

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAL
VALPARAISO – CHILE



**UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA**

**DIAGNÓSTICO Y SEGUIMIENTO DE LOS PROYECTOS
BASADOS EN LA NORMA CORPORATIVA DE
MANTENIBILIDAD Y CONFIABILIDAD NCC30**

CLAUDIO RODRIGO TAPIA LEÓN

**TRABAJO DE EXAMEN PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGISTER EN GESTION DE ACTIVOS Y MANTENIMIENTO**

PROFESOR GUÍA:

SR. FREDY KRISTJANPOLLER R

Agosto 2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título; Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: Diagnóstico y seguimiento de los proyectos basados en la norma corporativa de mantenibilidad y confiabilidad NCC30

Nombre del candidato(a): Claudio Tapia León

Carrera / Grado: Magíster en Gestión de Activos y Mantenimiento

Campus: Santiago Vitacura ; **Departamento:** Industrias

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Fredy Kristjanpoller Rodríguez, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

6 meses; 12 meses; 2 años; 3 años; 5 años; 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 3/09/2025

; Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 3/09/2025

; Firma:

Claudio
Tapia León

Digitally signed by
Claudio Tapia León
Date: 2025.09.09
19:25:00 -03'00'

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

RESUMEN EJECUTIVO

La Norma Corporativa de Codelco establece un marco estructurado para integrar criterios de mantenibilidad y confiabilidad en todas las fases del ciclo de vida de los proyectos de inversión, en alineación con estándares internacionales como ISO 55000. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo diagnosticar y hacer seguimiento al cumplimiento los proyectos ejecutados por las Divisiones, asegurando una aplicación efectiva de sus principios en cada etapa: desde el perfil hasta la puesta en marcha.

Mediante una metodología sistemática, se identificaron brechas relevantes, tales como: baja estandarización de entregables técnicos, limitada integración de plataformas digitales de gestión, y necesidades de formación en mantenibilidad y confiabilidad. El diagnóstico se realizó a través de revisión documental, entrevistas a actores clave del proceso, y análisis de indicadores técnicos como MTTR, MTBF, criticidad de activos y cumplimiento normativo.

Como herramienta central para el seguimiento continuo, se propone el uso de una plataforma online basada en Power BI, la cual permitirá visualizar de manera gráfica e interactiva el avance del cumplimiento de la norma en cada proyecto. Esta solución digital facilitará la trazabilidad, la detección oportuna de desviaciones y la toma de decisiones basada en datos reales, mejorando significativamente la gobernanza y el control normativo.

Además, se diseñaron herramientas de soporte como Check Lists, tableros de control y matrices de brechas, acompañadas por un modelo de gobernanza que define responsabilidades desde la fase Perfil hasta la operativa. Este enfoque no solo mejora el cumplimiento actual de la norma, sino que sienta las bases para una estandarización escalable en futuros proyectos de la división.

La implementación adecuada de los proyectos de las divisiones fortalecerá la confiabilidad operativa, optimizará el ciclo de vida de los activos, y consolidará a la División como un referente en gestión moderna de activos dentro de Codelco.

ÍNDICE

1.0	INTRODUCCIÓN	5
2.0	DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	7
3.0	OBJETIVOS Y ALCANCE	9
3.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
3.2	ALCANCE	10
4.0	METODOLOGÍA PROPUESTA	12
4.1	ETAPAS DE LA METODOLOGÍA	12
4.1.1	<i>Definición del Alcance y Objetivos</i>	12
4.1.2	<i>Recolección y Clasificación de Información</i>	12
4.1.3	<i>Análisis de Brechas y Cumplimiento Normativo</i>	12
4.1.4	<i>Evaluación de Madurez en Gestión de Activos</i>	13
4.1.5	<i>Seguimiento Dinámico y Visualización</i>	13
4.1.6	<i>Desarrollo de Competencias y Cultura Organizacional</i>	13
5.0	DESARROLLO DEL DIAGNÓSTICO Y SEGUIMIENTO	13
5.1	DIAGRAMA DE PROCESOS	14
5.2	ETAPAS DE DIAGRAMA DE PROCESOS	15
5.2.1	<i>Etapa de Inicio</i>	15
5.2.2	<i>Etapa de Planificación</i>	17
5.2.3	<i>Etapa de Ejecución</i>	19
5.2.4	<i>Etapa de Control</i>	27
5.2.5	<i>Etapa de Cierre</i>	28
6.0	SEGUIMIENTO ESTRUCTURADO Y VISUAL DE PROYECTOS	30
6.1	HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS PARA LA TRAZABILIDAD NORMATIVA	30
6.2	DIAGRAMA DE FLUJO DIAGNÓSTICO Y SEGUIMIENTO DE LA NORMA	31
6.3	SECUENCIA DEL DIAGRAMA DE FLUJO	31
6.4	DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE CUMPLIMIENTO DE LA.....	33
7.0	PLANES DE ACCIÓN Y MEJORA POR ETAPAS DEL PROYECTO	34
8.0	VERIFICACIÓN DE OBJETIVOS	35
8.1	INTRODUCCIÓN	35
8.2	CUMPLIMIENTO DEL OBJETIVO GENERAL	35
8.3	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS	35
8.4	SÍNTESIS.....	36
9.0	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
10.0	REFERENCIAS	38

