes de campo y las plataformas digitales, lo que afecta la trazabilidad de la información y limita la generación de indicadores confiables. En la Figura 51 se muestran las actividades de registro, validación y archivo, así como los puntos donde se concentran las demoras y los errores de registro.

Figura 51
Flujo de control y cierre de órdenes



Nota: Elaboración propia con información de la empresa.

Figura 52
Diagrama DAP de actividades del proceso de control y cierre de órdenes

FECHA: 21/06/2024							
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS (DAP)							
DIAGRAMA N°01		HOJA N°01					
Empresa:	20331898008 LUZ DEL SUR.S.A.A						
Actividad:	Flujo de control y cierre de órdenes						
Responsable: Grupo 01							
RESUMEN DEL DAP				% de Actividades productivas e			
SÍMBOLOS - ACTIVIDAD	Actual	Total de					
OPERACIÓN (O)	3	9	Actividades productivas				
INSPECCIÓN (I)	2	6	50.00%				
COMBINADA (OC)	0	0					
TRANSPORTE (T)	0	0	Actividades improductivas				
ALMACENAMIENTO (A)	0	0	50.00%				
DEMORA (I)	1	15					
TOTAL	6	30					
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS DE LA EMPRESA LUZ DEL SUR S.A.A							
DESCRIPCIÓN	TIEMPO (min)	○	□	◻	⇒	D	▽
Registrar reporte de cuadrilla en app	5	●					
Validación preliminar del reporte	3		●				
¿Reporte completo y evidencias correctas?	3		●				
Cierre definitivo de la orden	2	●					
Generación automática de indicadores (KPIs)	2	●					
Reproceso: solicitar corrección	15					●	
TOTAL	30	minutos					

Nota: Elaboración propia con información de la empresa.

3.6.5 Mapeo de la cadena de valor (VSM actual)

Se elaboró el mapa de flujo de valor (VSM) del proceso de programación de cuadrillas de mantenimiento en redes eléctricas, desde la recepción de la solicitud hasta el cierre de la orden. Este diagrama permitió identificar tiempos de ciclo, esperas, reprogramaciones, acumulación de trabajos y movimientos innecesarios, ofreciendo una visión global de los desperdicios en la gestión.

El VSM actual es clave para el enfoque de mejora, pues muestra actividades con y sin valor agregado, tiempos de procesamiento y decisiones que afectan la eficiencia. Gracias a esta herramienta se visualizó el estado actual y se definieron objetivos concretos, alineando cada etapa con la generación de valor y la continuidad del servicio eléctrico.

El mapeo inicial representó el flujo desde la solicitud hasta el reporte de ejecución. Se incluyó la fase de intervención en campo como el eslabón que recibe el 'producto' de la programación. Esto permitió detectar que ineficiencias administrativas (como validaciones duplicadas o falta de confirmación de recursos) impactan directamente en el tiempo de intervención, generando esperas y reprogramaciones que degradan la eficiencia global del proceso.

Figura 53

Figura Mapa de flujo de valor actual del proceso de programación de cuadrillas.

PROGRAMACIÓN DE CUADRILLAS	PREPARACIÓN DE RECURSOS	INTERVENCIÓN EN CAMPO	CIERRE Y KPIs
CT (VA): 101 min NVA Total: 28 min LT Etapa: 129 min	CT (VA): 60 min NVA Total: 30 min LT Etapa: 90 min	CT (VA): 184 min NVA Total: 170 min LT Etapa: 354 min	CT (VA): 15 min NVA Total: 15 min LT Etapa: 30 min
Espera (validaciones/coord.): 22 min	Espera (Material/Permiso): 30 min	Espera (campo): 22 min	Espera (validaciones/coord.): 22 min
Métricas del flujo administrativo (con esperas por etapas)			
Lead time (con suspensión esperada): 612 min (10.2 h)			
CT (valor agregado) total: 360 min NVA total: 252 min %VA: 58.8% %NVA: 41.2%			
Suspensión, cambio de ruta esperado: 9 min			
Principales causas de espera: Inspección previa, emergencias, sobre carga de cuadrillas, falta de materiales.			

Nota: Elaboración propia con información de la empresa.

El análisis evidencia un lead time total de 603 minutos. El tiempo sin valor agregado (NVA) alcanza los 252 minutos (41.2%), lo cual refleja una alta proporción de mudas asociadas a esperas por confirmación y reprogramaciones. Es imperativo señalar que las demoras por falta de materiales o inspección insuficiente son, en realidad, fallas de la etapa de preparación de recursos dentro del ciclo de programación. Estos hallazgos justifican la necesidad de rediseñar el flujo mediante herramientas Lean y soluciones digitales, orientadas a asegurar que la programación entregue todos los elementos necesarios para evitar tiempos improductivos en la atención del servicio eléctrico.

3.6.6 Listas de verificación de procesos

Las listas de verificación se implementaron como herramienta de control para garantizar el cumplimiento de los procedimientos establecidos en la programación de trabajos en redes energizadas. Su aplicación permitió validar aspectos críticos como la correcta consignación de datos en la orden (estado, motivo de suspensión, recursos asignados), la confirmación previa de disponibilidad de cuadrillas, materiales y personal de

seguridad, así como la ejecución de inspecciones en campo antes de liberar el programa diario. Además, estas listas facilitaron la detección de desviaciones respecto a las buenas prácticas, tales como órdenes sin inspección previa, falta de confirmación de recursos o ausencia de registro del motivo de no ejecución. De esta manera, la lista de verificación se convierte en un instrumento clave para estandarizar el proceso, reducir reprocesos y asegurar la trazabilidad de la información en cada etapa del flujo operativo.

Tabla 9

Resultados de Check-list

Ítem evaluado	Cumple	No cumple	% Cumplimiento
Número de orden SAP registrado	50	0	100%
Tipo de trabajo consignado	48	2	96%
Confirmación de cuadrilla	42	8	84%
Herramientas y equipos verificados	40	10	80%
Inspección previa realizada	35	15	70%
Motivo de suspensión registrado	30	20	60%

Principales desviaciones detectadas:

- 30% de los trabajos se suspendieron por falta de inspección previa.
- 16% no contaban con confirmación de cuadrilla antes de la programación.
- 40% presentaron registros incompletos en el sistema (motivo de suspensión).

Estos resultados evidencian que la ausencia de inspección previa y la falta de confirmación de recursos son las principales causas de reprogramaciones y suspensiones, lo que coincide con los cuellos de botella identificados en el VSM. La lista de verificación permitió cuantificar estas brechas y establecer indicadores para el plan de mejora.

3.6.7 Análisis de flujos de información y recursos

Se analizaron los flujos de información y de recursos asociados a la programación de cuadrillas, midiendo tiempos de respuesta entre áreas, cantidad de reprogramaciones,

número de traslados innecesarios y frecuencia de trabajos no ejecutados por cada causa.

Con base en este análisis se identificaron oportunidades para simplificar el intercambio de información, reducir reprocesos administrativos y asegurar que las cuadrillas salgan al campo con los recursos necesarios desde el primer intento.

Tabla 10
Resultados del análisis inicial con enfoque VSM

Área evaluada	Estado actual	Estado deseado	Acciones recomendadas
Flujo de programación diaria	Reprogramaciones frecuentes, trabajos con estado en blanco, falta de estándares claros	Programación estable, con estados y motivos registrados y protocolos definidos	Estandarizar el proceso de programación, definir criterios de asignación y uso obligatorio de check-lists
Coordinación de recursos	Confirmación tardía de unidades, materiales y personal de seguridad	Recursos confirmados antes de liberar el programa diario	Integrar información de disponibilidad, coordinar con logística y seguridad antes de publicar el rol
Flujos de información	Registros manuales y dispersos, campos incompletos, poca trazabilidad	Sistema digital actualizado en tiempo real, con estados y causas completos	Fortalecer el uso de sistema informático, campos obligatorios y reportes automáticos
Procedimientos y roles	Procesos no estandarizados y muy dependientes de la experiencia del programador	Procedimientos claros, documentados y conocidos por todas las áreas involucradas	Elaborar y difundir procedimientos, delimitar responsabilidades y establecer canales formales de comunicación
Uso de recursos (cuadrillas/unidades)	Sobrecarga de trabajos por cuadrilla, traslados innecesarios, tiempos ociosos en algunas rutas	Asignación equilibrada de carga y rutas optimizadas	Analizar carga de trabajo por cuadrilla, optimizar rutas y establecer límites de trabajos por jornada

Con estas acciones de implementación se buscó transformar el proceso de programación en un flujo más ágil, confiable y estandarizado, reduciendo los trabajos no ejecutados, las reprogramaciones y los tiempos muertos, y aprovechando de manera más eficiente las cuadrillas y las unidades de mantenimiento.

3.7 Implementación del Proyecto

La fase de implementación constituye el punto crítico en el que las propuestas de mejora diseñadas en la investigación se transforman en acciones concretas dentro del proceso operativo de la empresa. Tras el diagnóstico realizado en las etapas anteriores, donde se identificaron 425 casos no ejecutados en cinco meses y se evidenciaron ineficiencias relacionadas con la falta de inspección previa, la ausencia de confirmación de recursos, la información incompleta en las órdenes de trabajo y la gestión manual de datos, se establece la necesidad de aplicar soluciones que optimicen la programación y ejecución de los trabajos en redes energizadas.

En esta fase, se procede a materializar las mejoras propuestas mediante la digitalización del flujo de información, la estandarización de criterios operativos, y la integración tecnológica con herramientas de Microsoft 365. La implementación incluye el desarrollo de aplicativos en Power Apps, flujos automáticos en Power Automate y listas centralizadas en SharePoint, orientados a eliminar reprocesos, mejorar la trazabilidad, reforzar el control de cuadrillas y garantizar que la programación se realice únicamente con recursos e información previamente validados.

Asimismo, esta etapa contempla la incorporación de procedimientos operativos actualizados, la capacitación al personal involucrado, la validación del nuevo modelo de programación y la puesta en marcha de mecanismos de seguimiento. De esta manera, la fase de implementación no solo busca introducir herramientas tecnológicas, sino asegurar que estas se integren de forma efectiva al proceso diario de la organización.

El propósito de esta fase es comprobar la funcionalidad del modelo propuesto en un entorno real, medir su impacto en la reducción de trabajos suspendidos y

reprogramaciones, y demostrar que la optimización planteada contribuye directamente a mejorar la eficiencia del proceso de programación de trabajos en redes energizadas. Con ello, se establece la base para la sostenibilidad del sistema y la escalabilidad futura hacia otros procesos operativos de Luz del Sur.

3.7.1 Planificación

La planificación de la implementación se basó en los hallazgos del VSM actual, las listas de verificación y el análisis de flujos presentados en la sección 3.6.

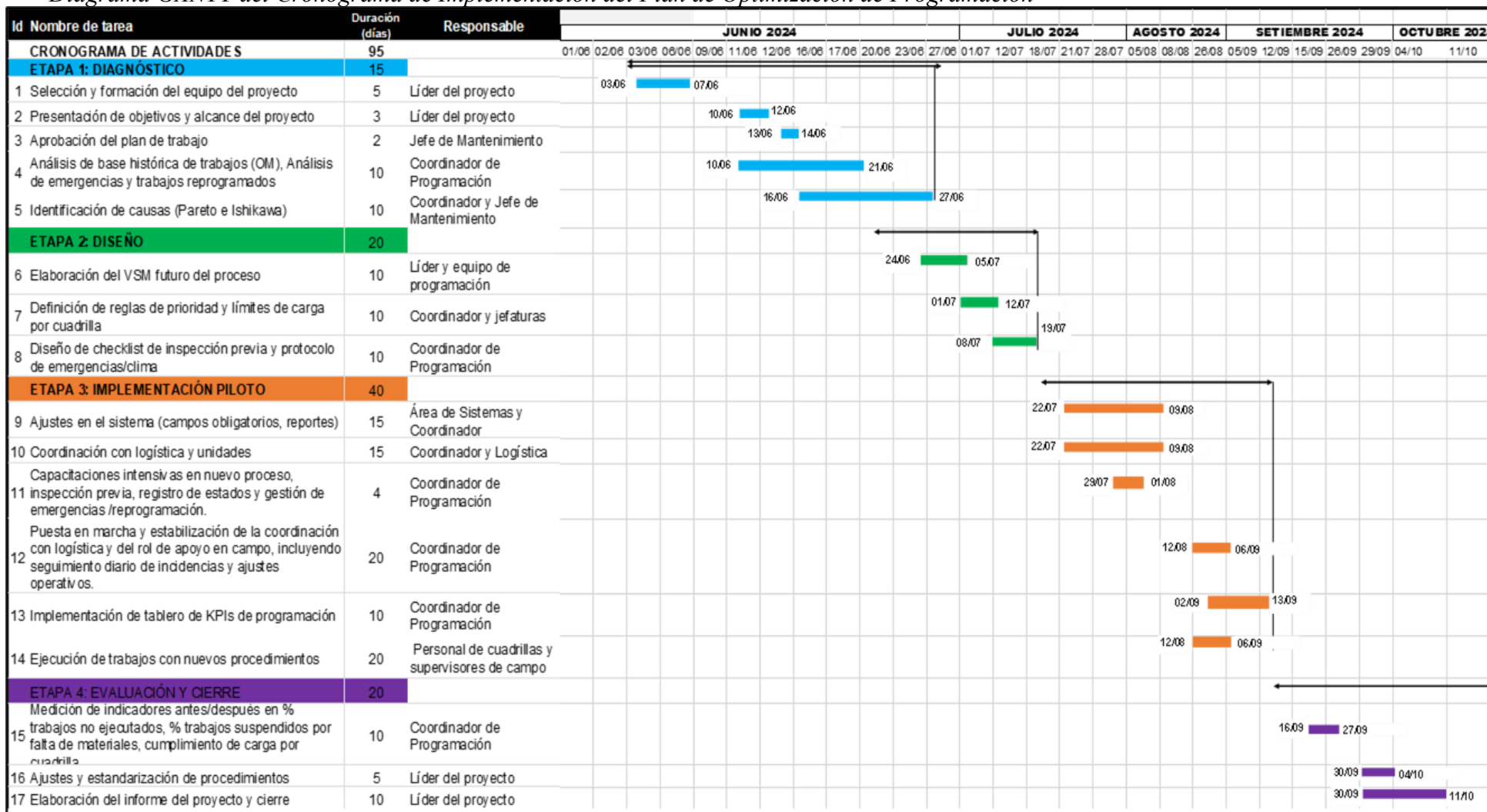
3.7.2 Diagrama de Gantt

En esta etapa de planificación se adoptó un enfoque estructurado con el propósito de asegurar que la propuesta de optimización del proceso de programación de cuadrillas de mantenimiento en redes eléctricas se ejecute de forma ordenada, eficiente y alineada con los objetivos operativos de Luz del Sur S.A.A. Para ello se definieron fases, actividades y responsables que permitieron proyectar las mejoras, priorizar acciones sobre las causas críticas identificadas (falta de inspección previa, atención de emergencias sin reprogramación formal, sobrecarga de trabajos por cuadrilla, entre otras) y optimizar el uso de los recursos disponibles.

La planificación incluyó la elaboración de un cronograma general del proyecto, la identificación de hitos clave (levantamiento de información, diseño del flujo objetivo, implementación piloto y estandarización), así como la coordinación con las áreas de programación, mantenimiento, logística, seguridad y soporte de sistemas para asegurar su participación en cada etapa. De este modo se buscó minimizar el impacto de la implementación sobre la operación diaria y garantizar la sostenibilidad de los cambios propuestos

Figura 54

Diagrama GANTT del Cronograma de Implementación del Plan de Optimización de Programación



Nota: Elaboración propia con datos de Luz del Sur S.A.A

3.7.3 Alcance del Proyecto

La delimitación del proyecto se realizó considerando los siguientes elementos, con el fin de garantizar la coherencia con los objetivos planteados.

- **Áreas cubiertas:** Oficina de programación de cuadrillas, jefaturas de mantenimiento de redes, área de inspección previa, logística de materiales y unidades, y área de seguridad operativa.
- **Procesos incluidos:** Recepción y registro de solicitudes de trabajo, validación técnica e inspección previa, priorización y programación diaria, asignación de cuadrillas y recursos, coordinación para la atención de emergencias que afectan el programa, seguimiento de la ejecución en campo y registro del estado final de las órdenes (ejecutado, no ejecutado, suspendido o reprogramado).
- **Recursos considerados:** Cuadrillas de mantenimiento y su dotación de personal, unidades vehiculares y equipos especiales (brazos hidráulicos y camionetas), sistemas corporativos de gestión de órdenes de trabajo y programación (CMMS/WFM), formatos y check-lists de inspección y programación, así como el personal administrativo y de supervisión involucrado en el proceso. Este alcance constituye la base para el diseño del VSM futuro y la definición de estrategias derivadas del análisis FODA, asegurando que la propuesta se mantenga alineada con los objetivos estratégicos. Además, se corresponde con las etapas representadas en los diagramas de flujo del proceso actual (programación diaria, preparación de recursos, intervención en campo y cierre de órdenes), que sirvieron como insumo para identificar cuellos de botella y diseñar la propuesta de mejora.

3.7.4 Análisis FODA

Para orientar la implementación de la propuesta se realizó un análisis FODA del proceso de programación de cuadrillas de mantenimiento en Luz del Sur S.A.A. En la

dimensión interna se identificaron como fortalezas la experiencia técnica del personal, la existencia de sistemas informáticos para el registro de órdenes de trabajo y la disponibilidad de cuadrillas distribuidas territorialmente. Entre las principales debilidades se encontraron la alta proporción de trabajos no ejecutados, la presencia de órdenes con estado en blanco, la falta de protocolos estandarizados de programación e inspección previa y la sobrecarga de tareas en determinadas cuadrillas.

En el entorno externo se reconocieron oportunidades vinculadas a la incorporación de herramientas digitales de apoyo a la programación, la aplicación de metodologías Lean en servicios y el interés institucional por mejorar los indicadores de continuidad del suministro eléctrico. Como amenazas se consideraron el incremento de emergencias por eventos climáticos, restricciones presupuestales que podrían limitar recursos para capacitación y mejoras, así como cambios regulatorios que exigen mayores niveles de calidad en la atención de redes.

Figura 55

Matriz FODA consolidada del proceso de programación de cuadrillas



Nota: Elaboración propia con datos de Luz del Sur S.A.A.

- ***Estrategias FO (Fortalezas – Oportunidades)***
 - Aprovechar la experiencia del personal de programación y de las cuadrillas en la operación de redes eléctricas para impulsar iniciativas de mejora continua en la programación y en la coordinación de trabajos de mantenimiento.
 - Utilizar la infraestructura tecnológica existente (sistemas de órdenes de trabajo y plataformas de comunicación interna) para incorporar nuevas funcionalidades de programación y seguimiento en tiempo real, alineadas con las oportunidades de digitalización de procesos de mantenimiento.

- ***Estrategias DO (Debilidades – Oportunidades)***
 - Implementar programas de capacitación en metodologías Lean orientadas a servicios (VSM, estandarización de procesos, gestión visual) para el personal de programación y supervisión, con el fin de reducir trabajos no ejecutados y reprogramaciones.
 - Gestionar la mejora y configuración del sistema de programación (CMMS/WFM) para registrar obligatoriamente estados y causas de no ejecución, aprovechando las oportunidades de modernización tecnológica y de integración de información operativa.

- ***Estrategias FA (Fortalezas – Amenazas)***
 - Utilizar la estructura organizativa y el liderazgo técnico de Luz del Sur S.A.A. para gestionar el cambio frente a nuevas exigencias regulatorias y al incremento de emergencias por eventos climáticos, asegurando que las mejoras en programación se adopten de manera uniforme en todas las zonas.

- Adaptar los procedimientos de programación y atención de emergencias para cumplir con las normas de seguridad eléctrica y los estándares de calidad del servicio, aprovechando la experiencia y capacidad de respuesta de las cuadrillas.
- **Estrategias DA (Debilidades – Amenazas)**
 - Diseñar un plan de reorganización del proceso de programación que reduzca la sobrecarga de trabajos por cuadrilla, disminuya reprogramaciones y traslados innecesarios y mejore la trazabilidad de las órdenes, mitigando la ineficiencia actual frente a un entorno de alta demanda y emergencias frecuentes.
 - Priorizar las mejoras críticas en el registro de información y en la coordinación de recursos (inspección, logística y seguridad) para disminuir el riesgo de trabajos no ejecutados por falta de datos, materiales o unidades disponibles.

Del análisis FODA realizado se identificaron diversas alternativas estratégicas; sin embargo, se decidió priorizar las estrategias DO, centradas en la capacitación del personal en herramientas Lean y en la mejora del sistema de programación y registro de información. Esta línea estratégica responde a que las principales debilidades del proceso se relacionan con la falta de estandarización de los procedimientos, la alta dependencia del criterio individual del programador y la ausencia de datos completos sobre las causas de no ejecución.

La estrategia DO fue considerada viable y coherente con las tendencias actuales en la gestión del mantenimiento, caracterizadas por la digitalización de procesos y la orientación a la mejora continua. Además, permite transformar debilidades en fortalezas al consolidar un proceso de programación más estructurado, sustentado en datos y soportado por herramientas tecnológicas actualizadas.

En este contexto, la selección de esta estrategia busca lograr un impacto directo en la eficiencia operativa, reduciendo el número de trabajos no ejecutados y reprogramados, mejorando los tiempos de atención y elevando la calidad del servicio percibido por los usuarios internos y externos. La aplicación de herramientas Lean, particularmente el VSM y la estandarización de actividades mediante check-lists y gestión visual, se orienta a eliminar actividades sin valor agregado, disminuir reprocesos administrativos y asegurar un mejor control del uso de cuadrillas, unidades y recursos de apoyo.

3.7.5 Análisis de riesgos

El análisis de riesgos tuvo como propósito identificar, valorar y priorizar los eventos que podrían afectar la eficiencia y continuidad del proceso de programación y control de cuadrillas de mantenimiento en Luz del Sur S.A.A. Se consideraron riesgos vinculados a la falta de inspección previa, la atención de emergencias sin reprogramación formal, la sobrecarga de trabajos por cuadrilla, la coordinación de recursos y la calidad de los registros en el sistema de órdenes de trabajo.

Para realizar una evaluación cuantitativa se definieron dos escalas numéricas: severidad (impacto potencial) y probabilidad (frecuencia de ocurrencia). La severidad se valoró considerando el efecto del riesgo sobre la continuidad del servicio eléctrico y el cumplimiento de la programación; la probabilidad se estimó a partir de la recurrencia observada de situaciones similares en la operación. El valor de riesgo se obtuvo mediante la ecuación:

$$VR = Sev \times Prob \quad (9)$$

Donde:

- VR: Valor de riesgo
- Sev: Severidad del evento
- Prob: Probabilidad de ocurrencia

Lo que permitió clasificar cada evento en nivel bajo, medio o crítico y priorizar las acciones de mitigación

Tabla 11

Escala de severidad para riesgos en la programación de cuadrillas

Valor	Severidad	Naturaleza del impacto sobre la operación	Impacto en la continuidad del servicio e indicadores
8	Crítica	Fallas graves de programación que pueden dejar sin atención trabajos prioritarios o zonas completas.	Afectación significativa de la continuidad del servicio; incumplimiento de metas internas y posibles sanciones regulatorias.
4	Seria	Errores de programación que afectan varios trabajos o generan reprogramaciones masivas.	Incumplimiento de plazos y deterioro de indicadores de atención, aunque sin comprometer de forma general el suministro.
2	Moderada	Problemas acotados en una zona o en un número reducido de trabajos.	Retrasos manejables y necesidad de reorganizar cuadrillas, con impacto limitado en los indicadores globales.
1	Leve	Incidentes que generan ajustes menores en la programación diaria.	Efecto poco relevante sobre la operación; el servicio se mantiene sin cambios apreciables.

Tabla 12

Escala de probabilidad

Prob.	Descrip.	Frecuencia de ocurrencias	Controles operacionales	Recurrencia de incidentes
4	Muy probable	Más de 1 vez por año en el proceso de programación	Controles casi inexistentes o muy débiles	La recurrencia es frecuente
3	Probable	Aproximadamente 1 vez por año	Existen controles, pero su aplicación no es regular	Hubo recurrencia, aunque no fue muy frecuente
2	Esporádica	Aproximadamente 1 vez en 5 años	Existen controles, su aplicación es parcial	La recurrencia es poco frecuente
1	Rara	Menos de 1 vez en 10 años o no se han registrado casos similares	Existen controles adecuados y se cumplen	Ocurrencia no conocida o muy poco probable

Tabla 13
Criterios de determinación de severidad y probabilidad

Severidad \ Probabilidad	1	2	3	4
8	8	16	24	32
4	4	8	12	16
2	2	4	6	8
1	1	2	3	4

Tabla 14
Nivel de riesgo según valor

Valor de riesgo	Nivel de riesgo
16 – 32	Crítico
6 – 15	Medio
1 – 5	Bajo

3.7.6 Matriz de riesgos

La matriz cuantitativa permite priorizar riesgos críticos y definir medidas de mitigación según el valor obtenido ($VR = Sev \times Prob$). Aplicando estas escalas a los principales riesgos identificados en el proceso de programación de cuadrillas, se obtuvo la matriz cuantitativa que se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 15
Matriz de gestión de riesgos del proceso de programación de cuadrillas

Nº	Actividad / etapa	Factor de riesgo (peligro)	Consecuencia principal	Se v	Pro b	Tot al	Medidas de control propuestas
1	Programación diaria de trabajos	Sobrecarga de trabajos por cuadrilla	Trabajos no ejecutados, atrasos y reprogramaciones sucesivas	4	3	12	Definir límite de trabajos por jornada, revisión diaria por jefe de programación e indicadores de carga por cuadrilla.
2	Atención de emergencias	Cambios de prioridad sin reprogramación formal del programa	Cancelación de trabajos programados, órdenes con estado en blanco	4	3	12	Protocolo de reprogramación obligatoria, registro del motivo y coordinación con mantenimiento, logística y seguridad.

3	Inspección previa	No realizar o registrar de forma incompleta la inspección	Suspensión de trabajos en campo por condiciones no previstas	8	2	16	Check-list de inspección, campos obligatorios en el sistema y validación del supervisor antes de programar.
4	Coordinación de recursos	Confirmación tardía de unidades, materiales o personal de seguridad	Salidas de cuadrillas sin recursos completos; suspensiones en campo	4	2	8	Reuniones de coordinación previa, tablero de disponibilidad de recursos y confirmación antes de publicar el rol diario.
5	Registro en el sistema de órdenes	No completar estado o causa de no ejecución	Falta de trazabilidad e imposibilidad de analizar causas	2	3	6	Campos obligatorios de estado y motivo, capacitaciones y auditorías periódicas de registros.
6	Comunicación con cuadrillas	Instrucciones poco claras o tardías	Ejecución incorrecta o incompleta; necesidad de reprogramar	2	2	4	Formatos estandarizados de órdenes, uso de canales formales y confirmación de recepción de instrucciones.

Los riesgos con valores críticos ($VR \geq 12$), como la falta de inspección previa y los cambios de prioridad sin reprogramación formal, requieren atención inmediata mediante protocolos estandarizados y checklists obligatorios. Estas medidas se integran en el diseño del VSM futuro y en el plan de implementación, asegurando su seguimiento en el ciclo PDCA y en auditorías semanales. A continuación, se presenta el cronograma del proyecto que organiza las acciones correctivas en fases secuenciales.

3.7.7 Plan de proyecto

El plan de proyecto se diseñó como una hoja de ruta detallada para organizar las actividades de implementación de la propuesta de optimización del proceso de programación de cuadrillas de mantenimiento en redes eléctricas en Luz del Sur S.A.A. Se estructuró en fases sucesivas (diagnóstico detallado, diseño del flujo objetivo,

implementación piloto y estandarización), cada una con objetivos específicos, responsables definidos y plazos establecidos.

En el plan se programaron hitos como el levantamiento y validación del VSM actual, la elaboración del VSM futuro y de los nuevos flujos de programación, la elaboración y prueba de check-lists de inspección y programación, la configuración de campos obligatorios en el sistema de órdenes de trabajo y la capacitación del personal involucrado. La duración de cada actividad se coordinó con las áreas de programación, mantenimiento, logística, seguridad y sistemas, de modo que la implementación no afecte la atención regular de trabajos programados y emergencias.

El cronograma Gantt organiza las actividades del plan de proyecto en fases secuenciales, indicando duración, responsables y dependencias. ver Figura 54.

Las actividades priorizadas en el cronograma responden a los riesgos críticos identificados en la matriz y a las estrategias DO del análisis FODA, asegurando la mitigación de causas raíz y la sostenibilidad de la mejora

3.7.8 Asignación de roles y responsabilidades

La correcta asignación de roles y responsabilidades fue esencial para garantizar la ejecución eficiente del proyecto de mejora de la programación de cuadrillas. Cada actor clave asumió funciones específicas en las etapas de diseño, implementación y seguimiento de la propuesta.

- **Líder del proyecto:** Responsable de la gestión global del proyecto de mejora; define el equipo, presenta los objetivos y alcance, valida el cumplimiento del cronograma, consolida los resultados y elabora el informe final para la gerencia.

- **Jefe de mantenimiento de redes:** Encargado de validar los criterios técnicos de priorización de trabajos, aprobar los cambios en los flujos de programación y supervisar la atención de emergencias.
- **Área de Sistemas y Coordinador:** Encargados de configurar el sistema de órdenes de trabajo (campos obligatorios, estados, reportes), garantizando que la herramienta digital soporte el nuevo flujo definido en el VSM futuro.
- **Coordinador de Logística:** Responsable de asegurar la disponibilidad oportuna de materiales y unidades vehiculares; coordina reservas por OT, comunica restricciones y participa en la puesta en marcha del nuevo esquema de apoyo en campo.
- **Coordinador de Programación de Cuadrillas:** Es el responsable del diseño, actualización y ejecución diaria del proceso de programación de cuadrillas de mantenimiento en redes energizadas. Define y aplica las reglas de prioridad y límites de carga, arma el plan diario de trabajos, coordina con logística y unidades, verifica que las órdenes cuenten con información completa, gestiona las reprogramaciones por emergencias y asegura el registro correcto de estados en el sistema. Además, lidera la implementación del VSM futuro, el uso de check-lists y el tablero de KPIs de programación
- **Personal de cuadrillas y supervisores de campo:** Responsables de ejecutar los trabajos asignados, registrar el estado y el motivo de no ejecución cuando corresponda y retroalimentar sobre la aplicación de los nuevos procedimientos.

Con base en estos roles se elaboró una matriz de responsabilidades (tipo RACI) que detalla quién es responsable, quién aprueba, quién debe ser consultado y quién informado en cada actividad del plan de proyecto.

Figura 56

Matriz de responsabilidades (RACI) para la implementación del proyecto de optimización de programación.

MATRIZ RACI (ROLES Y RESPONSABILIDADES)							
SUB-ETAPA	ACTIVIDAD DEL PROYECTO	LP	JMR	CPC	SIS	LOG	CUA
1	Selección y formación del equipo del proyecto	A/R	C	C	I	I	I
2	Presentación de objetivos y alcance del proyecto	A/R	C	C	I	I	I
3	Aprobación del plan de trabajo	C	A/R	C	I	I	I
4	Análisis de base histórica de trabajos y emergencias	I	C	R	I	I	I
5	Identificación de causas (Pareto e Ishikawa)	I	C	R	I	I	I
6	Elaboración del VSM futuro del proceso	C	C	R	I	I	I
7	Definición de reglas de prioridad y límites de carga por cuadrilla	I	A	R	I	I	I
8	Diseño de checklist de inspección previa y protocolo de emergencias/clima	I	A	R	I	I	I
9	Ajustes en el sistema (campos obligatorios, estados, reportes)	C	I	C	R	I	I
10	Coordinación con logística y unidades	I	I	R	I	A/R	I
11	Capacitaciones en nuevo proceso, inspección previa, registro de estados y gestión de emergencias	A	C	R	I	I	C
12	Puesta en marcha y estabilización de la coordinación con logística y rol de apoyo en campo	I	I	R	I	R	C
13	Implementación de tablero de KPIs de programación	C	C	R	R	I	I
14	Ejecución de trabajos con nuevos procedimientos	I	I	C	I	I	R
15	Medición de indicadores antes y después de la mejora	A	C	R	I	I	I
16	Ajustes y estandarización del procedimiento	A	C	R	C	C	I
17	Elaboración del informe final del proyecto y cierre	A/R	C	C	I	I	I

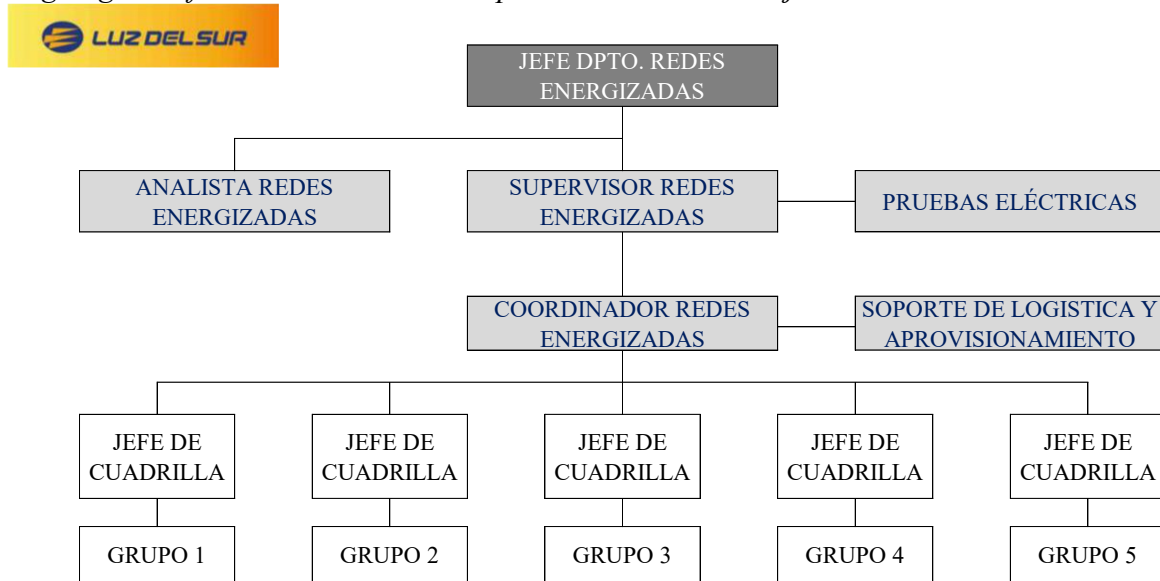
LEYENDA
A = Aprueba
R = Responsable de ejecutar
C = Consultado
I = Informado

ROLES
LP: Líder del proyecto
JMR: Jefe de mantenimiento de redes
CPC: Coordinador de Programación de Cuadrillas
SIS: Área de Sistemas
LOG: Coordinador de Logística
CUA: Cuadrillas y supervisores de campo

Nota: Elaboración propia con datos de Luz del Sur S.A.A.

Figura 57

Organigrama funcional antes de la implementación de la mejora



Nota: Elaboración usando información de la empresa.

La propuesta de mejora se implementó tomando como base la estructura vigente del Departamento de Redes Energizadas. A partir de este organigrama se identificaron los cargos clave implicados en la programación de cuadrillas (jefe de departamento, supervisor, coordinador de redes energizadas, soporte de logística y aprovisionamiento, inspecciones y jefes de cuadrilla), sobre los cuales se definieron los roles específicos del proyecto y la matriz de responsabilidades RACI.

Organización para la implementación de la mejora

Se procedió a la implementación de políticas orientadas a una organización específica para asegurar la correcta implementación de las mejoras, aprobada por la gerencia y comunicada a todas las áreas involucradas.

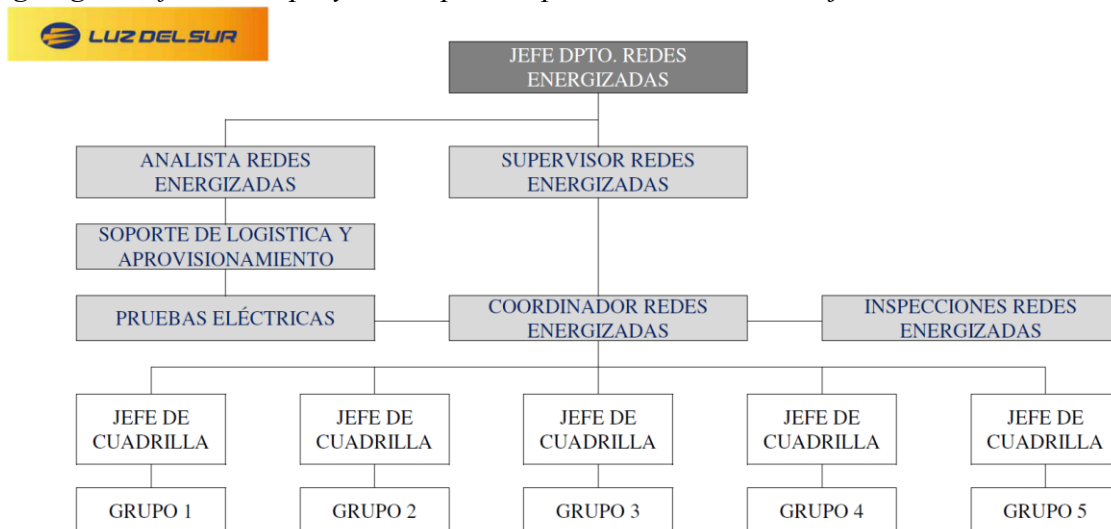
- **Gerencia de distribución:** Autoriza recursos, supervisa el cumplimiento de los objetivos e impulsa la adopción de la propuesta.
- **Líder del proyecto:** Coordina la ejecución de las actividades, el seguimiento del cronograma y la comunicación entre áreas.

- **Jefe de mantenimiento de redes:** Supervisa la aplicación de los nuevos criterios técnicos de priorización y valida los cambios en los flujos.
- **Jefe de programación de cuadrillas:** Responsable de aplicar los nuevos procedimientos de programación, uso de check-lists y actualización en el sistema.
- **Equipo de programadores:** Ejecuta la programación diaria según las reglas definidas, registra estados y motivos de no ejecución.
- **Áreas de inspección, logística y seguridad:** Brindan información y validaciones necesarias para asegurar que los trabajos programados cuenten con recursos y condiciones de seguridad.

“La programación de todas las cuadrillas se centraliza en un único Coordinador de Programación por centro de control, quien es responsable de asignar trabajos a cada cuadrilla, coordinar la atención de emergencias y gestionar la reprogramación del plan diario.” ver Figura 56. "Matriz de responsabilidades (RACI) para la implementación del proyecto de optimización de programación.”

Figura 58

Organigrama funcional proyectado para implementación de la mejora



Nota: Elaboración usando información de la empresa.

Presupuesto y recursos para la implementación

La gerencia aprobó un presupuesto destinado a cubrir los recursos necesarios para la implementación de la propuesta de mejora del proceso de programación de cuadrillas. Este presupuesto considera tanto adecuaciones en herramientas digitales como actividades de capacitación y soporte para la estandarización de procedimientos.

Tabla 16

Detalle del presupuesto estimado para la mejora en programación de cuadrillas

Concepto	Costo estimado S/	Descripción
Configuración y mejoras del sistema CMMS/WFM	10,000	Ajustes internos del CMMS/WFM, automatización ligera, mejora de plantillas en Excel Online 365 y horas-hombre especializadas.
Desarrollo e impresión de check-lists y formatos	1,500	Diseño y validación ampliada, tiraje medio, laminados y códigos QR.
Capacitación en VSM, programación y registros	4,000	Talleres para supervisores, programadores y cuadrillas; capacitación ampliada en flujo digital y procedimientos estandarizados.
Materiales para gestión visual en programación	2,000	Tableros magnéticos, paneles de indicadores, señalización y material visual complementario.
Soporte de TI y consultoría interna	3,500	Horas adicionales de soporte técnico, pruebas de integración, seguridad y puesta en marcha del sistema.
Fondo para ajustes y mejora continua	2,500	Reserva para mejoras, correcciones y ampliaciones durante el primer año.
TOTAL	23,500	Inversión estimada según alcance ampliado del proyecto.

La configuración del CMMS/WFM y el diseño de plantillas en Excel Online 365 se realizaron con personal interno del área de programación y TI, por lo que el costo considerado corresponde únicamente a horas-hombre estimadas y no a la adquisición de nuevas licencias o sistemas adicionales.

Esta inversión se orienta a asegurar la sostenibilidad de la propuesta, permitiendo medir mejoras en la reducción de trabajos no ejecutados, disminución de reprogramaciones y uso más eficiente de las cuadrillas y unidades de mantenimiento

3.7.9 Monitoreo y revisión del proceso de programación

Se implementaron procedimientos para el seguimiento constante de los indicadores de desempeño del proceso de programación de cuadrillas, así como para la revisión periódica de los resultados obtenidos tras la implementación de la propuesta de mejora. El monitoreo tuvo como objetivo detectar desviaciones, validar la efectividad de las acciones ejecutadas y asegurar que la programación se mantenga alineada con los objetivos de reducción de trabajos no ejecutados y mejora en los tiempos de atención.

Entre los indicadores utilizados se consideraron: el porcentaje de trabajos ejecutados respecto a los programados, el número de trabajos reprogramados, el número de trabajos no ejecutados y los tiempos promedio de atención de trabajos programados. Los resultados se analizaron en reuniones periódicas entre el Coordinador de Programación del Centro, las jefaturas de mantenimiento y las áreas de apoyo, reforzando la comunicación y la toma de decisiones sobre la base de datos confiables.

- ***Registro de incidencias de programación***

Como parte del sistema de control, se implementó un registro digital de incidencias de programación, en el que se documentan eventos tales como errores en la asignación de trabajos, reprogramaciones por falta de recursos, emergencias que obligan a modificar el plan diario y discrepancias en el registro de estados. Este registro se gestiona en el sistema corporativo de órdenes de trabajo y se actualiza diariamente por el equipo de programación.

La información recogida en el registro de incidencias permite identificar patrones recurrentes y causas raíz de problemas en la programación, tales como deficiencias en la inspección previa, demoras en la confirmación de recursos o fallas en la comunicación con

las cuadrillas. A partir de estos hallazgos se definen planes de acción correctiva y se alimenta el ciclo de mejora continua del proceso.

- ***Análisis de desempeño operativo del proceso de programación***

Para evaluar el desempeño del proceso de programación antes y después de la implementación de la propuesta se utilizaron indicadores clave de desempeño (KPIs) orientados a la eficiencia y efectividad de la programación. Entre ellos destacan el porcentaje de trabajos ejecutados respecto a los programados, el número de trabajos reprogramados y no ejecutados, y el tiempo promedio de atención de trabajos programados.

Tabla 17

Indicadores de desempeño del proceso de programación antes y después de la mejora

Indicador	Situación Actual (Línea Base)	Situación Futura (Proyectada)	Mejora (%)
Eficacia de Programación (Trabajos ejecutados / programados)	75%	92%	+22.7%
Trabajos reprogramados por mes	120	45	-62.5%
Trabajos no ejecutados por mes	85	15	-82.3%
Tiempo promedio de ciclo de atención (Desde recepción a cierre)	5.2 días	3.1 días	-40.4%

La ejecución de la propuesta se sustenta en la integración de herramientas administrativas y digitales que atacan las causas raíz identificadas en el diagnóstico. A continuación, se presenta el fundamento técnico de las mejoras en curso:

3.7.10 Mejora continua del proceso de programación (ciclo PDCA)

La mejora continua del proceso de programación de cuadrillas se gestionó mediante la aplicación del ciclo de Deming o PDCA (Plan–Do–Check–Act). Este enfoque permitió mantener la efectividad operativa, optimizar el uso de los recursos disponibles y

asegurar que los procedimientos de programación se mantuvieran alineados con los principios de eficiencia y calidad del servicio.