LISTA DE TABLAS

TABLA 6-1: DEFINICIONES DE ABREVIATURA	31
TABLA 7-1: DEFINICIONES DE ABREVIATURA	34

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 5-1: DIAGRAMA DE PROCESOS.....	14
FIGURA 6-1: DIAGRAMA DE FLUJO	32

LISTA DE ANEXOS

ANEXO FORMATO DE TABLERO DE SEGUIMIENTO Y DIAGNÓSTICO	
---	--

1.0 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con los nuevos desafíos que enfrenta la industria minera, es fundamental que los proyectos estén alineados con criterios de sustentabilidad a largo plazo. No basta con iniciativas que mejoren las condiciones medioambientales, optimicen la recuperación de agua o incrementen la producción; todos estos objetivos deben estar integrados a una visión que priorice la recuperación de activos y asegure una alta mantenibilidad en cada etapa del proyecto.

El propósito de implementar un sistema de diagnóstico y seguimiento en los proyectos de inversión es establecer un marco esencial que garantice la mantenibilidad y confiabilidad de los activos, alineando sus principios con los estándares corporativos de las empresas y, además, con normas internacionales como la ISO 55000. Esta iniciativa se ha convertido en un pilar estratégico dentro de la organización, permitiendo gestionar de manera eficiente el ciclo de vida de los activos y asegurando su sostenibilidad tanto operativa como económica.

Uno de los aspectos clave de este enfoque es la capacidad de adaptación de los estándares corporativos a las condiciones específicas de cada proyecto. Para ello, se aplica una metodología estructurada que incluye el levantamiento de brechas entre los requisitos normativos y la realidad técnica u operativa del proyecto, la validación de criterios con equipos interdisciplinarios, y la definición de planes de acción correctivos y preventivos. Este proceso es liderado por las áreas técnicas en conjunto con la Oficina de Gestión de Activos y los responsables de Ingeniería, asegurando una implementación contextualizada, pero alineada con los lineamientos estratégicos corporativos.

El sistema de diagnóstico se fortalece mediante el uso de herramientas tecnológicas que permiten la trazabilidad y el monitoreo en tiempo real de los avances normativos. Plataformas como Power BI, SAP, SGDOC, Power Wise y SGP permiten visualizar indicadores clave, generar alertas tempranas y consolidar la evidencia de cumplimiento normativo a lo largo de todas las etapas del proyecto.

El seguimiento no se limita a una revisión puntual, sino que se concibe como un proceso cíclico de mejora continua. A partir de las brechas detectadas, se definen y ejecutan acciones correctivas, las cuales son monitoreadas mediante indicadores como el porcentaje de cumplimiento normativo por etapa del proyecto, el avance en el cierre de brechas, y el grado de implementación de los estándares. Este ciclo es revisado periódicamente por comités técnicos de seguimiento, que evalúan el impacto de las medidas implementadas y ajustan las directrices en función de los nuevos desafíos operacionales o regulatorios.

La adopción de prácticas estructuradas y sistemáticas que aseguren el diseño, construcción y operación de activos confiables y mantenibles permite establecer lineamientos claros que garantizan que los proyectos de inversión no solo cumplan con sus objetivos operacionales, sino que también optimicen el costo total de propiedad (TCO). Este enfoque integral abarca desde la ingeniería conceptual hasta la ejecución y puesta en marcha de los activos, con una aplicación flexible y adaptativa de las normas, sin perder consistencia con los marcos de referencia corporativos.