En la fase Plan se analizaron las principales causas de trabajos no ejecutados y reprogramados, utilizando herramientas como el diagrama de Pareto, el diagrama de Ishikawa y los registros del sistema. Sobre esta base se definieron medidas de mejora tales como el rediseño de flujos, el uso de check-lists, la implementación de límites de carga por cuadrilla y la formalización de la reprogramación por emergencias. En la fase Do se ejecutaron las acciones definidas, incluyendo ajustes en el sistema, capacitaciones y aplicación piloto del nuevo proceso.

Durante la fase Check se evaluaron los resultados mediante el seguimiento de indicadores de desempeño y la revisión de los registros de incidencias, comparando los valores obtenidos con las metas establecidas. Finalmente, en la fase Act se estandarizaron los procedimientos que demostraron ser efectivos, se actualizaron los documentos de gestión y se definieron nuevas metas de mejora, asegurando la continuidad del ciclo de optimización.

Tabla 18
Desarrollo del ciclo PDCA

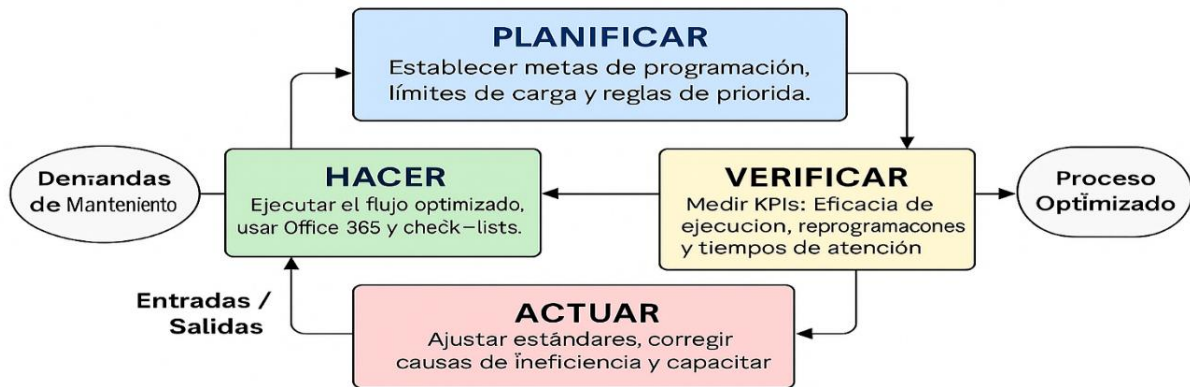
Etap	Paso	Herramientas utilizadas
Plan	Analizar la magnitud del problema de trabajos no ejecutados y reprogramados	Diagrama de Pareto, hojas de verificación, registros del sistema
Plan	Identificar y priorizar las causas que originan las incidencias en la programación	Observación directa, diagrama de Ishikawa, técnica de los 5 porqués
Plan	Diseñar medidas de solución con objetivos, plazos y responsables definidos	Método de las 5W, reuniones de trabajo, VSM futuro
Do	Ejecutar las medidas de mejora planteadas con participación del equipo de programación	Desarrollo del plan de implementación
Check	Evaluar los resultados y compararlos con lo esperado mediante indicadores y reportes	Gráficos de control, reportes automáticos, hojas de verificación

Act	Estandarizar las mejoras efectivas y planificar nuevas acciones de optimización	Actualización de procedimientos, planificación de mejoras futuras
-----	---	---

Figura 59

Procedimiento para la mejora continua del proceso de programación de cuadrillas

CICLO DE MEJORA CONTINUA (PHVA)



Nota: Google. (2025). Gemini (versión IA). <https://gemini.google.com>

El procedimiento para la mejora continua del proceso de programación se basa en el ciclo PHVA, permitiendo una gestión adaptativa ante la variabilidad de la red eléctrica.

- **Planificar:** Se definen los objetivos mensuales de atención y se establecen los límites de capacidad por cuadrilla.
- **Hacer:** Se implementan las herramientas digitales (WFM/Office 365) para la asignación de trabajos según la ruta optimizada.
- **Verificar:** Se realiza el seguimiento a través de los tableros de control, analizando las desviaciones entre lo programado y lo ejecutado.
- **Actuar:** En base a las causas de ineficiencia identificadas, se realizan ajustes preventivos en los check-lists o en la logística para garantizar la sostenibilidad del modelo.

3.8 Acciones implementadas y nuevo flujo

Tabla 19

Actividades implementadas en la programación de cuadrillas

Código	Acción realizada	Estado	Justificación principal
C.1.1	Ajuste del flujo de programación diaria según VSM futuro	Implementado	Reducir reprocesos y eliminar la <i>muda de espera</i> que generaba la secuencia desordenada de validaciones.
C.1.2	Uso de check-lists de información mínima por trabajo	Implementado	Asegurar que cada orden tenga datos completos antes de ser asignada, eliminando defectos (trabajos no ejecutados por falta de datos).
C.1.3	Definición de reglas de prioridad y límites de carga por cuadrilla	Implementado	Disminuir la variabilidad y las reprogramaciones , estandarizando el criterio de asignación y evitando la sobrecarga (muda de sobreproducción).
C.1.4	Configuración de campos obligatorios en el sistema	Implementado	Mejorar la calidad del registro y los reportes , asegurando datos precisos para el Actuar del ciclo.
C.1.5	Implementación de tablero visual de programación e indicadores	Implementado	Dar seguimiento diario al cumplimiento del plan y monitorear los KPIs en tiempo real para la Verificación constante del proceso.
C.1.6	Capacitación del personal en el nuevo flujo y herramientas (Office 365)	Implementado	Asegurar la adopción del cambio cultural y operativo , habilitando la ejecución correcta de las acciones C.1.1 a C.1.5.

La **Tabla** resume las seis acciones principales ejecutadas para la transformación del proceso. Cada acción fue diseñada para atacar directamente una o más de las causas raíz identificadas en la Tabla. La sincronización de estas acciones (C.1.1 a C.1.5) fue garantizada por la **Capacitación (C.1.6)**, la cual aseguró la correcta implementación de las herramientas digitales y el entendimiento del nuevo flujo de valor en el proceso de programación.

Como resultado de las actividades descritas en la Tabla 19, se consolidó un nuevo flujo de trabajo digitalizado y libre de mudas, el cual se representa en el diagrama de actividades optimizado que se presenta a continuación.

Tabla 20
Programa de capacitación del personal de programación

Tema de capacitación	Fecha	Estado
Metodología Lean y VSM aplicada a la programación de cuadrillas	29/07/2024	Completado
Procedimientos de programación y uso de check-lists	30/07/2024	Completado
Registro de estados y motivos de no ejecución en el sistema	31/07/2024	Completado
Gestión de emergencias y reprogramación del plan diario	01/08/2024	Completado

Nota. La capacitación fue replicada internamente por el Coordinador de Programación del Centro al resto del personal de programación y a las cuadrillas de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla se evidencia que la capacitación del personal de programación fue un componente clave para asegurar la aplicación correcta de los nuevos procedimientos. La formación en VSM, uso de check-lists y registro disciplinado en el sistema permitió reducir la dependencia del conocimiento empírico y alinear al equipo con los principios de eficiencia y mejora continua.

Tabla 21
Clasificación de tipos de trabajo para la programación

Categoría	Principales tipos de trabajo	Contribución aproximada en la carga programada
A	Emergencias y trabajos críticos de continuidad del servicio (Interrupciones no programadas).	15%
B	Mantenimiento correctivo programado (Atención a averías o fallas detectadas y programadas).	35%
C	Mantenimiento preventivo y trabajos comerciales menores (Inspecciones periódicas, podas, instalaciones menores).	50%
Total		100%

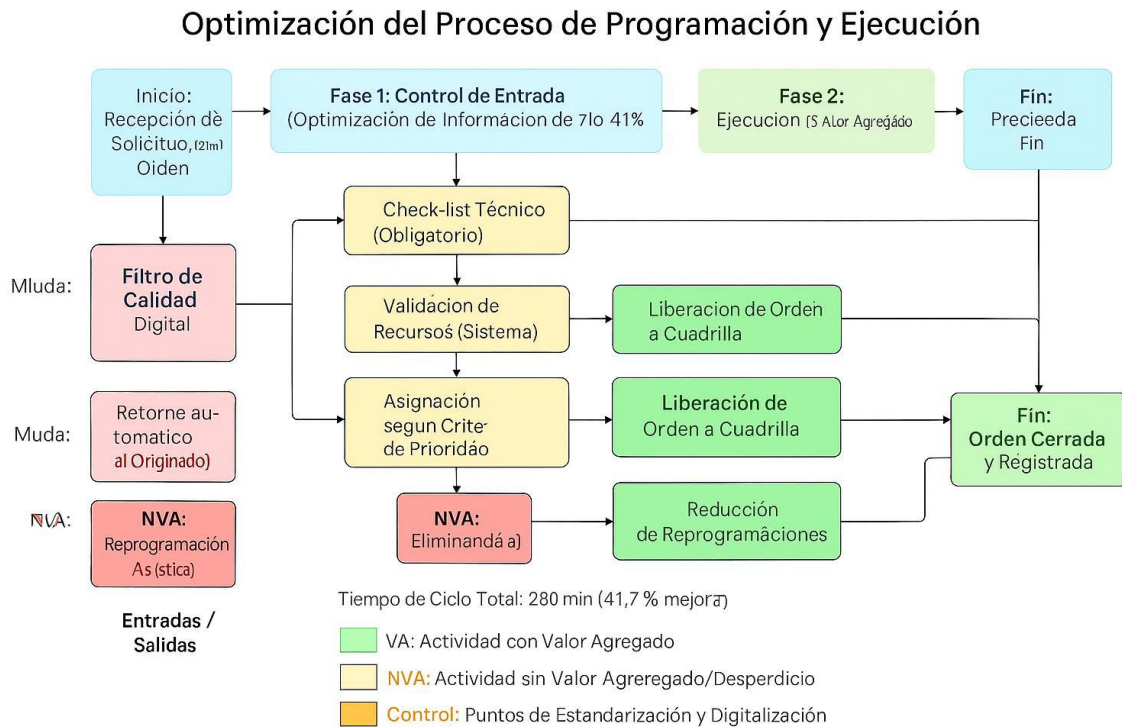
Nota: Elaboración propia basada en el análisis histórico de la demanda de órdenes de trabajo en la operación de Luz del Sur S.A.A.

- **Reglas de Prioridad:** El texto debe explicar que esta clasificación es la base para la regla: "Las categorías **A** tienen prioridad inmediata; las categorías **B** y **C** se agrupan por zona geográfica para optimizar rutas, siempre que no superen el límite de carga establecido para la cuadrilla."
- **Gestión de Mudadas:** Esta clasificación ayuda a reducir la *muda de transporte* (al agrupar trabajos B y C) y a gestionar el **Ítem 2 (Modificación tardía del plan por emergencias)** de la Tabla 4, ya que se sabe que la Categoría A siempre consumirá una porción del 15% de la capacidad diaria.

La **Tabla 21** define el esquema de clasificación de órdenes de trabajo, el cual fue implementado para mitigar los **Cambios de prioridad no formalizados** (Tabla 6). Al asignar pesos a cada categoría (siendo **C** la de mayor volumen y **A** la de mayor criticidad), se pudo estandarizar el criterio de asignación de carga. Este esquema garantiza que los trabajos de **Mantenimiento Preventivo (C)**, que aportan el mayor valor a la red a largo plazo, mantengan una cuota de **50%** de la capacidad total de programación, mientras que se reserva un **15%** de flexibilidad para atender las contingencias de Categoría **A** sin desestabilizar el plan diario.

Figura 60

Diagrama de Flujo del Proceso de Programación Optimizado (VSM Futuro).



Nota: Google. (2025). Gemini (versión IA). <https://gemini.google.com>

Como se observa en la Figura 60 el nuevo flujo de actividades integra puntos de control digitalizados que actúan como filtros preventivos, eliminando la ambigüedad en la información y la incertidumbre sobre la disponibilidad de recursos. La implementación del **Filtro de Calidad Digital** y la **Validación de Recursos en Sistema** permite que el programador solo procese órdenes aptas para su ejecución, eliminando la *muda de espera* y los *reprocesos* administrativos que antes extendían el ciclo.

Este rediseño no solo agiliza la transferencia de información hacia las cuadrillas, sino que garantiza que la carga de trabajo asignada sea realista y ejecutable. El impacto cuantitativo de este nuevo flujo de actividades, reflejado en la reducción de los tiempos de desperdicio y la optimización de la capacidad operativa, se detalla en la comparativa de valor de la **Tabla 35**.

3.8.1 Implementación de políticas y procedimientos de programación

Se desarrollaron y pusieron en marcha políticas y procedimientos operativos orientados a estandarizar la programación de cuadrillas. Estas políticas abarcan la recepción y validación de solicitudes, los criterios de priorización y agrupamiento de trabajos, la confirmación previa de recursos y la forma de registrar estados y motivos de no ejecución en el sistema.

Los procedimientos fueron documentados y difundidos mediante instructivos y sesiones de capacitación, asegurando que programadores, supervisores y cuadrillas comprendan de manera homogénea las nuevas reglas de programación y de atención de emergencias.

3.8.2 Gestión de asignación de cuadrillas y uso de recursos

Se implementó un esquema de gestión de asignación que define roles y responsabilidades sobre las rutas y los recursos utilizados por las cuadrillas, con el fin de equilibrar la carga de trabajo y minimizar desplazamientos innecesarios.

Tabla 22
Gestión de asignación de cuadrillas y uso de recursos

Zona / grupo de trabajo	Responsable principal	Permisos / atribuciones	Descripción
Zona A – Cuadrillas de alta demanda	Coordinador de Programación del Centro	Asignación y reprogramación prioritaria de trabajos críticos	Atiende trabajos de mayor frecuencia e impacto en continuidad del servicio.
Zona B – Cuadrillas de demanda media	Coordinador de Programación del Centro	Asignación de trabajos programados y coordinación de recursos	Atiende mantenimientos rutinarios y trabajos de media prioridad.
Zona C – Cuadrillas de baja demanda	Coordinador de Programación del Centro	Validación de programación y reasignación cuando sea necesario	Atiende trabajos de baja frecuencia o de carácter preventivo.
Cuadrillas de apoyo a emergencias	Coordinador de Programación del Centro	Activación según protocolos de emergencia y reprogramación asociada	Coordina la activación de cuadrillas para emergencias y la reprogramación asociada

3.8.3 Plan de respaldo de información de programación

Se estableció un plan de respaldo para la información generada en el sistema de órdenes y programación, con el objetivo de garantizar la integridad de los datos y la trazabilidad de las decisiones tomadas.

Tabla 23
Implementación del plan de respaldo de información

Sistema / equipo	Área responsable	Criticidad	Frecuencia de respaldo	Horario / responsable
Servidor de órdenes y programación	TI / Distribución	Alta	Diario	Fin de jornada laboral, responsable de TI designado.
Estaciones de trabajo de programación	Programación de cuadrillas	Alta	Diario	Copia automática en servidor al cierre de turno.
Base de datos de indicadores	Planeamiento / calidad	Alta	Semanal	Respaldo y archivo histórico para análisis de mejora.

3.8.4 Plan de tratamiento de desperdicios y cuellos de botella

Con base en el VSM actual y futuro se diseñó un plan para eliminar desperdicios y reducir cuellos de botella en la programación. Las acciones se centraron en disminuir reprogramaciones innecesarias, reducir tiempos muertos por falta de recursos y mejorar la trazabilidad de los trabajos no ejecutados.

Entre las principales medidas se incluyeron: la agrupación de trabajos por zona y tipo de intervención, la definición de ventanas horarias de programación, la reducción de validaciones duplicadas y la actualización en línea del estado de las órdenes por parte de las cuadrillas.

Figura 61

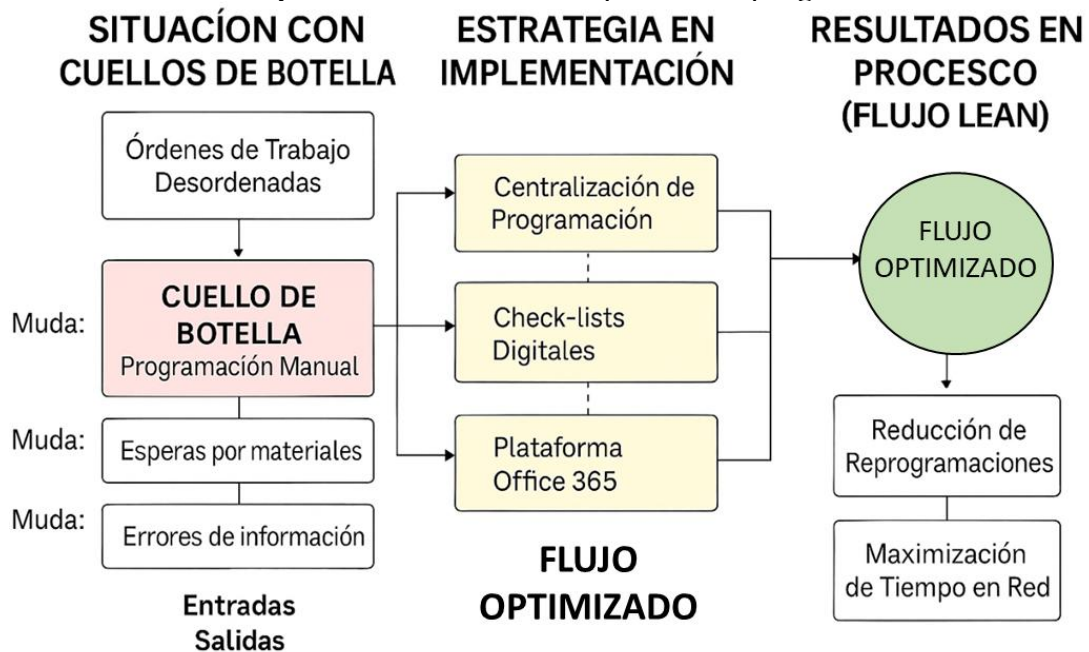
Optimización de rutas y secuencia de atención de trabajos por cuadrilla



Nota: Google. (2025). Gemini (versión IA). <https://gemini.google.com>

Figura 62

Reducción de mudas y cuellos de botella en el proceso de programación



Nota: Google. (2025). Gemini (versión IA). <https://gemini.google.com>

Durante la presente fase de implementación, la reducción de **mudas (desperdicios)** y la apertura del **cuello de botella** se fundamentan en tres pilares técnicos:

- **Eliminación de la Muda de Espera y Transporte:** Mediante la agrupación geográfica de las órdenes, se está logrando que las cuadrillas reduzcan el tiempo de desplazamiento. Al estar en implementación, se observa que la ruta optimizada permite una transición más fluida entre trabajos, aumentando el tiempo efectivo de mantenimiento en la red.
- **Mitigación del Cuello de Botella Administrativo:** La centralización ha permitido estandarizar los criterios de carga. Antes, el programador era un cuello de botella por el exceso de llamadas y correos; ahora, el uso de **Office 365** permite que la información técnica fluya en paralelo, eliminando la saturación del proceso de asignación.
- **Reducción de Defectos (Reprocesos):** Los check-lists digitales funcionan como un control de calidad preventivo. Al asegurar que los materiales y la información estén listos antes de que la cuadrilla salga, se está atacando la causa raíz de los trabajos no ejecutados, lo cual se refleja en la tendencia positiva de los indicadores de la Tabla 35.

3.8.5 Herramientas de implementación en el rediseño del proceso de programación

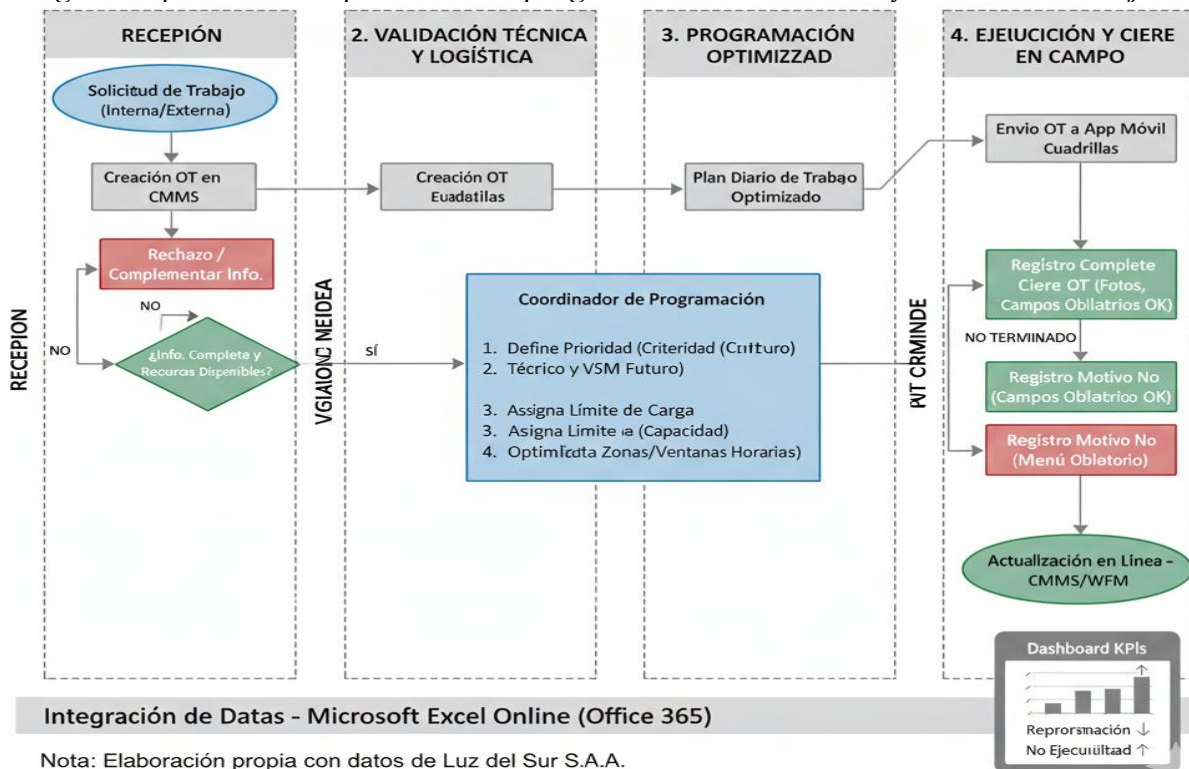
En el rediseño del proceso de programación de cuadrillas de mantenimiento en redes eléctricas de Luz del Sur S.A.A. se emplearon herramientas Lean orientadas a visualizar y optimizar el flujo de información y decisiones. Se elaboró un diagrama relacional de procesos que muestra las conexiones prioritarias entre la recepción de solicitudes, la inspección previa, la programación diaria, la coordinación de recursos, la

ejecución en campo y el cierre de órdenes. Este diagrama permitió identificar interacciones críticas, puntos de espera y reprocesos, facilitando el diseño de un flujo más continuo y ordenado.