La importancia de las normas dentro de las empresas radica en su capacidad para fomentar decisiones basadas en datos, reducir riesgos operativos y mejorar la sostenibilidad de los activos a largo plazo. Al

abordar aspectos clave como la mantenibilidad, la confiabilidad y el costo del ciclo de vida, estas normas, tanto internas como internacionales, permiten a las unidades operativas y de mantenimiento enfrentar de manera proactiva los desafíos técnicos y económicos. Asimismo, su aplicación efectiva contribuye al cumplimiento de los lineamientos estratégicos de la empresa, posicionando a Codelco como un referente internacional en gestión de activos.

2.0 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Las empresas líderes en la industria minera como Codelco y BHP Billiton, reconocidas como los principales productores de cobre a nivel mundial y actores estratégicos para la economía de Chile, están enfocados en realizar y/o ejecutar proyectos que puedan dar soluciones a las problemáticas actuales, como recuperación de agua, medioambientales entre otras.

En este contexto, ambas compañías han desarrollado normas corporativas internas que buscan asegurar la integración temprana de principios clave en los proyectos de inversión. En el caso de Codelco, se aplica la Norma de Mantenibilidad y Confiabilidad, mientras que BHP utiliza su estándar interno denominado “Operation Readiness (OR)”. Ambas normativas tienen como objetivo garantizar que aspectos fundamentales como la mantenibilidad, el suministro de repuestos, los criterios operacionales y la documentación técnica sean considerados desde las primeras etapas del proyecto.

No obstante, la aplicación práctica de estas normas ha enfrentado importantes limitaciones. A pesar de su valor estratégico, estas directrices han sido comúnmente interpretadas como simples requisitos documentales, y no como herramientas activas de gestión del proyecto. Esta visión reduccionista ha derivado en una implementación fragmentada, en la que la mantenibilidad y la confiabilidad se abordan de manera aislada, perdiendo su rol integrador en el diseño, ejecución y operación de los activos.

El problema central identificado es la ausencia de un sistema estructurado de diagnóstico y seguimiento de los entregables normativos, lo que impide verificar en tiempo real el cumplimiento efectivo de estas normas a lo largo de las etapas del proyecto: Perfil, Prefactibilidad, Factibilidad y Ejecución. La carencia de este sistema limita la capacidad de realizar un control normativo dinámico, detectar brechas de cumplimiento, comparar proyectos y tomar decisiones oportunas y preventivas.

A ello se suma que, aunque existen plataformas digitales como SGDOC (Codelco) y ProjectWise (BHP), su uso se ha restringido principalmente al almacenamiento documental, sin habilitar una trazabilidad visual ni diagnósticos automatizados que informen con claridad el grado de avance o cumplimiento de cada entregable. Esta debilidad impide que los equipos de ingeniería, mantenimiento y operaciones puedan anticiparse a desviaciones normativas o adoptar mejoras en etapas tempranas.

Otro factor crítico es la limitada aplicabilidad de los estándares en los proyectos. Actualmente, no se respetan los plazos establecidos ni se identifican claramente los responsables de su cumplimiento. Tampoco existen mecanismos formales para medir el grado de avance o cumplimiento asociado a los entregables documentales, ni herramientas de seguimiento que permitan verificar si estos cumplen con los requisitos definidos o si presentan desviaciones. Falta una instancia sistemática de retroalimentación que permita evaluar el cumplimiento efectivo de los estándares y aplicar medidas correctivas. Esta deficiencia afecta directamente la capacidad de integrar dichos estándares dentro del ciclo de vida de los activos.

Adicionalmente, la insuficiente capacitación en materias de mantenibilidad, confiabilidad y gestión de activos conduce a una implementación inconsistente y poco rigurosa de las normas técnicas. Esta debilidad compromete su efectividad como marco de referencia para asegurar la calidad técnica, la

trazabilidad y la sustentabilidad de los activos a lo largo del tiempo, afectando tanto su desempeño operacional como su valor estratégico dentro del negocio minero.

En consecuencia, la norma de mantenibilidad y confiabilidad al igual que su similar en BHP no logra consolidarse como una herramienta de gestión estratégica, principalmente porque carece de una estructura de seguimiento automatizada, trazable y visual. La urgencia de esta problemática se traduce en la necesidad de transformar estas normas en sistemas activos de diagnóstico y seguimiento, con capacidad para verificar en línea el estado de cumplimiento de cada entregable normativo.