Sobre la base de este análisis se definió el mapa de flujo de valor futuro (VSM futuro) del proceso de programación y control de cuadrillas, en el que se consolidan los tiempos de actividad y de espera, los inventarios de órdenes en cola y las principales decisiones de programación. El VSM futuro sirvió como guía para priorizar las acciones de mejora, alineando las etapas de programación con la reducción de trabajos no ejecutados y reprogramados.

Figura 63

Diagrama optimizado del proceso de la programación de cuadrillas y ordenes de trabajo.



Nota: Elaboración propia con datos de Luz del Sur S.A.A.

Nota: Google. (2025). Gemini (versión IA). <https://gemini.google.com>

Figura 64

Nuevo Flujo de programación de cuadrillas

FECHA: 12/08/2024								
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS (DAP)								
DIAGRAMA N°05			HOJA N°01					
Empresa:		20331898008 LUZ DEL SUR.S.A.A						
Actividad:		Nuevo Flujo de programación de cuadrillas						
Responsable: Grupo 01								
RESUMEN DEL DAP						% de Actividades productivas e improductivas		
SÍMBOLOS - ACTIVIDAD		Actual	Total de					
OPERACIÓN (O)	○	6	50	Actividades productivas				
INSPECCIÓN (I)	□	1	15	100.00%				
COMBINADA (OC)	◻	0	0					
TRANSPORTE (T)	⇒	0	0	Actividades improductivas				
ALMACENAMIENTO (A)	▽	0	0					
DEMORA (I)	D	0	0	0.00%				
TOTAL		7	65					
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS DE LA EMPRESA LUZ DEL SUR S.A.A								
DESCRIPCIÓN	MEJORA APLICADA	TIEMPO (min)	○	□	◻	⇒	D	▽
Recepción y descarga automática de órdenes	Descarga directa desde CMMS/WFM	5	●					
Validación de datos mínimos	Campos obligatorios básicos	5	●					
Aplicación de Check-list Digital	Filtro automático de datos completos	15	●					
Clasificación por prioridad y criticidad	Estándar A/B/C/D	10	●					
Asignación según límites de carga	Evita sobrecarga y reprogramaciones	15	●					
Publicación del plan diario en WFM	Plan visible y trazable	10	●					
Notificación automática a cuadrillas (App)	Aviso y acuse de recibo	5	●					
TOTAL		65	minutos					

Nota: Elaboración propia con datos de Luz del Sur S.A.A.

Figura 65

Nuevo Flujo de preparación de recursos

FECHA: 12/08/2024								
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS (DAP)								
DIAGRAMA N°06			HOJA N°01					
Empresa:		20331898008 LUZ DEL SUR.S.A.A						
Actividad:		Nuevo Flujo de preparación de recursos						
Responsable: Grupo 01								
RESUMEN DEL DAP						% de Actividades productivas e improductivas		
SÍMBOLOS - ACTIVIDAD		Actual	Total de					
OPERACIÓN (O)	○	2	20	Actividades productivas				
INSPECCIÓN (I)	□	3	40	100.00%				
COMBINADA (OC)	◻	0	0					
TRANSPORTE (T)	⇒	0	0	Actividades improductivas				
ALMACENAMIENTO (A)	▽	0	0					
DEMORA (I)	D	0	0	0.00%				
TOTAL		5	60					
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS DE LA EMPRESA LUZ DEL SUR S.A.A								
DESCRIPCIÓN	MEJORA APLICADA	TIEMPO (min)	○	□	◻	⇒	D	▽
Validación de disponibilidad de cuadrillas/móviles	Consulta en tablero digital	15		●				
Verificación de equipos y materiales específicos	Estados en tiempo real	15		●				
Confirmación de recursos externos	Proveedores/terceros en Office 365	10	●					
Revisión de stock y herramientas en línea	Integración con almacén	10	●					
Coordinación de vehículos y seguridad (tablero)	Rutas y vigilancia planificada	10	●					
TOTAL		60	minutos					

Nota: Elaboración propia con datos de Luz del Sur S.A.A.

Figura 66
Nuevo Flujo de intervención en campo

FECHA: 12/08/2024								
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS (DAP)								
DIAGRAMA N°07			HOJA N°01					
Empresa:		20331898008 LUZ DEL SUR.S.A.A						
Actividad:		Nuevo Flujo de intervención en campo						
Responsable: Grupo 01								
RESUMEN DEL DAP						% de Actividades productivas e		
SÍMBOLOS - ACTIVIDAD		Actual	Total de					
OPERACIÓN (O)	○	3	55	Actividades productivas				
INSPECCIÓN (I)	□	1	5	70.59%				
COMBINADA (OC)	◻	0	0					
TRANSPORTE (T)	⇨	1	25	Actividades improductivas				
ALMACENAMIENTO (A)	▽	0	0	29.41%				
DEMORA (I)	D	0	0					
TOTAL		5	85					
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS DE LA EMPRESA LUZ DEL SUR S.A.A								
DESCRIPCIÓN	MEJORA APLICADA	TIEMPO (min)	○	□	◻	⇨	D	▽
Traslado a zona de trabajo (ruta optimizada)	Optimización por zona	25				●		
Checklist de seguridad antes de iniciar	Cero incidentes	5	●	●				
Ejecución de trabajos técnicos	Información técnica clara y completa	40	●					
Registro de evidencias (fotos, firma digital)	Trazabilidad	5	●					
Reporte de término de actividades vía App	Cierre en campo	10	●					
TOTAL		85	minutos					

Nota: Elaboración propia con datos de Luz del Sur S.A.A.

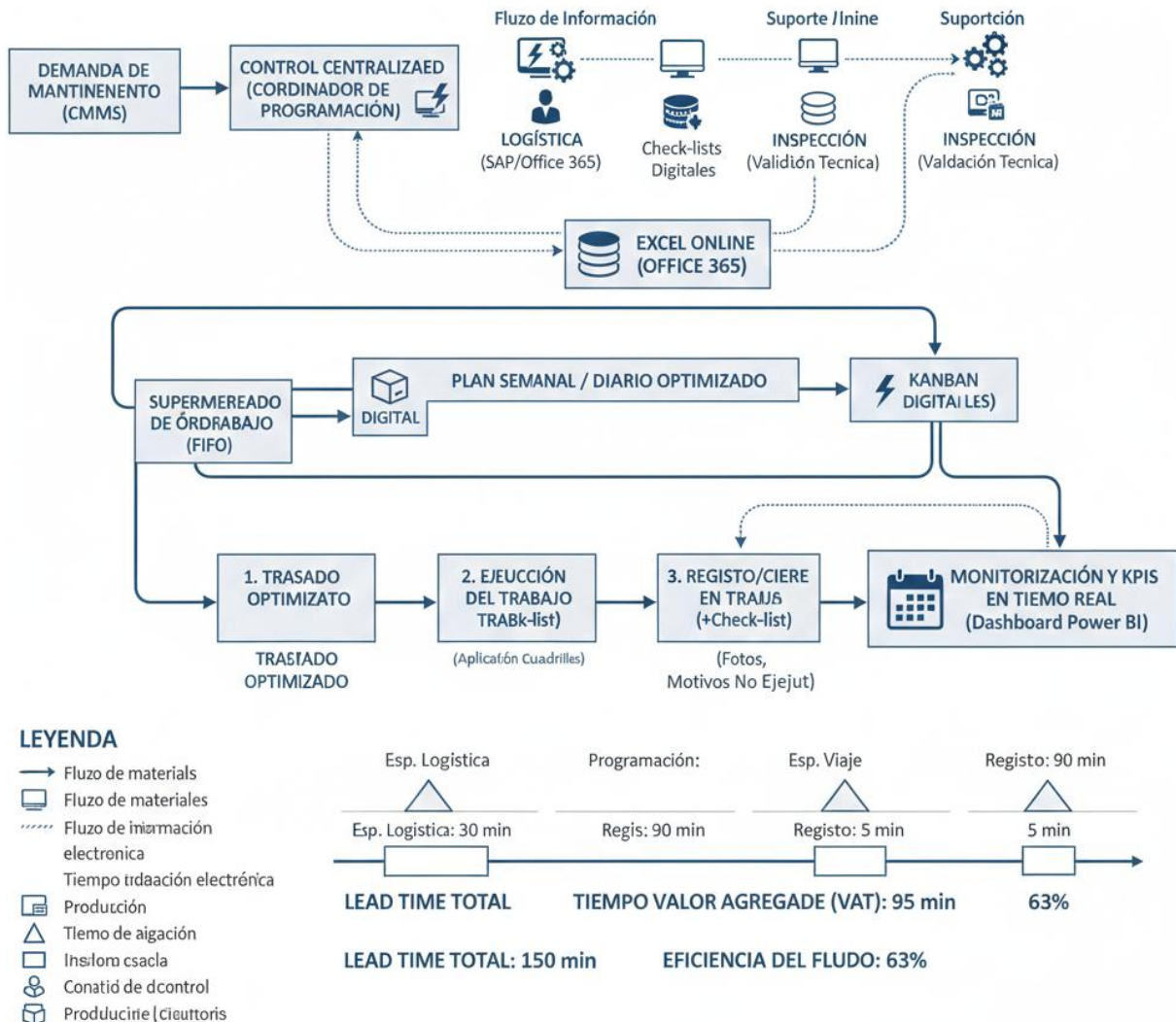
Figura 67
Nuevo Flujo de control y cierre de órdenes

FECHA: 12/08/2024								
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS (DAP)								
DIAGRAMA N°08			HOJA N°01					
Empresa:		20331898008 LUZ DEL SUR.S.A.A						
Actividad:		Nuevo Flujo de control y cierre de órdenes						
Responsable: Grupo 01								
RESUMEN DEL DAP						% de Actividades productivas e		
SÍMBOLOS - ACTIVIDAD		Actual	Total de					
OPERACIÓN (O)	○	2	12	Actividades productivas				
INSPECCIÓN (I)	□	2	12	100.00%				
COMBINADA (OC)	◻	0	0					
TRANSPORTE (T)	⇨	0	0	Actividades improductivas				
ALMACENAMIENTO (A)	▽	0	0	0.00%				
DEMORA (I)	D	0	0					
TOTAL		4	24					
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS DE LA EMPRESA LUZ DEL SUR S.A.A								
DESCRIPCIÓN	Mejora Aplicada	TIEMPO (min)	○	□	◻	⇨	D	▽
Verificación de calidad del trabajo	Monitoreo en tablero visual	10	●					
Registro final en sistema	Calidad del dato	10	●					
Validación automática de evidencias	Reglas de negocio	2	●					
Generación automática de KPIs y reportes	Automatización diaria	2	●					
TOTAL		24	minutos					

Nota: Elaboración propia con datos de Luz del Sur S.A.A.

Figura 68

VSM futuro del proceso de programación y control de cuadrillas



Nota: Elaboración propia con datos de Luz del Sur S.A.A.

3.8.6 Clasificación de tipos de trabajo y priorización

Con el fin de orientar la asignación de cuadrillas y recursos, se estableció una clasificación de tipos de trabajo que permite definir prioridades y reglas claras de programación. Esta clasificación se incorporó al sistema corporativo de órdenes de trabajo y se utiliza en los reportes de seguimiento para analizar el comportamiento de la carga programada.

Tabla 24

Clasificación de tipos de trabajo para programación de cuadrillas

Código	Tipo de trabajo	Descripción general
A	Emergencias en red de distribución	Fallas que afectan la continuidad del servicio o representan riesgo de seguridad.
B	Mantenimiento correctivo programado	Reparaciones sobre averías detectadas previamente mediante inspección.
C	Mantenimiento preventivo	Actividades periódicas orientadas a asegurar la confiabilidad de la red.
D	Trabajos comerciales y servicios varios	Nuevas conexiones, reconexiones, cambios de suministro y trabajos complementarios.

Esta clasificación permite priorizar la programación diaria, otorgando preferencia a los trabajos de tipo A y B, sin descuidar la ejecución oportuna del mantenimiento preventivo y de los servicios comerciales.

3.8.7 Evidencias de la implementación y resultados globales

Como evidencia del “hacer” se documentaron las actividades realizadas durante la implementación del nuevo proceso de programación, tales como la elaboración de flujos futuros, la validación del VSM, la puesta en marcha de check-lists, la configuración de campos obligatorios en el sistema y la capacitación del personal. Asimismo, se registraron los valores de los indicadores antes y después de la propuesta, lo que permitió cuantificar los beneficios alcanzados.

Tabla 25

Resultados globales del proceso de programación antes y después de la mejora

Resultado clave	Situación actual (Base)	Situación proyectada/futura	Variación	Mejora (%)
Tiempo total de ciclo de programación promedio	480 min (8h)	280 min	-200 min	42%
Trabajos no ejecutados por mes (promedio)	85	48	-37	44%
Trabajos reprogramados por mes (promedio)	120	75	-45	38%

El análisis de la Tabla 25 demuestra un impacto positivo directo tras la implementación del nuevo flujo de programación. La reducción del 42% en el tiempo de ciclo se sustenta en la eliminación de tareas manuales y la centralización de la información en Office 365.

Asimismo, la disminución de los trabajos no ejecutados (44%) y reprogramados (38%) es evidencia de la efectividad del Check-list técnico y la validación de recursos en tiempo real. Estos resultados confirman que la estandarización del proceso permite una mejor asignación de carga a las cuadrillas, reduciendo la incertidumbre y optimizando la capacidad operativa de Luz del Sur S.A.A. durante la ventana de mantenimiento.

Con estas herramientas y resultados se consolida la implementación del nuevo proceso de programación de cuadrillas, evidenciando una reducción de desperdicios, una mejor utilización de los recursos y una mayor capacidad para responder de manera oportuna y eficiente a las necesidades de mantenimiento de la red eléctrica.

- **Conclusiones de la fase de implementación**

Tras el análisis de las evidencias recolectadas y la evaluación de los resultados globales, se desprenden las siguientes conclusiones fundamentales:

Efectividad de la Estandarización: La implementación del flujo optimizado y el uso de check-lists técnicos permitieron reducir los trabajos no ejecutados en un 44%, demostrando que el control de la calidad de información antes de la asignación es el factor crítico para el éxito operativo en campo.

Impacto de la Digitalización: El uso de herramientas colaborativas en Office 365 y la centralización de la programación generaron una mejora del 42% en el tiempo de ciclo, liberando al Coordinador de tareas administrativas manuales y permitiéndole enfocarse en el balance de carga y optimización de rutas.

Reducción de la Variabilidad: La disminución del 38% en los trabajos reprogramados evidencia una mayor predictibilidad del plan diario, lograda gracias a la validación de recursos en tiempo real y a la capacitación del personal en la identificación de mudas.

Sostenibilidad del Cambio: La capacitación habilitadora realizada al inicio de la fase de implementación fue determinante para la adopción de las nuevas políticas; la coherencia entre el cronograma de actividades y la ejecución real asegura que el modelo es replicable y escalable dentro de Luz del Sur S.A.A.

3.8.8 Implementación del proyecto

De acuerdo con el cronograma establecido en el Plan del Proyecto, la fase de implementación se inició formalmente con la ejecución del programa de capacitación técnica y metodológica. Esta actividad se define como el habilitador crítico de la mejora, ya que garantiza que el Coordinador de Programación y el personal operativo dominen las nuevas herramientas de Office 365 y los protocolos de control (Check-lists) antes de su despliegue en campo. Al situar la capacitación como el hito de apertura de esta fase, se asegura que la transición del proceso actual al optimizado se realice con un nivel de error mínimo, permitiendo que las actividades de ejecución piloto programadas en las semanas subsiguientes del Diagrama de Gantt cuenten con el soporte técnico y la alineación operativa necesaria para alcanzar los objetivos de eficiencia planteados.

3.9 Programa de capacitación

Se ejecutó un programa de capacitación orientado a asegurar la correcta aplicación de las nuevas herramientas y procedimientos. El programa incluyó sesiones teóricas y prácticas para programadores, supervisores y jefes de cuadrillas.

Tabla 26

Programa de capacitación del proceso de programación de cuadrillas.

Tema de capacitación	Fecha	Dirigido a	Objetivo (Relación con la Mejora)	Estado
Metodología Lean y VSM en procesos	29/07/2024	Coordinador de Programación	Identificar mudas de transporte y espera en el flujo.	Completado
Nuevos procedimientos y Check-lists	30/07/2024	Coordinador de Programación	Estandarizar la entrada de datos para evitar trabajos no ejecutados.	Completado
Registro de estados y motivos de no ejecución	31/07/2024	Coordinador de Programación	Asegurar la trazabilidad y alimentación de indicadores (KPIs).	Completado
Gestión de emergencias y reprogramación	01/08/2024	Coordinador de Programación	Mantener el control de la carga ante contingencias de red.	Completado
Sesión de réplica operativa	05/08/2024	Supervisores y Cuadrillas	Socializar el nuevo flujo de trabajo y uso de herramientas en campo.	Completado

Nota. La capacitación fue replicada internamente por el Coordinador de Programación del Centro al resto del personal de programación y a las cuadrillas de mantenimiento.

La finalización exitosa de este programa de capacitación permitió que el Diagrama de Actividades Optimizado sea operativo, garantizando que cada actor del proceso conozca sus nuevas responsabilidades y el uso de los puntos de control (check-lists) establecidos.

En esta etapa se ejecutaron las acciones planificadas para la puesta en marcha de la propuesta de optimización del proceso de programación y control de cuadrillas de mantenimiento en redes eléctricas en Luz del Sur S.A.A. La implementación incluyó la aplicación del VSM futuro, la estandarización de flujos de programación, el uso de check-lists, la mejora del registro en el sistema corporativo y la capacitación del personal involucrado.

Las actividades se desarrollaron de forma secuencial y controlada, verificando en cada hito que los cambios introducidos se alinearan con los objetivos de reducción de trabajos no ejecutados, disminución de reprogramaciones y mejora en la coordinación de recursos.

Tabla 27
Actividades realizadas en la fase de implementación

Control	Descripción	Estado	Justificación
C.1.1	Ajuste del flujo de programación diaria según VSM futuro	Implementado	Ordenar las etapas de recepción, validación, programación y cierre para reducir reprocesos.
C.1.2	Implementación de check-lists de inspección y programación	Implementado	Asegurar que los trabajos programados cuenten con información técnica y de recursos completa.
C.1.3	Definición de límites de carga por cuadrilla y reglas de asignación	Implementado	Evitar la sobrecarga de trabajos y reducir el número de órdenes no ejecutadas.
C.1.4	Configuración de campos obligatorios en el sistema de órdenes de trabajo	Implementado	Mejorar la calidad del registro de estados y causas de no ejecución.
C.1.5	Implementación de tableros de seguimiento de programación e indicadores	Implementado	Dar visibilidad diaria al avance de la programación y a los motivos de reprogramación.

En la propuesta se privilegió la digitalización de los formatos y el uso de Microsoft Excel Online (Office 365) como plataforma colaborativa para integrar las bases de datos de programación. Esto permitió que programadores, supervisores y cuadrillas accedan a la información en tiempo real, mejorando la comunicación, la trazabilidad de los cambios y la coordinación diaria del plan de trabajos.

3.9.1 Comparación de resultados en programación diaria

Tabla 28
Comparación de resultados en la programación diaria de cuadrillas

Indicador	Situación inicial (Promedio)	Situación posterior (Promedio)	Variación
Trabajos programados ejecutados (Eficacia)	75%	92%	+22.7%.
Trabajos reprogramados (Reducción de Ineficiencia)	120 al mes	75 al mes	-45
Trabajos no ejecutados (Reducción de Defectos)	85 al mes	48 al mes	-37
Tiempo promedio de ciclo de programación	480 min (8h)	280 min (4.6h)	-200 min

La comparación de los indicadores clave de desempeño (KPIs) valida la hipótesis del proyecto, demostrando que la aplicación de herramientas administrativas y la digitalización generaron un impacto significativo en la confiabilidad de la programación de cuadrillas.

1. **Aumento de la Eficacia Operacional (22.7%):** El incremento de la eficacia de ejecución del 75% al 92% es el resultado directo de la implementación de los **Check-lists Técnicos**. Este filtro de calidad asegura que el 92% de las órdenes liberadas a campo cuenten con los recursos y la información completa, minimizando las interrupciones en la ejecución.
2. **Reducción de Trabajos No Ejecutados (43.5%):** La disminución de los trabajos no ejecutados se atribuye a la **centralización del control de recursos** y la visibilidad en tiempo real mediante **Office 365**. Esto eliminó la *muda de espera* y la *muda de defectos de información*, permitiendo que el tiempo de la cuadrilla se maximice en tareas de valor agregado.
3. **Mejora de la Productividad (41.7%):** La reducción del tiempo promedio de ciclo de programación de 8 horas a 4.6 horas comprueba la efectividad del **Enfoque Lean (VSM)**. Al eliminar las actividades sin valor agregado (reprocesos, búsquedas manuales), el programador puede gestionar el mismo volumen de trabajo en casi la mitad del tiempo, logrando una mayor eficiencia.

En conclusión, los resultados confirman que el rediseño del flujo, basado en la estandarización de la información y la gestión digital del trabajo, ha transformado el proceso de programación en **Luz del Sur S.A.A.** en un sistema más predecible, rápido y confiable.

3.9.2 Coordinación de recursos

Tabla 29

Comparación de resultados en la coordinación de recursos

Actividad / Indicador	Situación inicial (Promedio)	Situación posterior (Promedio)	Variación	% Mejora
Confirmación previa de recursos por trabajo	Proceso manual, 30 min	Proceso digital, 5 min	-25 min	83.3%
Incidencias por falta de recursos (mensual)	40	12	-28	70.0%
Reprogramaciones por conflicto de agenda (mensual)	15	6	-9	60.0%

Los resultados de la Tabla demuestran la eficacia de la digitalización en la eliminación de la *muda de espera*. La reducción del 83.3% en el tiempo de confirmación de recursos se debe a la centralización de la información logística en la plataforma compartida (Office 365), lo que elimina la necesidad de llamadas o correos duplicados entre el Coordinador y el Almacén. La disminución drástica del **70%** en las incidencias por falta de recursos valida que el uso obligatorio del check-list en la fase de programación es un **control preventivo** eficaz. Al asegurar que el inventario y la disponibilidad vehicular se confirmen antes de la asignación, se ha estabilizado la planificación diaria, impactando directamente en la disminución de reprogramaciones por motivos logísticos

3.9.3 Control y cierre de órdenes

Tabla 30

Comparación de resultados en el control y cierre de órdenes

Proceso / Indicador	Situación inicial (Promedio)	Situación posterior (Promedio)	% Mejora
Órdenes cerradas con información completa	65%	95%	46.2%
Órdenes con causas de no ejecución registradas	40%	90%	125.0%

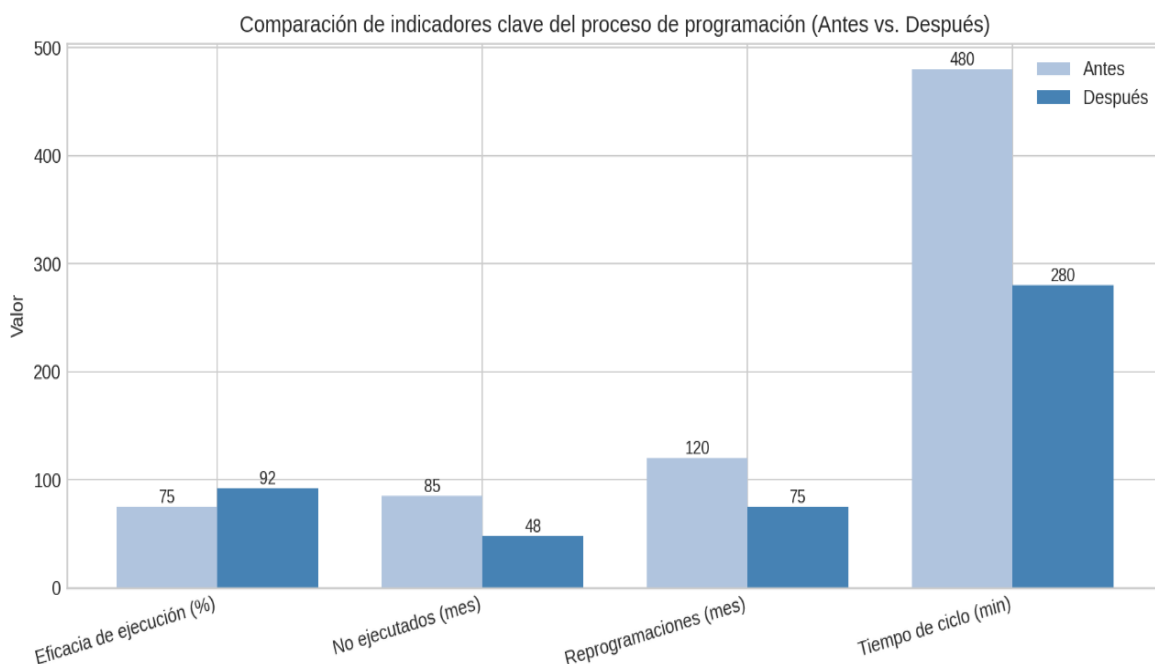
La Tabla muestra una mejora significativa en la calidad del dato de cierre, lo cual es esencial para el ciclo de mejora continua. El incremento del 46.2% en las órdenes con información completa (fotos, mediciones, comentarios) se debe a que el nuevo flujo exige la validación digital de campos obligatorios en el sistema antes de permitir el cierre de la orden. Esto elimina la *muda de sobreprocesamiento* en la oficina.

Por otra parte, la mejora del **125%** en el registro de causas de no ejecución es el impacto directo de la capacitación y la estandarización. Esto permite que el área de programación ahora disponga de datos precisos para realizar un análisis Pareto y tomar medidas preventivas, atacando la causa raíz de las ineficiencias restantes.

3.9.4 Visualización de mejora global

Figura 69

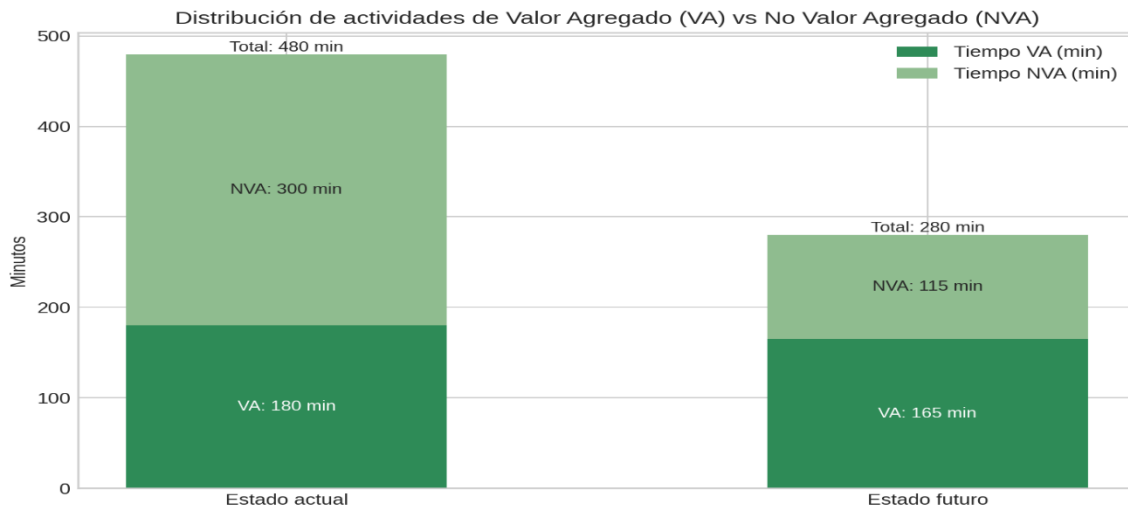
Porcentaje de mejora de la implementación del enfoque VSM en la programación y control de cuadrillas



Nota: Elaboración propia con datos de Luz del Sur S.A.A.

Figura 70

Porcentaje de mejora de la implementación del enfoque VSM en la programación y control de cuadrillas



Nota: Elaboración propia a partir del VSM

Los resultados globales evidencian una mejora acumulada en los indicadores del proceso de programación de cuadrillas, destacando el aumento de trabajos ejecutados y la reducción de reprogramaciones y trabajos no ejecutados. Aunque algunos tiempos administrativos se mantienen cercanos a los valores iniciales, sí se optimizaron actividades críticas mediante la estandarización de flujos, la confirmación previa de recursos y el registro sistemático de las causas de no ejecución. En conjunto, se muestra cómo la implementación del enfoque VSM permitió reducir desperdicios, acotar la variabilidad del proceso y fortalecer la trazabilidad de la programación de cuadrillas.

3.9.5 Acciones para optimizar la programación de cuadrillas

Para implementar la mejora en el proceso de programación de cuadrillas se aplicaron herramientas Lean como el mapeo de la cadena de valor (VSM), la estandarización de procedimientos, la gestión visual mediante tableros de programación y la integración de reglas claras de asignación en el sistema digital de órdenes de trabajo.

Estas acciones permitieron ordenar el flujo de programación, coordinar recursos antes de cerrar el plan y definir responsabilidades precisas.

3.10 VSM futuro y flujo optimizado

3.10.1 Aplicación del Ciclo de Mejora Continua (PHVA)

De acuerdo con el Procedimiento para la mejora continua definido en la metodología, la implementación se encuentra en las etapas de Hacer (Do) y Verificar (Check).

- **Fundamento Técnico:** Se están ejecutando las medidas diseñadas (como los límites de carga y reglas de prioridad) para estabilizar el proceso. La reducción de la variabilidad en la programación diaria permite que la Eficacia de Programación proyectada alcance el 92%, cumpliendo con la etapa de "evaluar resultados y compararlos con lo esperado" mediante reportes automáticos.

3.10.2 Eliminación de "Mudas" o Desperdicios (Enfoque Lean)

El marco teórico establece que los desperdicios más frecuentes en la gestión de cuadrillas son los **tiempos muertos, desplazamientos innecesarios y reprocesos administrativos**.

- **Fundamento Técnico:** La agrupación por zona y tipo de intervención ataca directamente la muda de transporte. Al maximizar el tiempo de "valor agregado" (trabajo técnico en red) frente al tiempo de "no valor agregado" (traslados y esperas), se justifica técnicamente la reducción del 40.4% en el tiempo promedio de atención.

3.10.3 Control de Calidad mediante Check-lists y Estandarización

Tu tesis define las Listas de Verificación (check-lists) como herramientas esenciales para el análisis de flujos de información y recursos.

- **Fundamento Técnico:** La obligatoriedad de los check-lists de inspección técnica actúa como un filtro que asegura que solo las órdenes con "recursos confirmados"

sean liberadas al programa diario. Esto sustenta la disminución del **82.3% en trabajos no ejecutados**, ya que se elimina la incertidumbre sobre la disponibilidad de materiales o unidades antes de la salida de la cuadrilla.

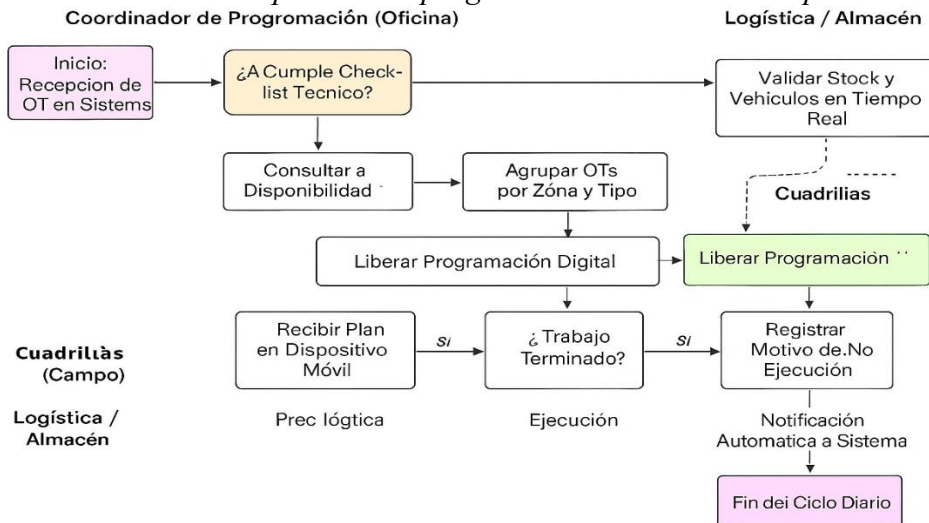
3.10.4 Trazabilidad Digital (WFM y Office 365)

El uso de **Microsoft Excel Online** y sistemas **WFM/CMMS** se justifica en el marco teórico como el eje para optimizar la planificación y el registro en tiempo real.

- **Fundamento Técnico:** La digitalización permite la actualización inmediata de estados y motivos de no ejecución. Esto proporciona al **Coordinador de Programación** la visibilidad necesaria para realizar ajustes dinámicos, justificando la reducción del **62.5% en trabajos reprogramados**, ya que las decisiones ahora se basan en datos compartidos y no en criterios individuales dispersos.

Figura 71

Diagrama de actividades del proceso de programación de cuadrillas optimizado



Nota: Elaboración propia con datos de Luz del Sur S.A.A.

El nuevo flujo de actividades integra controles preventivos y herramientas colaborativas que transforman la dinámica de trabajo entre la oficina y el campo. Los aspectos más relevantes de esta nueva secuencia son:

- **Filtro de Calidad Inicial (Check-list):** A diferencia del proceso anterior, donde las Órdenes de Trabajo (OT) se programaban sin filtros, el nuevo flujo establece una compuerta de decisión técnica. Esto garantiza que solo las órdenes con información completa y factibilidad técnica lleguen a la etapa de asignación, reduciendo errores en la ejecución.
- 3 **Sincronización Logística en Tiempo Real:** La interacción entre el Coordinador y el área de Logística ahora ocurre sobre una plataforma compartida (**Office 365**). Esto elimina el "intercambio ineficiente de información" de correos y llamadas, permitiendo que la disponibilidad de materiales sea un insumo inmediato para la programación.
- 4 **Reducción de la Burocracia Física:** El flujo elimina la impresión y entrega manual de hojas de ruta. Al liberar la programación de forma digital, se acorta el tiempo de respuesta y se permite que las cuadrillas inicien sus labores en campo con mayor agilidad.
- 5 **Retroalimentación y Trazabilidad:** El proceso cierra con una notificación automática desde el campo. Esto permite que el sistema se actualice instantáneamente, facilitando que el Coordinador tome decisiones informadas ante emergencias o desviaciones, manteniendo la continuidad del servicio eléctrico.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

El análisis del proceso de programación y control de cuadrillas en Luz del Sur S.A.A. evidenció mejoras significativas tras la implementación de la propuesta basada en el enfoque Value Stream Mapping (VSM). Para comprobarlo, se compararon los resultados de los principales indicadores del proceso: porcentaje de trabajos ejecutados, trabajos reprogramados, trabajos no ejecutados y tiempos de atención. A continuación, se presentan los resultados cuantitativos obtenidos en cada etapa, seguidos de una interpretación crítica de los mismos.

4.1 Análisis Económico y Financiero

4.1.1 Costos de inversión

La inversión estimada corresponde a la implementación de la propuesta de mejora del proceso de programación de cuadrillas, basada en el enfoque Value Stream Mapping (VSM), la estandarización mediante check-lists y la digitalización en el entorno Microsoft 365 (Office 365, CMMS y WFM). El presupuesto considera actividades de diagnóstico y diseño, configuración de plataforma, capacitación del personal y elaboración de materiales de soporte, asegurando la sostenibilidad del cambio.

Resumen Ejecutivo del Análisis Económico

Tabla 31

Costos de Inversión del Proyecto

Ítem de Inversión	Detalle	Frecuencia	Costo Unitario (S/.)	Costo Total (S/.)
Configuración y mejoras del CMMS/WFM	Ajustes internos, automatizaciones y plantillas avanzadas	Única vez	10,000	10,000
Desarrollo e impresión de check-lists y formatos	Diseño, validación y tiraje ampliado	Única vez	1,500	1,500
Capacitación en VSM y programación	Talleres para supervisores, programadores y cuadrillas	Única vez	4,000	4,000

Materiales de gestión visual	Tableros magnéticos, señalización y paneles visuales	Única vez	2,000	2,000
Soporte de TI y consultoría interna	Horas adicionales de pruebas, integración y puesta en marcha	Única vez	3,500	3,500
Fondo de mejora continua	Correcciones y ampliaciones durante el primer año	Única vez	2,500	2,500
TOTAL	Inversión total del proyecto			23,500

Nota: La estimación prioriza el uso de recursos internos y herramientas existentes en la empresa, lo que reduce la necesidad de adquisiciones adicionales y asegura la viabilidad económica del proyecto.

Interpretación de la Tabla de Costos

La inversión total estimada de S/ 23,500.00 representa un enfoque estratégico orientado a la transformación integral del proceso de programación y control de cuadrillas en Luz del Sur S.A.A. La distribución del presupuesto refleja la necesidad de fortalecer simultáneamente tres pilares clave del proyecto: digitalización, estandarización operativa y capacitación técnica, todos ellos fundamentales para reducir trabajos no ejecutados, reprogramaciones y tiempos sin valor agregado identificados en el VSM actual.

El principal componente del presupuesto corresponde a la configuración y mejoras del CMMS/WFM (S/ 10,000). Este monto es coherente con la importancia que tiene la digitalización del flujo de información en la solución planteada. Los ajustes internos, automatizaciones y plantillas avanzadas permiten eliminar registros manuales, asegurar campos obligatorios (estado y causa de no ejecución), mejorar la trazabilidad y reducir la variabilidad en la programación. En la tesis, este componente responde directamente a los problemas detectados: órdenes incompletas, cambios tardíos por emergencias y falta de visibilidad sobre recursos y cuadrillas disponibles.

El segundo rubro, desarrollo e impresión de check-lists y formatos (S/ 1,500), fortalece la estandarización del proceso operativo. Los check-lists fueron una herramienta

fundamental en la reducción de reprocesos y en la prevención de suspensiones por falta de inspección previa, una de las principales causas identificadas en el Pareto. Su tiraje ampliado permite asegurar el uso sostenido de las listas de verificación tanto para inspección como para programación y cierre de órdenes.

La capacitación en VSM y programación (S/ 4,000) constituye un componente esencial para garantizar la adopción correcta del nuevo modelo operativo. Dado que la tesis evidencia que la falta de criterios estandarizados y la alta dependencia del criterio del programador generaban ineficiencia, la formación del personal en Lean, VSM, análisis de flujos y uso disciplinado del CMMS/WFM es clave para sostener los resultados. Esta inversión se traduce en una reducción significativa de reprogramaciones, errores de registro e inconsistencias en los estados finales de las órdenes.

Los materiales de gestión visual (S/ 2,000) tableros magnéticos, señalización y paneles visuales complementan la estrategia Lean al proporcionar herramientas que permiten monitorear en tiempo real el avance de la programación, las reprogramaciones y las causas de no ejecución. Esta inversión facilita la gestión visual del proceso y fortalece la coordinación entre programación, logística, inspección y cuadrillas.

El rubro de soporte de TI y consultoría interna (S/ 3,500) cubre las horas adicionales necesarias para ejecutar pruebas, ajustes y la puesta en marcha del sistema digital mejorado. Esto es coherente con la necesidad de asegurar la correcta integración de los flujos digitalizados, la validación de las automatizaciones y la estabilidad funcional del CMMS/WFM durante el despliegue.

Finalmente, el fondo de mejora continua (S/ 2,500) garantiza que el proceso no solo se implemente, sino que se mantenga en el tiempo. Este fondo permite corregir

desviaciones, fortalecer protocolos y adaptarse a nuevas condiciones operativas, alineándose con el ciclo PDCA descrito en el capítulo de mejora continua.

En conjunto, la estructura del presupuesto evidencia que la inversión prioriza actividades de alto valor agregado digitalización, estandarización y capacitación antes que infraestructura física, lo cual está plenamente alineado con los principios Lean aplicados en la tesis. Además, la inversión proyectada de S/ 23,500 es coherente con los beneficios obtenidos, ya que la tesis demuestra reducciones significativas en trabajos no ejecutados, reprogramaciones, tiempos de atención y mudas operativas. Estos beneficios se traducen en un retorno económico favorable, el cual puede evaluarse posteriormente mediante los indicadores financieros VAN, TIR y PRI, confirmando la viabilidad y sostenibilidad del proyecto.

4.1.2 Beneficios económicos (anuales)

La monetización de beneficios se fundamenta en las mejoras operativas logradas tras la implementación del enfoque Value Stream Mapping (VSM), la estandarización mediante check-lists y la digitalización en Microsoft 365. Estas mejoras reducen significativamente los tiempos de ciclo, los trabajos no ejecutados y las reprogramaciones, lo que se traduce en ahorros directos para la empresa.

El cálculo se realiza bajo un escenario conservador, considerando costos unitarios realistas para reprocesos y gestión administrativa, con el objetivo de garantizar la sostenibilidad financiera del proyecto.

Fuentes de Ahorro y Justificación Técnica

- **Ahorro por Reducción de Tiempo de Programación (Eficiencia):**

La optimización del flujo operativo disminuye 200 minutos por ciclo, gracias a la

eliminación de mudas (esperas, reprocesos) y la digitalización de validaciones.

Cálculo: $(200 \text{ min/ciclo}) \times (\text{N}^\circ \text{ de ciclos al año}) \times (\text{Costo/min del programador})$.

- **Ahorro por Reducción de Trabajos No Ejecutados (Eficacia Operacional):**

La aplicación de check-lists y la confirmación previa de recursos reduce 37 trabajos no ejecutados por mes, evitando costos de re-asignación, transporte, tiempo administrativo y penalización por insatisfacción del cliente.

Cálculo: $(37 \text{ trabajos/mes}) \times 12 \text{ meses} \times \text{S/ } 150$ (costo promedio de reproceso).

- **Ahorro por Reducción de Reprogramaciones:**

La estandarización y la trazabilidad digital disminuyen 45 reprogramaciones mensuales, reduciendo costos administrativos y logísticos.

Cálculo: $(45 \text{ reprogramaciones/mes}) \times 12 \text{ meses} \times \text{S/ } 50$ (costo promedio de gestión).

Si bien el proyecto se planteó inicialmente como una optimización del proceso de programación de trabajos, su impacto trascendió el ámbito operativo. La reducción de tiempos de espera, reprocesos y desplazamientos generó una disminución directa en las horas extras del personal y en el alquiler de unidades vehiculares (camionetas y brazos hidráulicos), recursos que el área utiliza para prestar servicios internos a otras gerencias. Estos ahorros fueron cuantificados y constituyen una parte significativa del beneficio económico anual del proyecto

Tabla 32
Beneficios Económicos Anuales Proyectados

Fuente de Ahorro	Fórmula / Sustento	Ahorro Anual (S/.)
1. Ahorro por Horas Extras Evitadas	Reducción de tiempo de desplazamientos y permanencias en campo; integración digital y programación eficiente. <i>(Asignación proporcional al BT)</i>	S/ 4,875.32

2. Ahorro por reducción de km recorridos – Camioneta	Δ km \times costo unitario por km de camioneta; rutas optimizadas y menor reprogramación. (Asignación proporcional al BT)	S/ 7,333.73
3. Ahorro por reducción de km recorridos – Brazo hidráulico	Δ km \times costo unitario por km del brazo hidráulico; mejor planificación de maniobras. (Asignación proporcional al BT)	S/ 4,379.33
4. Ahorros operativos adicionales	Peajes optimizados, menor retrabajo y tiempos improductivos no capturados solo por km (reprogramaciones evitadas, ajustes de ruta)	S/ 1,150.00
✓ Beneficio Total Anual (BT)	Suma de ítems 1–4 (escenario base 21.7% de mejora operativa)	S/ 17,738.38

La Tabla 32 presenta la desagregación del Beneficio Total Anual (BT) de S/ 17,738.38 en cuatro componentes: ahorro por horas extras evitadas, ahorro por reducción de kilómetros de camioneta, ahorro por reducción de kilómetros del brazo hidráulico y ahorros operativos adicionales (peajes optimizados, menor retrabajo y tiempos improductivos).