Se puede resumir que los problemas detectados que se presentan son los siguientes

- La implementación de los requisitos de la norma no se realiza de forma uniforme a lo largo del ciclo de vida del proyecto, lo que genera brechas técnicas y operativas que afectan directamente la mantenibilidad y confiabilidad de los activos.
- Las diferencias en contenido, estructura y nivel de detalle entre proyectos dificultan la trazabilidad, la comparación y el control normativo entre iniciativas similares, limitando la posibilidad de estandarizar buenas prácticas.
- Herramientas como SAP, SGDOC o SGP no cuentan con funcionalidades específicas para el control estructurado del cumplimiento normativo, lo que impide la ejecución de auditorías técnicas automatizadas y la visualización dinámica del grado de avance.
- Los profesionales encargados del diseño, la ejecución y la puesta en marcha no siempre cuentan con las competencias técnicas requeridas en materias de mantenibilidad, confiabilidad y gestión de activos, lo que afecta la calidad y la consistencia de los entregables.
- No se dispone de un sistema o diagrama en línea que permita visualizar en tiempo real el cumplimiento de los requisitos normativos, lo que limita el seguimiento dinámico, la retroalimentación temprana y la toma de decisiones basada en datos.

3.0 OBJETIVOS Y ALCANCE

Diseñar e implementar un sistema integral de diagnóstico y seguimiento que permita verificar, en tiempo real y de manera trazable, el cumplimiento de la normativa de mantenibilidad y confiabilidad, integrando principios de gestión de activos a lo largo de todo el ciclo de vida de los proyectos.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar, descomponer y jerarquizar los requisitos normativos exigidos en cada etapa del ciclo de vida del proyecto, mediante el establecimiento de un sistema estructurado de entregables definidos por la normativa. Dichos entregables deben ser clasificados según la fase del proyecto (Perfil, Prefactibilidad, Factibilidad y Ejecución), con el fin de construir un marco de referencia que permita determinar qué se debe entregar, en qué momento, con qué nivel de profundidad técnica y quién es el responsable. Este enfoque facilita la trazabilidad, la estandarización entre proyectos y el cumplimiento riguroso de los requisitos de mantenibilidad, confiabilidad y gestión de activos.
- Diagnosticar el estado actual de implementación de los estándares de mantenibilidad y confiabilidad en los proyectos, mediante revisiones documentales, auditorías normativas y entrevistas técnicas estructuradas con los responsables de cada iniciativa. El propósito es medir el grado de cumplimiento efectivo de los entregables exigidos por la normativa, identificando brechas técnicas, documentales y operativas que puedan comprometer la calidad del diseño, la sostenibilidad de los activos y la trazabilidad del cumplimiento a lo largo del ciclo de vida del proyecto.
- Diseñar e implementar una arquitectura digital de seguimiento visual, dinámico y estandarizado para cumplimiento normativo con herramientas digitales interactivas, como tableros Power BI, matrices de criticidad y Check Lists electrónicos, que integren fuentes como SGDOC, SAP, SGP y ProjectWise, permitiendo visualizar el grado de avance de cada entregable en tiempo real. Esta plataforma deberá ser capaz de generar alertas por incumplimientos, comparar el avance entre proyectos y respaldar la toma de decisiones técnicas y gerenciales.
- Diseñar un plan de acción correctivo y preventivo basado en los hallazgos del diagnóstico normativo que permitan corregir desviaciones detectadas y prevenir futuros incumplimientos, priorizando según criticidad técnica y riesgos operacionales. El plan incluirá responsables, plazos, recursos requeridos, indicadores de seguimiento y mecanismos de cierre verificable, asegurando su ejecución efectiva por parte de las áreas responsables.
- Implementar un sistema de gestión de riesgos normativos y técnicos a lo largo del desarrollo de la ingeniería en la aplicación de los estándares de mantenibilidad y confiabilidad en las distintas etapas del proyecto. Evaluar su impacto en la operación futura y proponer medidas de mitigación tales como rediseños tempranos, controles reforzados o mejoras en la documentación técnica. Este sistema debe integrarse al modelo general de gestión de riesgos del proyecto.

- Establecer un modelo de gobernanza normativo que asigne responsabilidades claras y mantenga actualizado el sistema de seguimiento, con definición de una estructura organizacional, roles, responsabilidades, niveles de aprobación y frecuencia de revisión que garanticen el funcionamiento sostenido del sistema de diagnóstico y seguimiento. El modelo debe considerar la participación de todas las áreas claves.
- Fortalecer las competencias del personal involucrado en la aplicación de la norma, con lo cual se pueda diseñar e implementar un programa de capacitación técnica focalizado en los principios de la gestión de activos, mantenibilidad, confiabilidad, trazabilidad documental y uso de herramientas digitales de seguimiento, es asegurar que todos los equipos involucrados comprendan y apliquen correctamente los entregables normativos, reduciendo así los errores de interpretación y ejecución.
- Promover la mejora continua mediante el uso de lecciones aprendidas y retroalimentación normativa sistematizada Incorporar mecanismos de retroalimentación estructurada al cierre de cada proyecto o etapa, permitiendo capturar experiencias relevantes, errores comunes, buenas prácticas y desviaciones frecuentes. Esta información será utilizada para ajustar el sistema, actualizar los Check Lists, capacitar al personal y fortalecer el ciclo de mejora continua.