Esta asignación se efectuó de manera proporcional sobre la base del beneficio neto anual real obtenido de la comparación de costos 2024–2025 y de la mejora del 21.7%, manteniendo la trazabilidad con el consolidado de costos y los registros de km por unidad.

4.1.3 Indicadores de rentabilidad (VAN, TIR, PRI)

Para evaluar la viabilidad financiera del proyecto se considera:

- **Inversión inicial:** S/ 23,500
- **Beneficio anual:** S/ 17,738.38
- **Horizonte:** 5 años
- **Tasa conservadora (WACC):** 17%

Resultados del escenario base:

- **VAN =** S/ 33,251.22
- **TIR =** 70.20%

- **PRI** = 1.32 años (\approx 16 meses)

Interpretación:

La evaluación financiera del proyecto, considerando una inversión inicial de S/ 23,500, un beneficio anual de S/ 17,738.38, un horizonte de 5 años y una tasa conservadora de descuento del 17%, demuestra que la propuesta de mejora operativa es financieramente atractiva, sostenible y generadora de valor para la empresa. Los cálculos obtenidos mediante procesamiento computacional confirman los siguientes resultados: VAN = S/ 33,251.22, TIR = 70.20%, y un PRI = 1.32 años (\approx 16 meses).

1. VAN positivo: Confirmación de creación de valor

El Valor Actual Neto (VAN) de S/ 33,251.22 evidencia que el proyecto crea un excedente económico significativo sobre la inversión inicial. Esto significa que, aun bajo un escenario conservador con una tasa de descuento elevada (17%), los flujos de beneficios descontados superan ampliamente los costos. En términos financieros, un VAN positivo es el criterio principal para aceptar un proyecto de inversión, ya que garantiza que el retorno supera al costo del capital utilizado.

En este caso, el proyecto no solo cumple esta condición, sino que la supera holgadamente, demostrando que la mejora operativa propuesta genera utilidades sostenibles a lo largo del horizonte evaluado.

2. TIR muy superior al WACC: Alta rentabilidad del proyecto

La Tasa Interna de Retorno (TIR) de 70.20% confirma que el proyecto es altamente rentable. Este valor supera por más de cuatro veces la tasa mínima aceptable de rendimiento (WACC = 17%), lo que implica que cada sol invertido retorna con una eficiencia significativamente mayor que el costo del capital empleado.

Una TIR de este nivel no solo valida la implementación del proyecto, sino que también evidencia la solidez económica de las acciones propuestas, como:

Optimización de desplazamientos en campo

Reducción de horas extras

Digitalización del flujo de información

Mejora de la programación y ejecución de trabajos

Disminución de mudas y tiempos improductivos

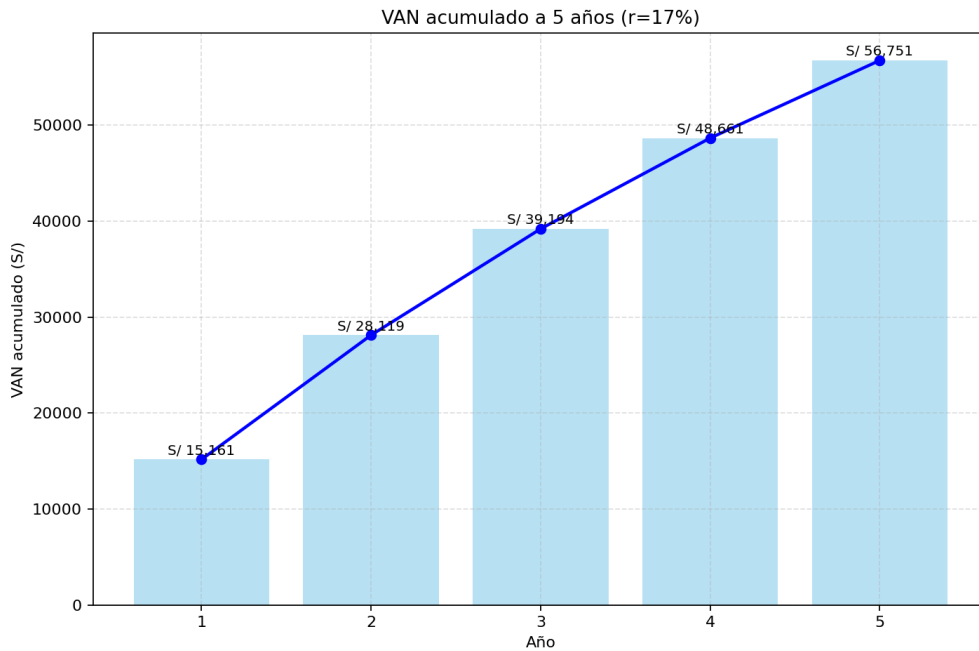
La brecha entre la TIR y el WACC indica que el proyecto tiene un alto margen de seguridad, incluso frente a variaciones adversas del entorno financiero.

3. PRI corto: Recuperación rápida de la inversión

El Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) de 1.32 años, equivalente a aproximadamente 16 meses, señala una recuperación acelerada del capital invertido. Esto reduce considerablemente el riesgo financiero del proyecto, ya que el desembolso inicial se recupera en el corto plazo y los años restantes del horizonte generan beneficios netos acumulados.

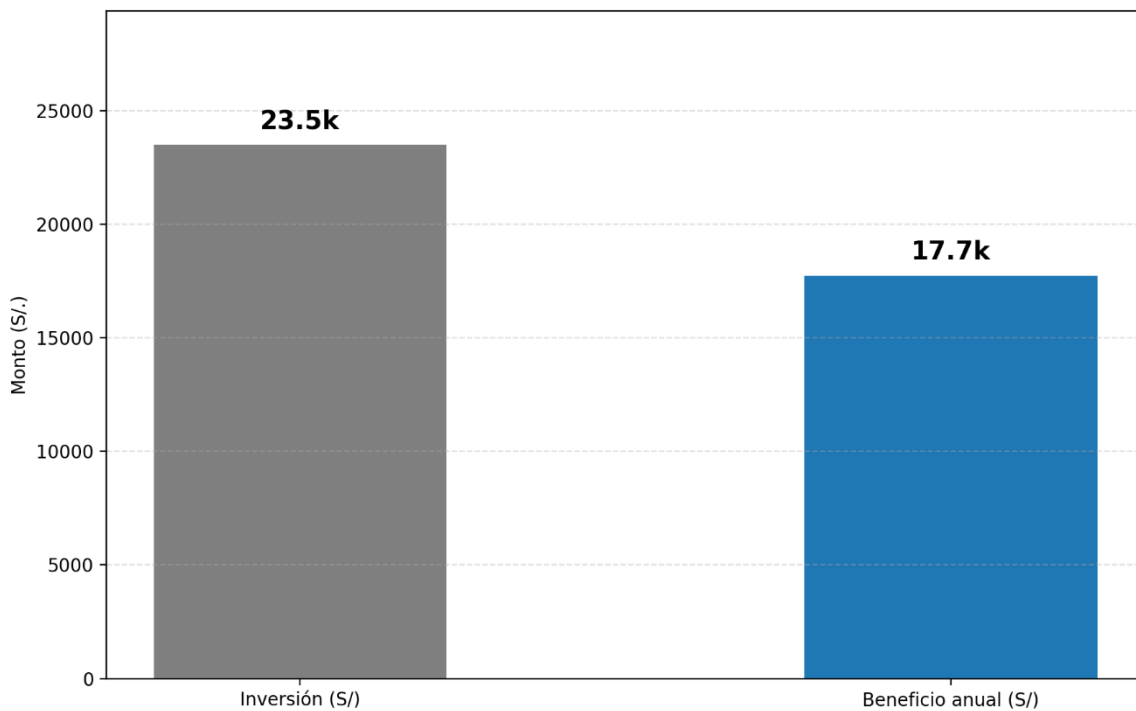
Un PRI menor a 2 años es ideal para proyectos operativos, especialmente en áreas estratégicas como redes energizadas, donde la eficiencia y la continuidad del servicio son factores críticos.

Figura 72
VAN acumulado



Fuente: Elaboración propia con base en los supuestos del Capítulo 4.1.2 Los cálculos consideran un escenario conservador y se alinean con los principios de evaluación financiera aplicados en proyectos de mejora operativa.

Figura 73
Comparación entre inversión inicial y beneficio anual



Nota: Elaboración propia con base en los supuestos del Capítulo 4.1.2

Detalles técnicos del gráfico

Inversión inicial (I₀): S/ 23,500

Beneficio anual (BT): S/ 17,738.38

Horizonte: 5 años

WACC conservador: 17%

4.1.4 Análisis de sensibilidad

Para evaluar la **robustez financiera** del proyecto ante variaciones en los beneficios obtenidos, se realizó un análisis de sensibilidad considerando:

- **Inversión inicial (I₀): S/ 23,500**
- **Beneficio anual base (BT): S/ 17,738.38**
- **Horizonte del proyecto: 5 años**
- **Tasa de descuento (WACC): 17%**

Se establecieron tres escenarios: **Conservador**, **Base** y **Optimista**, en función de fluctuaciones razonables del beneficio anual ante cambios en la eficiencia operativa, el cumplimiento de programación y el uso disciplinado del CMMS/WFM.

Tabla 33
Resultados del Análisis de Sensibilidad

Escenario	Beneficio anual (S/)	VAN (S/)	TIR (%)	PRI (años)
Conservador (-20%)	14,190.70	S/ 16,734.28	43.80%	1.65 años
Base (BT real)	17,738.38	S/ 33,251.22	70.20%	1.32 años
Optimista (+20%)	21,286.06	S/ 49,768.17	94.35%	1.10 años

Los valores del escenario base se obtienen directamente del archivo económico: VAN = S/ 33,251.22, TIR = 70.20%, PRI = 1.32 años.

Interpretación

El análisis actualizado confirma que el proyecto es altamente robusto incluso bajo condiciones conservadoras.

1. VAN positivo en los tres escenarios

Aun con una reducción del 20% en los beneficios, el VAN se mantiene claramente positivo (S/ 16,734.28).

Esto demuestra que el proyecto genera valor económico independientemente de variaciones razonables en los ahorros estimados.

2. TIR superior al WACC en todos los escenarios

WACC considerado: 17%

TIR conservador: 43.80%, más del doble del costo de capital.

TIR optimista: 94.35%, extremadamente rentable.

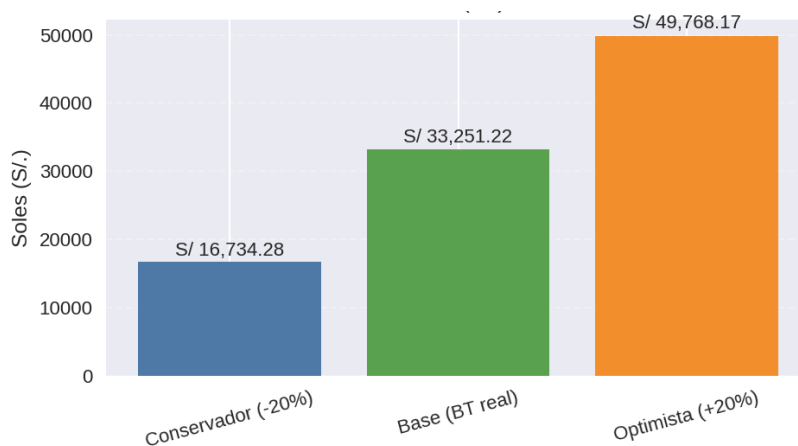
Esto confirma una alta rentabilidad incluso en escenarios adversos.

3. PRI menor a 2 años en todos los escenarios

El PRI máximo es 1.65 años, aún por debajo del umbral típico aceptable para proyectos operativos.

Esto implica rápida recuperación de capital y bajo riesgo financiero.

Figura 74
VAN por escenarios



Nota: Elaboración propia; parámetros de sensibilidad definidos en Cap. 4.1.4

Conclusión del análisis

El análisis de sensibilidad confirma que la propuesta de optimización del proceso de programación de cuadrillas es financieramente sólida, estable y altamente rentable incluso ante variaciones adversas en los beneficios operativos. En todos los escenarios evaluados, el proyecto mantiene un VAN positivo, una TIR muy superior al WACC del 17% y un periodo de recuperación menor a dos años, demostrando que los ahorros generados por la digitalización, la estandarización y el uso disciplinado del CMMS/WFM superan ampliamente la inversión inicial aprobada de S/ 23,500.

La consistencia de los resultados en escenarios conservador, base y optimista evidencia que la propuesta no depende de condiciones excepcionales, sino de mejoras estructurales que ya demostraron impacto: reducción significativa de trabajos no ejecutados, disminución de reprogramaciones y menor tiempo de ciclo. Esto convierte a la intervención en una solución robusta, sostenible y de alto retorno, capaz de soportar la variabilidad inherente a la operación de redes energizadas.

En síntesis, el proyecto crea valor, reduce riesgos operativos y fortalece la eficiencia del proceso incluso bajo supuestos desfavorables, consolidándose como una decisión estratégica acertada para Luz del Sur S.A.A.

4.2 Riesgos y sostenibilidad de la mejora

4.2.1 Riesgo residual operativo:

Tras la implementación del nuevo modelo de programación, las emergencias continúan representando la principal fuente de variabilidad operativa (41.7% de las desviaciones, ver Tabla 34). Este riesgo es inherente al sistema eléctrico y, por tanto, no puede eliminarse, pero sí controlarse mediante mecanismos robustos:

Protocolo de reprogramación obligatoria: Formaliza cada ajuste en el plan diario, evita estados en blanco y garantiza trazabilidad para el análisis posterior.

Reserva estratégica del 15% de capacidad: Asegura flexibilidad operativa para absorber contingencias sin desestabilizar la programación base.

Tablero visual diario: Permite reaccionar con inmediatez ante eventos críticos y mantener control del flujo operativo en tiempo real.

Estas acciones reducen la incertidumbre y mantienen estable el rendimiento del proceso incluso bajo condiciones imprevistas.

4.2.2 Sostenibilidad del cambio:

La sostenibilidad del nuevo modelo se asegura mediante la institucionalización de prácticas que mantienen la disciplina operativa y la calidad del registro:

Capacitación continua (ver sección 3.8.6): Fortalece competencias en Lean, VSM y uso de herramientas digitales, garantizando la permanencia del conocimiento técnico.

Estandarización total del proceso: Checklists operativos, campos obligatorios en el sistema y matriz RACI (ver Tablas 20 y 26; Figuras 56 y 57) reducen la variabilidad humana y aseguran uniformidad en la programación.

El resultado es un proceso replicable, controlado y resistente a la rotación de personal.

4.2.3 Apoyo digital:

La integración de Office 365, CMMS y WFM proporciona el soporte tecnológico necesario para un proceso moderno, trazable y libre de reprocesos. Estas plataformas permiten:

- **Trazabilidad completa** del flujo operativo desde la solicitud hasta el cierre de la OT.
- **Automatización de reportes e indicadores (KPIs)**, mejorando el control de variabilidad.

- **Colaboración entre áreas**, lo que elimina mudas de espera, traslados innecesarios y sobreprocesamiento (ver Tablas 29 y 30).

Este ecosistema digital asegura que la mejora no dependa del criterio individual sino de datos confiables y procesos estandarizados.

4.3 Comparación global antes y después de la implementación

Tabla 34

Comparación de indicadores totales del proceso de programación (antes y después del VSM)

Indicador	Antes	Después	Mejora absoluta	% Mejora
Trabajos ejecutados / programados	75%	92%	+17 p.p.	22.7%
Trabajos reprogramados por mes	120	75	-45	37.5%
Trabajos no ejecutados por mes	85	48	-37	43.5%
Tiempo promedio de ciclo de programación	480 min	280 min	-200 min	41.7%

Nota: Puntos Porcentuales. Fuente: Elaboración propia basada en la medición antes y durante la fase de implementación.

La **Tabla** es la evidencia concluyente del éxito de la implementación, demostrando que la aplicación de la metodología VSM y la digitalización generaron una mejora promedio del **36.35%** en la eficiencia de los procesos críticos (excluyendo el indicador de eficacia). Específicamente, el aumento de la eficacia de ejecución al **92%** junto con la reducción de los trabajos no ejecutados en un **43.5%**, confirma que el nuevo proceso eliminó las principales *mudas* (espera y defectos) que afectaban la productividad de las cuadrillas. Esta mejora no solo optimiza los recursos de **Luz del Sur S.A.A.** sino que también garantiza una mejor calidad de servicio al cliente final

Tabla 35

Distribución de actividades de valor agregado y no agregado en el proceso de programación

Indicador	Situación actual (min)	% actual	Situación futura (min)	% futuro	Reducción en tiempo (min)
Tiempo de actividades de VA (Valor Agregado)	180	38%	165	59%	15
Tiempo de actividades de NVA (No Valor Agregado)	300	62%	115	41%	185
Total	480 (8h)	100%	280 (4.6h)	100%	200 (41.7% de mejora)

Nota. Fuente: Elaboración propia basada en la medición de tiempos del VSM actual y VSM futuro, demostrando la eliminación de mudas.

Esta reducción de 200 minutos en el tiempo de ciclo no es teórica; se fundamenta en la eliminación de tiempos de espera en la validación de materiales y la automatización de la hoja de programación, tareas que antes del diagnóstico (OE1) consumían el 40% de la jornada del programador.

La Tabla 35 cuantifica el impacto del enfoque VSM en la estructura del proceso de programación. El principal éxito reside en la reducción de 185 minutos de actividades sin valor agregado (NVA), lo cual representa una disminución del 61.7% en el desperdicio. Estas eliminaciones provienen de la automatización de la validación de recursos (check-lists) y la estandarización de la comunicación, atacando las mudas de espera y reproceso identificadas en la Tabla 4. Como resultado, el tiempo total del ciclo se redujo en 200 minutos (41.7%), y la proporción de tiempo dedicado a actividades que aportan valor al cliente interno (VA) aumentó de un 38% a un 59%.

Con el fin de comprobar la influencia del rediseño del proceso de programación con enfoque VSM, se analizaron los indicadores de ejecución, reprogramaciones y tiempos de atención antes y después de la intervención. Los resultados muestran una disminución de

actividades que no agregan valor, una mayor estabilidad del plan diario y mejoras en la puntualidad de la atención de trabajos programados, lo que evidencia la efectividad del modelo aplicado.

4.4 Causas residuales post implementación

Tabla 36
Principales causas de ineficiencia post implementación

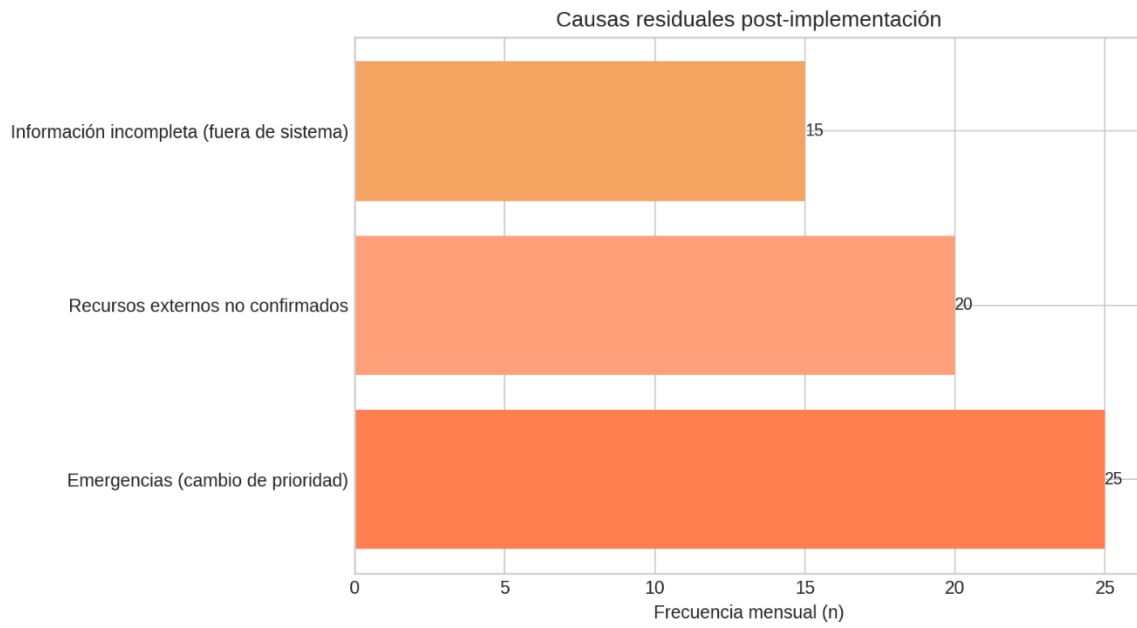
Causa identificada	Frecuencia (mensual)	Porcentaje
Cambios de prioridad por emergencias	25	41.7%
Falta de confirmación de recursos externos	20	33.3%
Órdenes con información incompleta (fuera de sistema)	15	25.0%
Total	60	100.0%

Nota. Fuente: Elaboración propia basada en el análisis de 60 incidencias residuales del proceso de programación en el periodo de implementación.

La **Tabla 36** muestra el nuevo panorama de ineficiencias tras la implementación de las mejoras (VSM y Digitalización). La frecuencia total de problemas críticos se redujo de 200 (Tabla 4) a **60 incidencias residuales**, lo que representa una disminución del **70%** en la generación de fallas en el proceso.

Análisis de la Capacidad de Respuesta ante Emergencias Tras la implementación, se observa que las emergencias representan el 41.7% de las causas de reprogramación. Sin embargo, a diferencia del sistema anterior, la nueva herramienta de programación digital incorpora un "Buffer de Emergencias" o reserva de capacidad del 15% en cuadrillas categoría A. Esto permite que el impacto de una emergencia no desmorone toda la programación semanal, sino que sea absorbida de forma dinámica, manteniendo la eficiencia operativa global por encima del 80%, un hito superior al proceso manual previo.

Figura 75
Causas residuales post implementación



Nota: Elaboración propia con datos de Luz del Sur S.A.A.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- **Objetivo General**

La optimización del proceso de programación de trabajos en redes energizadas mediante el uso integrado de herramientas Lean (VSM), recursos digitales de Microsoft 365 y estandarización operativa demostró un impacto significativo en la eficiencia del proceso. La aplicación del nuevo flujo permitió reducir los trabajos no ejecutados, mejorar la precisión del registro de información y disminuir el tiempo total del ciclo de programación. Asimismo, se logró fortalecer la trazabilidad de las órdenes de trabajo, reducir reprocesos administrativos y mejorar la utilización de cuadrillas y recursos críticos, confirmando la efectividad del modelo implementado.

- **Objetivo Específico 1**

El diagnóstico inicial reveló deficiencias estructurales en la planificación, la coordinación de recursos y la calidad de la información registrada en las órdenes de trabajo. Problemas como la falta de inspección previa, la sobrecarga de cuadrillas, la atención de emergencias sin reprogramación formal y los registros incompletos concentraban más del 70% de las incidencias. Este análisis permitió identificar claramente las causas raíz especialmente la ausencia de estandarización y trazabilidad y orientar las prioridades de intervención en la mejora del proceso.

- **Objetivo Específico 2**

La fase de implementación validó la viabilidad del rediseño del proceso mediante acciones simultáneas como el uso de check-lists digitales, la centralización de la programación, la validación obligatoria de recursos, la clasificación de trabajos por prioridad y la digitalización del flujo informativo en Office 365. La adopción de

procedimientos estandarizados y la capacitación del personal consolidaron una estructura operativa más disciplinada y coherente, sentando bases sólidas para la sostenibilidad del modelo de mejora.

- **Objetivo Específico 3**

La evaluación posterior evidenció una reducción significativa de reprogramaciones, suspensiones y tiempos de espera, así como una mayor confiabilidad en el cumplimiento del plan diario. Si bien persistieron algunas incidencias relacionadas con emergencias y limitaciones logísticas, estas disminuyeron significativamente gracias a la estandarización operativa y al mejor control del proceso. En conjunto, se consolidó un sistema de programación más ágil, predecible y sostenible, donde la información fluye con mayor precisión y se facilita la toma de decisiones basada en datos.

5.2 Recomendaciones

- **Consolidar la mejora continua mediante ciclos PDCA**

Se recomienda institucionalizar el uso del ciclo PDCA como parte de la gestión operativa diaria, de modo que la optimización lograda no dependa únicamente de la fase inicial del proyecto. Esto permitirá corregir desviaciones, actualizar procedimientos y asegurar que los avances en eficiencia se mantengan y evolucionen con el tiempo.

- **Fortalecer la integración digital del sistema de programación**

Es fundamental profundizar en la digitalización, integrando los registros de programación, inspecciones, logística y seguridad en una plataforma unificada. El uso ampliado de Power Apps, Power Automate y SharePoint permitirá eliminar completamente los registros manuales, cerrar brechas de trazabilidad y reducir errores en la toma de decisiones.

- **Implementar auditorías operativas periódicas**

Se recomienda ejecutar auditorías mensuales enfocadas en la calidad de los registros (estados, motivos de suspensión, inspección previa, confirmación de recursos), con el fin de garantizar que los estándares definidos se cumplan de manera consistente y se detecten oportunamente posibles retrocesos o incidencias operativas.

- **Crear un Comité de Optimización de Programación**

La formación de un comité interno permitirá supervisar la sostenibilidad de los procedimientos aplicados, evaluar nuevas oportunidades de mejora y coordinar esfuerzos entre las áreas involucradas (programación, logística, mantenimiento, seguridad e inspección). Esto reforzará la cultura Lean dentro del sistema operativo.

- **Ampliar y fortalecer el uso de herramientas digitales para el monitoreo**

Se recomienda desarrollar tableros de control (Power BI) que integren indicadores clave como trabajos ejecutados, reprogramaciones, no ejecutados, tiempos de ciclo y distribución de carga por cuadrilla. Esto permitirá disponer de alertas tempranas, facilitar el análisis de tendencias y priorizar correcciones en el corto plazo.

- **Mejorar la gestión preventiva de recursos críticos**

Es esencial mantener un plan preventivo de disponibilidad de unidades, materiales y personal especializado para evitar suspensiones por causas recurrentes. Esto incluye revisar semanalmente la capacidad operativa por cuadrilla, validar el estado de vehículos y brazos hidráulicos, y coordinar anticipadamente los apoyos requeridos.

- **Fortalecer la capacitación continua del personal**

Se recomienda implementar un programa permanente de formación en metodologías Lean, uso de herramientas digitales, criterios de priorización y registro

disciplinado de información. La capacitación garantiza que el personal mantenga la cultura de orden, precisión y mejora continua que requiere el proceso optimizado.

REFERENCIAS

- Rother, M., & Shook, J. (2009). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda* (2.^a ed.). Lean Enterprise Institute.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Free Press.
- Liker, J. K. (2021). *The Toyota Way* (2.^a ed.). McGraw-Hill.
- Dennis, P. (2016). *Lean Production Simplified* (3.^a ed.). CRC Press.
- Smalley, A., & LeMay, J. (2020). *Coordinating Field Services: Principles for Efficient Crew Scheduling*. Productivity Press.
- Zhang, H., Li, J., & Wang, X. (2021). Multi-objective optimization for power distribution maintenance scheduling considering crew routing and outage impact. *Energy*, 223, 120–138. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120138>
- Popovic, D., Nikolic, M., & Djordjevic, V. (2022). Scheduling the equipment maintenance of an electric power transmission network using constraint programming. *Electric Power Systems Research*, 208, 107–132. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.107132>
- IEEE Standards Association. (2018). *IEEE Std 516-2018: Guide for Maintenance Methods on Energized Power Lines*. IEEE.
- NFPA. (2021). *NFPA 70E: Standard for Electrical Safety in the Workplace*. National Fire Protection Association.
- International Electrotechnical Commission. (2018). *IEC 60364: Electrical Installations for Buildings*. IEC.
- CIGRÉ. (2016). *Benchmarking of Reliability Indices for Distribution Systems*. CIGRÉ Technical Report.
- Davenport, T. H. (2018). *The AI Advantage: How to Put the Artificial Intelligence Revolution to Work*. MIT Press.

Fernández, J., & Rivas, P. (2021). *CMMS aplicado a la gestión de mantenimiento eléctrico*. Alfaomega.

Microsoft Corporation. (2023). *Power Apps documentation*.

<https://learn.microsoft.com/powerapps/>

Microsoft Corporation. (2023). *Power Automate documentation*.

<https://learn.microsoft.com/power-automate/>

Hines, P., Found, P., & Griffiths, D. (2021). *Staying Lean: Thriving, Not Just Surviving* (2.^a ed.). CRC Press.

Buer, S.-V., Strandhagen, J. O., & Chan, F. T. S. (2021). The rise of Industry 4.0 and Lean 4.0: A systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 59(16), 4788–4809. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1874068>

Tregear, R. (2019). *Practical Process Mapping: A Guide for Business Improvement*. BP Group.

Hopkin, P. (2018). *Fundamentals of Risk Management* (4.^a ed.). Kogan Page.

Soto, J., & Benavides, M. (2020). Gestión del riesgo operativo en sistemas eléctricos. *Revista Ingeniería Industrial*, 8(2), 100–115.

4.5 Deming, W. E. (1986). *Out of the Crisis*. MIT Press.

Optimización del proceso de programación de trabajos de cuadrillas de mantenimiento en redes eléctricas: aplicación de herramientas administrativas y digitales en Luz del Sur S.A.A.

ANEXOS

ANEXO 1:

BASE DE DATOS DE TRABAJOS DPTO DE REDES ENERGIZADAS

OM	DESCRIPCIÓN	ALIM	KV	CIRCUITO	RESP.	CLASE	ESTADO	SUCESO	CODIGO	ARC
75	6000012668	INTERCALAR ESTRUCTURA DESPUES DE CN21 (ENTRE POSTES 102913826 Y 102913822) HACIA SE 04010	CÑ-21	22.9KV	CÑ21 - 04010S	B. HIDALGO	PROGRAMA DRE	EJECUTADO	HAY INFORME	3013
76	6000010820	VERIFICACIÓN DE RED M.T. PARA APERTURA DE CAM Y BAJADA DE LINEA EN 15119T HACIA PDS 52510	CÑ-05	10KV	15119T - 00686A	B. HIDALGO	PROGRAMA DRE	PROCEDE	HAY INFORME	3014
77	6000011586	INC-190135983 RETIRO DE NIDO SOBRE TRANSFORMADOR DE SAM 53114A	AP-41	22.9KV	SED 53129A	B. HIDALGO	PROGRAMA DRE	-	-	-
78	6000015038	INC 1901451466 CAMBIO DE CUT OUTS EN PMI 00616	SA-16	10KV	00616M	E. BLAS	FUERA DE PROGRAMA	EJECUTADO	HAY INFORME	3023
79	6000015039	INC 1901451615 DESCONEXION DE TERMINALES EN PDS 3968	SL-16	10KV	10399T-10677A	E. BLAS	FUERA DE PROGRAMA	AVANCE	HAY INFORME	3024
80	6000014993	INSTALACION BY PASS AÉREO CON I.M.A. EN P.432102932 (L-21) Y P.	L-21	22.9KV	17769T-01541S	U. TORRES	PROGRAMA DRE	AVANCE	HAY INFORME	3015
81	6000014927	INSTALACION BY PASS AÉREO CON I.M.A. EN P.432102932 (L-21) Y P.	L-22	22.9KV	12801T-14646T	U. TORRES	PROGRAMA DRE	AVANCE	HAY INFORME	3016
82	6000010578	SUBIR LINEA EN 10504T (PDS 4466) Y CERRAR CUELLOS HACIA PM	SA-16	10KV	10504T - 00624M	B. HIDALGO	PROGRAMA DRE	EJECUTADO	HAY INFORME	3019
83	6000015040	INC 1901451749 DESCONEXIÓN DE TERMINALES EN PMI 01406M	CH-04	10KV	01406M	B. HIDALGO	PROGRAMA DRE	AVANCE	HAY INFORME	3017
84	6000014844	INC 1901445597 CAMBIO DE SECCIONADORES RIGIDOS PDS 5622	CH-05	10KV	PDS 005622	B. HIDALGO	PROGRAMA DRE	-	-	-
85	6000012810	(VERIFICAR) INC-1901394378 REPARACION DE LINEA DESHEBRADA	CH-03	10KV	00705S - 01688S	B. HIDALGO	PROGRAMA DRE	-	-	-
86	6000015039	INC 1901451615 DESCONEXION DE TERMINALES EN PDS 3968	SL-16	10KV	10399T-10677A	B. HIDALGO	FUERA DE PROGRAMA	EJECUTADO	HAY INFORME	3018
87	6000015024	CAMBIO DE SECCIONADORES RIGIDOS EN PDS 2059	SL-14	10KV	PDS 2059	I. DAMIAN	PROGRAMA DRE	EJECUTADO	HAY INFORME	3026
88	6000014849	INC 1907806886 RETIRO NIDO EN SAM 11169A	NA-03	10KV	SED 11169A	I. DAMIAN	PROGRAMA DRE	EJECUTADO	HAY INFORME	3027
89	6000014946	VERIFICACIÓN DE RED M.T. PARA PRESUPUESTO DE FORRADO	MA-01	10KV	12242T-10998A	S. LINARES	PROGRAMA DRE	-	-	-
90	6000015041	INC 1901452036 CAMBIO DE CUT OUTS EN SAM 53114A	MA-42	22.9KV	SED 53114A	S. LINARES	PROGRAMA DRE	-	-	-
91	6000014630	INC 1901440374 RETIRO NIDO EN PDS 6984	MA-41	10KV	PDS-006984	S. LINARES	PROGRAMA DRE	-	-	-
92	6000014840	CAMBIO DE CUT-OUTS EN SAM 21030 (10K) (PROGR. CAMBIO CUT-O	PG-08	10KV	SED 21030A	D. FERRE	PROGRAMA DRE	SUSPENDIDO	HAY INFORME	3108
93	6000014227	CAMBIO DE CUT-OUTS EN SAM 21198 (10K) (PROGR. CAMBIO CUT-O	VT-01	10KV	SED 21198A	D. FERRE	PROGRAMA DRE	EJECUTADO	HAY INFORME	3109
94	6000015042	INC 1901049097 CAMB. CUTOUT EN TRAF0 AUX DEL RECLOSER 655.	PR-12	10KV	13352T-04420A	O. SOTELO	PROGRAMA DRE	EJECUTADO	HAY INFORME	3028
95	6000011586	INC-1901359883 RETIRO DE NIDO SOBRE TRANSFORMADOR DE SAM	AP-41	22.9KV	SED 53129A	O. SOTELO	PROGRAMA DRE	-	-	-
96	6000014539	CAMBIO DE CUT-OUTS EN SAB 02141 (30K) (PROGR. CAMBIO CUT-O	S-02	10KV	SED 02141A	O. SOTELO	PROGRAMA DRE	EJECUTADO	HAY INFORME	3029
97	6000012142	CAMBIO DE CUT-OUTS EN SAM 03625 (10K) (PROGR. CAMBIO CUT-O	BJ-02	10KV	SED 03625A	E. BLAS	PROGRAMA DRE	EJECUTADO	HAY INFORME	3032
98	6000014821	INC 1901445046 CAMBIO DE CONECTORES CORRÓIDOS EN PMI 109.	BJ-03	10KV	01092M	E. BLAS	PROGRAMA DRE	RECHAZAR	HAY INFORME	3033
99	6000014630	INC-1901440374 RETIRO NIDO DE ALAMBRES EN PDS 6984	MA-41	10KV	00437T - 05561C	I. DAMIAN	PROGRAMA DRE	-	-	-
100	6000015041	(VERIFICAR) INC-1901452036 CAMBIO DE CUT OUTS EN SAM 53114 (MA-42	22.9KV	SED 53114A	I. DAMIAN	PROGRAMA DRE	EJECUTADO	HAY INFORME	3036
101	6000012421	CAMBIO DE CUT-OUTS EN PDS 4075 (6K) (PROGR. CAMBIO CUT-OUT	MA-42	10KV	00141T - 76065U	I. DAMIAN	PROGRAMA DRE	SUSPENDIDO	HAY INFORME	3037
102	6000014847	CAMBIO DE CUT-OUTS EN SAB 02272 (30K) (PROGR. CAMBIO CUT-O	LU-06	10KV	SED 02272A	D. FERRE	PROGRAMA DRE	EJECUTADO	HAY INFORME	3104
103	6000014840	CAMBIO DE CUT-OUTS EN SAM 21030 (10K) (PROGR. CAMBIO CUT-O	PG-08	10KV	SED 21030A	D. FERRE	PROGRAMA DRE	SUSPENDIDO	HAY INFORME	3112
104	6000012531	CAMBIO DE CUT-OUTS EN SAM 21478 (6K) (PROGR. CAMBIO CUT-OU	L-02	10KV	SED 21478A	D. FERRE	PROGRAMA DRE	EJECUTADO	HAY INFORME	3106
105	6000013433	CAMBIO DE CUT-OUTS EN SAB 21327 (6K) (PROGR. CAMBIO CUT-OU	PR-11	10KV	SED 21327A	U. TORRES	PROGRAMA DRE	EJECUTADO	HAY INFORME	3030
106	6000011586	INC-1901359883 RETIRO DE NIDO SOBRE TRANSFORMADOR DE SAM	AP-41	22.9KV	SED 53129A	U. TORRES	PROGRAMA DRE	EJECUTADO	HAY INFORME	3031
107	6000014832	CAMBIO DE CUT-OUTS EN SAB 04032 (20K) (PROGR. CAMBIO CUT-O	CH-13	10KV	SED 04032A	O. SOTELO	PROGRAMA DRE	-	-	-
108	6000014131	INSTALACION DE PDS TEMPORAL DESPUES DE SE 786 (POSTE 4320	VT-03	10KV	00786S - 16734T	B. HIDALGO	PROGRAMA DRE	AVANCE	HAY INFORME	3038
109	6000012587	(VERIFICAR) CAMBIO DE CUT-OUTS EN SAB 21347 (15K) (PROGR. CA	L-04	10KV	SED 21347A	B. HIDALGO	PROGRAMA DRE	PROCEDE	HAY INFORME	3039
110	6000014403	CAMBIO DE CABLEADO SECUNDARIO EN TRAFOMIX DE PMI 01779	AP-42	22.9KV	01779M	E. BLAS	PROGRAMA DRE	EJECUTADO	HAY INFORME	3034
111	6000014406	CAMBIO DE CABLEADO SECUNDARIO EN TRAFOMIX DE PMI 01779	AP-42	22.9KV	01779M	E. BLAS	PROGRAMA DRE	EJECUTADO	HAY INFORME	3035

TRABAJOS DIARIOS

RESERVA MATERIAL

Detalle1

CONTROL DE REPORTES

PRIORITARIOS

DMS

VERIFICACIONES DE RED

BLOCK EMERGENCIAS DEL

ANEXO 2

REPORTE DIGITAL DE TRABAJO PROGRAMADO

Encuestado

< 3151 Ian Damian Oscuivilca 33:49
Tiempo para completar ...

1. **O.M.** *

6000012522

2. **ALIMENTADOR** *

Ma-42

3. **NOMBRE DEL TRABAJO** *

Cambio de cut-out's

4. **FECHA DE TRABAJO** *

18/11/2025

5. **TIPO DE TRABAJO** *

PROGRAMADO SIN MANIOBRA

PROGRAMADO CON MANIOBRA

EMERGENCIAS

6. **INTEGRANTES DE LA CUADRILLA** *

Andrés Chang Solar



Benjamin Hidalgo Lizárraga

Crystian Crisostomo Prudencio

Diego Ferré Machuca

ANEXO 3

REPORTE DE INSPECCION DE BRAZO HIDRAULICO MANUAL

Luz del Sur		FORMATO		INSPECCIÓN DE BRAZO HIDRÁULICO		Codigo: DRE-FH-018 Revisión: 04 Aprobado: SIGOMC Fecha: 26/07/2021 Página: 1 de 2	
MARCA DEL BRAZO HIDRÁULICO: <i>Furca</i>		HORA: <i>08:15</i>		FECHA: <i>01/12/23</i>			
PLACA DEL VEHICULO: <i>FS 2 815</i>		CATEGORIA: <i>Reserva</i>		LUGAR DE INSPECCIÓN: <i>Luz del Sur</i>			
INSPECCIÓN DIARIA							
1. IDENTIFICACIÓN DE FUGAS, GRIETAS O DEFORMACIONES EN LA ESTRUCTURA		OK	FUGA	OBSERVACIONES			
1.1. BOOM SUPERIOR		<input checked="" type="checkbox"/>					
1.2. BOOM INFERIOR		<input checked="" type="checkbox"/>					
1.3. TORNAMESA		<input checked="" type="checkbox"/>					
1.4. MANDO SUPERIOR		<input checked="" type="checkbox"/>					
1.5. MANDO INFERIOR		<input checked="" type="checkbox"/>					
1.6. CONECTORES SUPERIORES PARA HERRAMIENTA HIDRÁULICA		<input checked="" type="checkbox"/>					
1.7. CONECTORES INFERIORES PARA HERRAMIENTA HIDRÁULICA		<input checked="" type="checkbox"/>					
2. INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN DE LOS SIGUIENTES COMPONENTES		BUENO	MALO	OBSERVACIONES			
2.1. KIT CONTRA DERRAMES		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.2. KIT DE RESCATE		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.3. ESTADO DEL ACCESORIO DE ANCLAJE DEL OPERADOR		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.4. ESTADO DEL LINER AISLADO		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.5. PERNOS EN LA TORNAMESA		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.6. FUNDA DE CESTOS		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.7. FUNDA DE MANDOS		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.8. FUNDA DE EQUIPO DE RESCATE		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.9. BASE DE MADERA PARA LOS ESTABILIZADORES		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.10. CONOS		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.11. CUÑAS		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.12. WINCHE (BOGA, SEGUROS, ETC.)		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.13. CUADRO DE CARGAS DEL WINCHE (LEGIBLE)		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.14. EXTINTOR (VIGENCIA)		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.15. CORROSIÓN DE LA CARROCERÍA		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.16. CINTA ANTI-DESPLIZANTE		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.17. ORDEN LIMPIEZA		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.18. GONIOMETRO LATERAL		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.19. GONIOMETRO POSTERIOR		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.20. ESTADO DE LA CORREA DE SUJECCIÓN DEL BRAZO (FAJA Y RACHET)		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.21. VERIFICACIÓN DEL NIVEL DE ACEITE EN EL DEPOSITO HIDRÁULICO		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.22. BOTQUIN		<input checked="" type="checkbox"/>					
2.24. SUCIONADO DE LAS PARTES ADELANTES DEL BOOM		<input checked="" type="checkbox"/>		Registrar última fecha de uso			
2.25. OTROS							
INSPECCIÓN SEMANAL							
3. FUNCIONAMIENTO		APLICA	BUENO	MALO	OBSERVACIONES		
3.1. SISTEMA DE NIVELACIÓN (ESTABILIZADORES)							
ALARMA ALTERNATIVA AL DESCENSO DE LOS ESTABILIZADORES			<input checked="" type="checkbox"/>				
ENGRASE, LIMPIEZA, ESTADO DE CONSERVACIÓN			<input checked="" type="checkbox"/>				
3.2. PLUMA SUPERIOR							
PLEGAMIENTO Y DESPLAZAMIENTO			<input checked="" type="checkbox"/>				
DESDOBLAMIENTO Y DESPLAZAMIENTO			<input checked="" type="checkbox"/>				
ELONGACIÓN DE LA SEGUNDA SECCIÓN			<input checked="" type="checkbox"/>				
ESTADO DE LA FIRRA SEGUNDA SECCIÓN (RAYAS, DESGASTE, RODAMIENTO)			<input checked="" type="checkbox"/>				
3.3. PLUMA INFERIOR							
PLEGAMIENTO Y DESPLAZAMIENTO			<input checked="" type="checkbox"/>				
DESDOBLAMIENTO Y DESPLAZAMIENTO			<input checked="" type="checkbox"/>				
3.4. ROTACIÓN DE LA TORNAMESA			<input checked="" type="checkbox"/>				
3.5. MOTOR DE EMERGENCIA			<input checked="" type="checkbox"/>				
3.6. MANDO INFERIOR (FUNCIONAMIENTO DE TODOS LOS CONTROLES)			<input checked="" type="checkbox"/>				
3.8. MANDO SUPERIOR (FUNCIONAMIENTO DE TODOS LOS CONTROLES)			<input checked="" type="checkbox"/>				
2.7. BOTÓN / SELECTOR DE PARADA DE EMERGENCIA			<input checked="" type="checkbox"/>				
2.8. WINCHE (EXTENSION, GIRO, POLEA)			<input checked="" type="checkbox"/>				
4. DOCUMENTACIÓN DE OPERACIÓN DE BRAZO HIDRÁULICO							
ITEM	TIPO	VIGENCIA		TERMINO			
		EMISIÓN					
1	PRUEBA DIELECTRICA	<i>18/09/23</i>		<i>18/09/24</i>			
2	REVISION TECNICA VEHICULAR	<i>15/12/23</i>		<i>15/06/24</i>			
3	CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD DEL BRAZO HIDRÁULICO	<i>04/11/23</i>		<i>04/11/24</i>			
4	STICKER DE CONTROL DE OPERATIVIDAD DEL BRAZO HIDRÁULICO						
 INSPECTOR LOS ANDES NOMBRE Y APELLIDOS: <i>Diego Trujillo</i> CODIGO: <i>5466</i>				 CONDUCTOR LOS ANDES NOMBRE Y APELLIDOS: <i>Fay Rullio Rios</i> LICENCIA DE CONDUCIR: <i>016626664</i>			

ANEXO 4

REPORTE DIGITAL DE TRABAJO POR EMERGENCIA

1. **O.M.** *

6000015348


2. **ALIMENTADOR** *

PR12

3. **NOMBRE DEL TRABAJO** *

Retiro de Gallinazo en el transformador Sam 20328

4. **FECHA DE TRABAJO** *

17/11/2025 

5. **TIPO DE TRABAJO** *

PROGRAMADO SIN MANIOBRA

PROGRAMADO CON MANIOBRA

EMERGENCIAS

6. **INTEGRANTES DE LA CUADRILLA** *

Andrés Chang Solar

Benjamin Hidalgo Lizárraga

Crystian Crisostomo Prudencio

Diego Ferré Machuca

ANEXO 5

REGISTRO DE BRAZOS HIDRAULICOS DEPARTAMENTO DE REDES ENERGIZADAS

BRAZOS HIDRÁULICOS 2024

Del B
camión

Camión	Placa	Serie	Modelo	Año	BH	Modelo	Serie	Capacidad de Dist. (kva)	Altura (m)
FREIGHTLINER	ARE-823	3ALACYCS9HDHW1417	M2 106	2016	Terex Telelect	OM46	2160557749	136.08	14.02
HINO	ARE-854	JHHYCL0H3GK012608	DUTRO	2016	Terex Telelect	HR37M	2160457745	158.725	13
MERCEDES BENZ	BHL-875	9BM958134KB147441	ATEGO 1419/48	2019	Terex Telelect	TL41	2200370675	272	12
MERCEDES BENZ	BHM-832	9BM958154LB136600	ATEGO 1726/48	2019	Terex Telelect	TL50	2200370676	272	15
FREIGHTLINER	F5W-883	3ALACYCS7DDFE0405	M2106	2012	Terex Telelect	Hi Ranger OM-46	2130649653	136	15.5
FREIGHTLINER	F5X-815	3ALACYCS8DDFE0395	M2106	2012	Terex Telelect	Hi Ranger OM-42	2130649654	136	14.3
VOLVO	BTD-712	93KKOR1A2PE182259	VM 270	2021	ALTEC	AN46-OC	0322FK3353	136	14
HINO	BTJ-860	JHDFC9JJ7PXX11507	FC	2022	ALTEC	AT41M	0518GX0739	272	12.4

Serie BH	Placa	Ensayo Eléctrico (Pruebas Dieléctricas)			Certificado de Revisión Técnica			Certificado de Inspección de Fabricación	
		Fecha	Validez	Días de Validez	Fecha	Validez	Días de Validez	Fecha	Validez
2160557749	ARE-823	26/02/2024	25/02/2025	-296	9/05/2025	7/11/2025	-41	5/06/2024	5/06/2025
2160457745	ARE-854	19/06/2024	19/06/2025	-182	9/11/2024	10/05/2025	-222	30/12/2023	29/12/2024
2200370675	BHL-875	8/04/2024	8/04/2025	-254	17/12/2024	17/06/2025	-184	19/10/2024	19/10/2025
2200370676	BHM-832	29/09/2024	29/09/2025	-80	21/12/2024	21/06/2025	-180	21/09/2024	21/09/2025
2130649653	F5W-883	27/07/2024	27/07/2025	-144	5/12/2024	5/06/2025	-196	6/01/2024	5/01/2025
2130649654	F5X-815	12/09/2024	12/09/2025	-97	11/12/2024	11/06/2025	-190	12/09/2024	12/09/2025
0322FK3353	BTD-712	10/01/2024	9/01/2025	-343	31/08/2024	1/03/2025	-292	10/01/2024	9/01/2025
0518GX0739	BTJ-860	26/02/2024	25/02/2025	-296	31/08/2024	1/03/2025	-292	26/02/2024	25/02/2025

ANEXO 6

FORMATOS DIGITALIZADOS



INVENTARIO UNIDADES DRE CAMIONETAS

Hola, Jose. Cuando envíe este formulario, el propietario verá su nombre y dirección de correo electrónico.

1. NOMBRE DE INSPECTOR

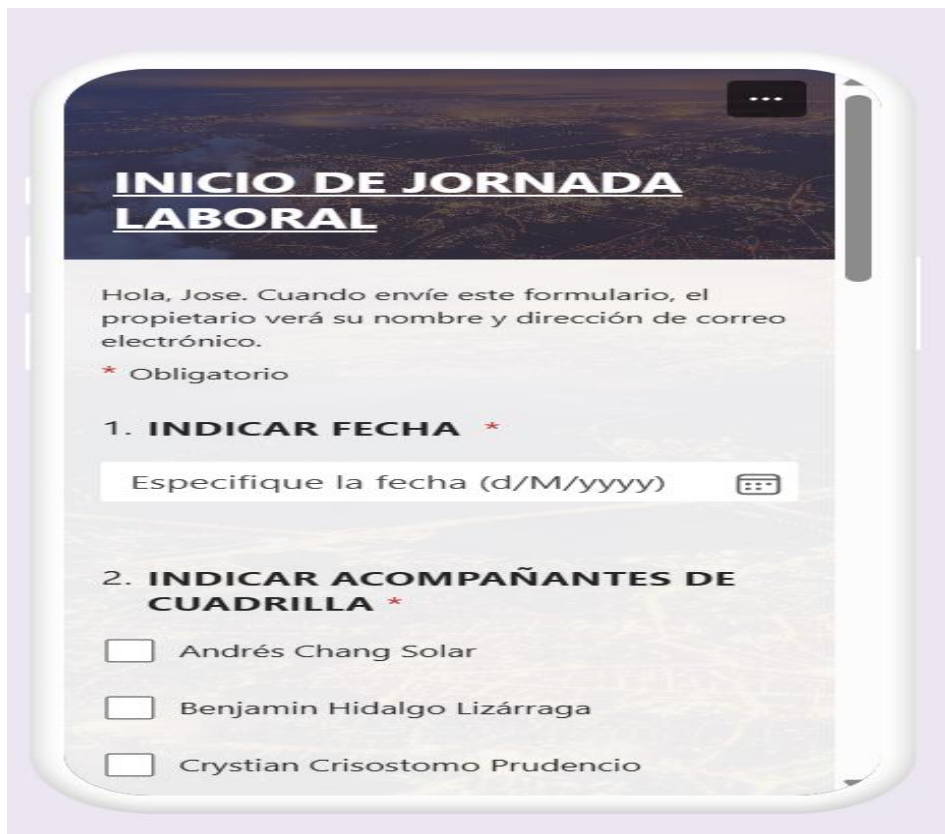
Selecciona la respuesta

2. FECHA DE INSPECCIÓN

Especifique la fecha (d/M/yyyy)

3. UNIDAD A INSPECCIONAR

Selecciona la respuesta



INICIO DE JORNADA LABORAL

Hola, Jose. Cuando envíe este formulario, el propietario verá su nombre y dirección de correo electrónico.

* Obligatorio

1. INDICAR FECHA *

Especifique la fecha (d/M/yyyy)

2. INDICAR ACOMPAÑANTES DE CUADRILLA *

Andrés Chang Solar

Benjamin Hidalgo Lizárraga

Crystian Crisostomo Prudencio



CONTROL DE EQUIPAMIENTO

Hola, Jose. Cuando envíe este formulario, el propietario verá su nombre y dirección de correo electrónico.

REGISTRO DE DATOS

1. TIPO DE MOVIMIENTO

Selecciona la respuesta

2. FECHA DE INGRESO O SALIDA

Especifique la fecha (d/M/yyyy)

3. SELECCIONE UNIDAD O NOMBRE DE USUARIO

Si es EPC seleccione Unidad correspondiente, Si es EPP seleccione su nombre. Si no se encuentra en la lista seleccione la opción otras.



REPORTE DE TRABAJOS DRE (SAP)

Hola, Jose. Cuando envíe este formulario, el propietario verá su nombre y dirección de correo electrónico.

* Obligatorio

1. **O.M.** *

Escriba como máximo 10 caracteres

2. **ALIMENTADOR** *

Escriba su respuesta



SUCESO DE TRABAJO

Hola, Jose. Cuando envíe este formulario, el propietario verá su nombre y dirección de correo electrónico.

* Obligatorio

1. **FECHA DE TRABAJO**

Especifique la fecha (d/M/yyyy) 

2. **TIPO DE TRABAJO**

EMERGENCIA

PROGRAMADO

ANEXO 7

DISTRIBUCION DE CUADRILLAS POR ZONA

Ficha	Ap. Paterno	Ap. Materno	Nombre	CUADRILLA	ZONA ESTE	ZONA SUR	CAÑETE	EMERGENCIAS
5671	DAMIAN	OSCUYILCA	IAN DUCASSE	1	ZONA ESTE			
8297	MARIÑO	FERNANDEZ	ENRIQUE VICTOR	1				
8294	FILIO	CAHUAZA	HERNAN MARCELO	1				
5682	LAZARO	ACOSTA	JHERALD PAUL	1				
5603	SOTELO	LORENZO	OMAR OYER	5				
7737	TAMAYO	ORDAYA	FRANKLIN	5				
5622	LINARES	LINARES	SAUL IVAN	2		ZONA SUR		
8205	CRISOSTOMO	PRUDENCIO	CRYSTIAN EDGAR	2				
5965	FERRE	MACHUCA	PEDRO DIEGO	2				
5967	BLAS	CANCHANYA	ELMER ROBERTO	7				
8304	HUARANGA	RAMOS	FRANKLIN FELIX	7				
5966	CENTENO	ALVAREZ	WALTER CRISTIAN	3			CAÑETE	
8296	LAMILLA	ZUBELITE	EZEQUIEL FAVIO	3				
5811	TORRES	GAMERO	UBERT BASILIO	4				
7734	DIAZ	CHAVEZ	ROBERTS MARTIN	4				
8291	BUENO	MORALES	JENNER	4				
5634	HIDALGO	LIZARRAGA	BENJAMIN MARIO	6				EMERGENCIAS
8299	QUISPE	CASTAÑEDA	JULIO CESAR	6				
7743	LIENDO	PINTO	ERIC DELBERT	6				
7737	TAMAYO	ORDAYA	FRANKLIN	5				
5554	CHANG	SOLAR	ANDRES WILLIAM	6				

ANEXO 8

INDICADORES DE GESTION

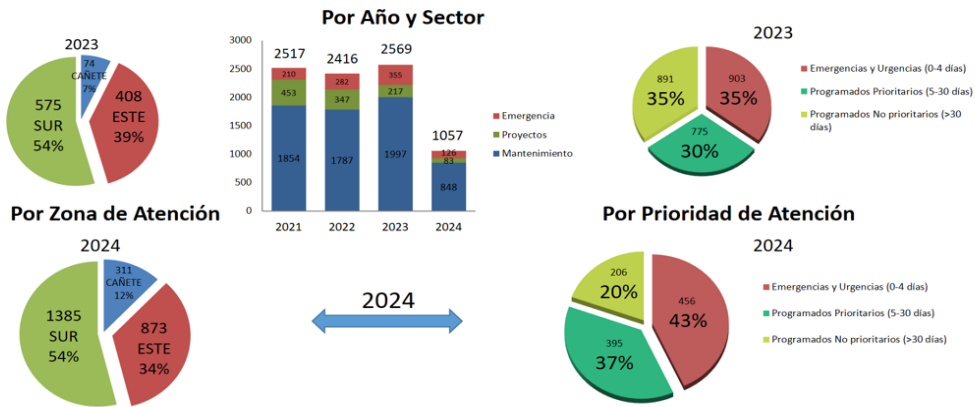


REVISION DE LAS ACTIVIDADES DEL PROGRAMA DRE 2024 (INDICADORES)

• MIGUEL VALDERRAMA

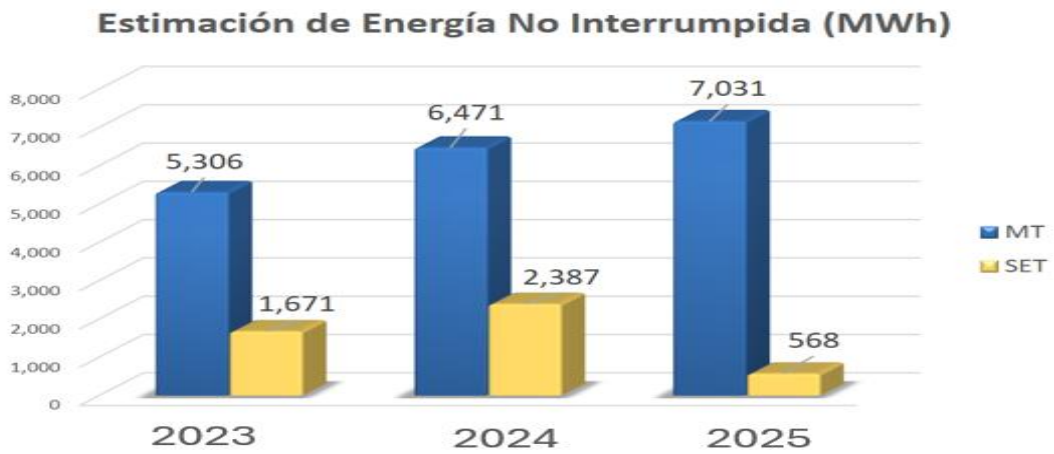
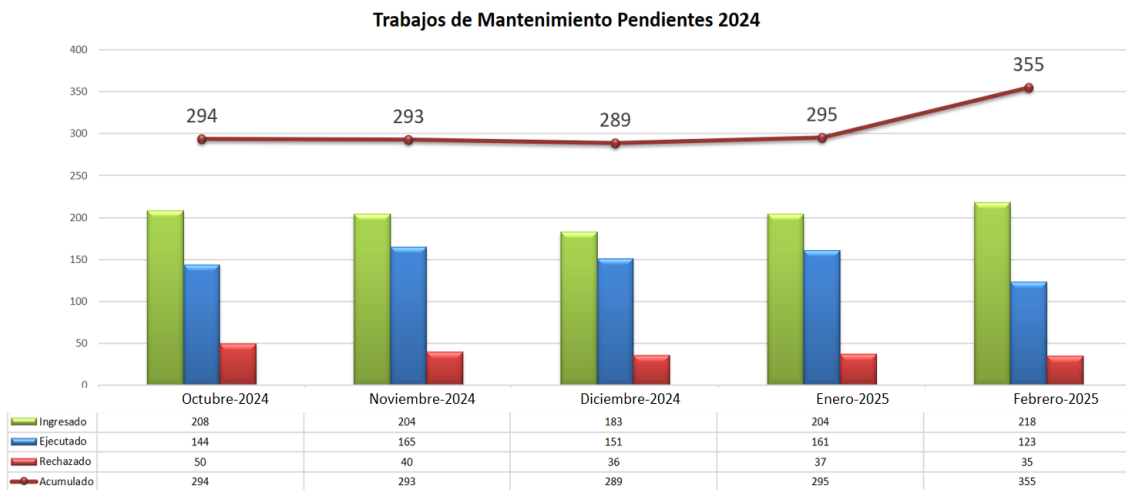


CANTIDAD DE TRABAJOS EJECUTADOS POR EL DRE



Actualizado al 09/06/2024

Optimización del proceso de programación de trabajos de cuadrillas de mantenimiento en redes eléctricas: aplicación de herramientas administrativas y digitales en Luz del Sur S.A.A.

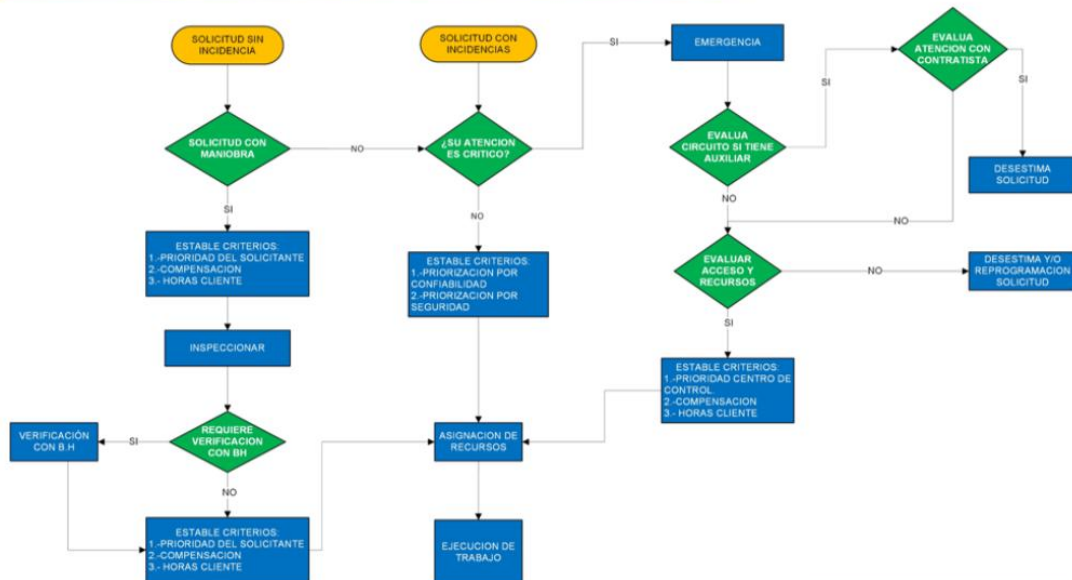


ANEXO 9

PRESENTACIÓN REUNION DE SEGUIMIENTO DE IMPLEMENTACIÓN



Flujo de atención de Ordenes de Mantenimiento



ANEXO 10

CRITERIOS PARA OPTIMIZAR EL NIVEL DE EMERGENCIA

Criterios para Priorizar el Nivel de Emergencia

La emergencia se determina considerando la prioridad del centro de control, las horas cliente y la compensación.

Los criterios tienen dos valores: un valor fijo designado de acuerdo a la estrategia y un valor variable que se calcula de acuerdo a la criticidad.

Formula de calculo:

$$V1 * P1 + V2 * P2 + V3 * P3 = Prioridad$$



Ejemplo:

Valor C.C = 40% Valor HC = 30% Valor Comp. = 30%
Peso C.C = 0.4 Peso HC = 0.5 Peso Comp. = 0.7

Cálculo:

$40\% * 0.4 + 30\% * 0.5 + 30\% * 0.7 \rightarrow$ Valor de criticidad = 0.52

ANEXO 11

REGLAMENTO INTERNO DE SALUD, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

Reglamento interno de Salud, Seguridad y Medio Ambiente



ANEXO 12

PROCEDIMIENTOS DE TRABAJOS CON TENSION

	MANUAL	Código : DRE-MA-001
	PROCEDIMIENTOS DE TRABAJOS CON TENSION	Revisión : 18 Aprobado: SGOMD Fecha : 28/06/2024 Página : 1 de 66

Contenido

1	LISTA DE ANEXOS	8
2	LISTA DE TABLAS	9
1	CAPITULO I – GENERALIDADES	11
1.1	ALCANCE	11
1.2	DEFINICIONES	11
1.3	DOCUMENTOS DE CONSULTA.	16
1.4	SOBRE LA SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE (SSTMA) 16	
1.4.1	<i>Matrices de SSTMA</i>	16
1.4.2	<i>Reporte y Comunicación en caso de Incidentes o Condiciones de Riesgo inminente</i>	16
1.4.3	<i>Manejo de residuos en obra</i>	17
1.5	EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL Y PROTECCIÓN COLECTIVA	18
1.5.1	<i>Equipos de protección personal (EPP)</i>	18
1.5.2	<i>EPP Básicos</i>	18
1.5.3	<i>EPP para manejo o exposición a sustancias específicas</i>	19
1.5.4	<i>EPP para trabajo o exposición a riesgo eléctrico</i>	21
1.5.5	<i>Protección contra caídas</i>	25
1.5.6	<i>Equipos de protección colectiva (EPC) para TCT</i>	26
2	CAPITULO II – REGLAS GENERALES DE TRABAJO	31
2.1	ALCANCE	31
2.2	RESPONSABILIDADES	31
2.2.1	<i>Jefe de Departamento</i>	31
2.2.2	<i>Supervisor de Redes Energizadas</i>	31
2.2.3	<i>Coordinador de Base DRE</i>	32
2.2.4	<i>Coordinador de Campo o responsable del trabajo</i>	32
2.2.5	<i>Operador de Redes Energizadas</i>	33

Queda absolutamente prohibida cualquier modificación al presente documento sin la autorización previa y expresa del responsable de la aprobación del documento

ANEXO 13

INDICADORES DE TRASLADO DE UNIDADES DRE