3.2 ALCANCE

El presente trabajo abarca el diseño, desarrollo e implementación de un sistema integral de diagnóstico y seguimiento normativo basado en la norma Corporativa de Mantenibilidad y Confiabilidad, aplicable a los proyectos de inversión de las Divisiones de CODELCO. Su alcance comprende todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto, desde la etapa de Perfil hasta Ejecución, con foco en la verificación técnica, documental y estratégica del cumplimiento de los entregables normativos exigidos por las divisiones.

a. El sistema para desarrollar incluirá:

- La identificación, codificación y jerarquización de los entregables normativos por etapa, para asegurar su trazabilidad.
- La evaluación del grado de cumplimiento actual, mediante diagnósticos técnicos y documentales estructurados.
- El desarrollo de herramientas digitales para seguimiento visual y dinámico, incluyendo tableros Power BI, Check Lists automatizados y matrices de control.
- La definición de una estructura de gobernanza normativo-técnica que asegure roles, responsabilidades y controles para su sostenibilidad.
- La formulación de un plan de acción correctivo y preventivo, con base en las brechas detectadas, para asegurar la mejora continua y el cumplimiento transversal de la norma.

- El trabajo también contempla la integración de plataformas digitales corporativas existentes, como SGDOC, SAP, SGP y/o ProjectWise, que permitan alimentar automáticamente el sistema de seguimiento, manteniendo consistencia con los sistemas tecnológicos utilizados en la división.

b. Quedan excluidos del alcance:

- La ejecución física de los planes de acción propuestos, que será responsabilidad de las áreas operativas involucradas.
- La modificación de las plataformas corporativas existentes (SGDOC, PowerWise, etc.), salvo en lo relativo a la integración de reportes y visualizaciones desde Power BI.
- La implantación masiva del sistema en otras divisiones fuera del ámbito de Radomiro Tomic, aunque el modelo será escalable y replicable.

Este alcance se enfoca en habilitar un mecanismo de control normativo efectivo, replicable y visualmente accesible, que posicione este diagnóstico y seguimiento como un referente en la aplicación práctica y estratégica de la norma en los proyectos de inversión.

4.0 METODOLOGÍA PROPUESTA

La presente metodología tiene por objetivo establecer un proceso estructurado y continuo para diagnosticar y hacer seguimiento al cumplimiento de la norma sobre la gestión de activos con respecto a la mantenibilidad y confiabilidad en proyectos de la división, especialmente en el contexto minero.

Su propósito es permitir la verificación sistemática del cumplimiento documental y el avance por fases del proyecto, mediante indicadores técnicos que faciliten la evaluación, visualización y mejora continua de la gestión de activos. Todo ello enfocado en fortalecer los aspectos de mantenibilidad y confiabilidad a lo largo de cada etapa del ciclo de vida del proyecto, asegurando la trazabilidad, la calidad técnica y la alineación con los estándares corporativos.

4.1 ETAPAS DE LA METODOLOGÍA

4.1.1 Definición del Alcance y Objetivos

Basado en los contenidos de Gestión Estratégica y Evaluación de Proyectos, esta etapa permite delimitar las líneas base del diagnóstico: proyectos involucrados, entregables normativos, actores responsables y fases del ciclo de vida (Perfil, Prefactibilidad, Factibilidad, Ejecución). Se definen los indicadores clave de cumplimiento normativo y los criterios para evaluar la madurez en la implementación de la normativa.

4.1.2 Recolección y Clasificación de Información

Apoyado por asignaturas como Gestión de Operaciones y Auditoría y Control del Mantenimiento, se realiza el levantamiento documental de los entregables exigidos por la norma, organizándolos según etapa del proyecto y categoría técnica. Esta información se sistematiza en una matriz de trazabilidad normativa.

4.1.3 Análisis de Brechas y Cumplimiento Normativo

A través de herramientas y metodologías desarrolladas en Ingeniería de Confiabilidad I y Mantenimiento Basado en Condición, se evalúa el cumplimiento real de cada entregable en relación con los requisitos de la norma. Se identifican desviaciones, brechas documentales, errores técnicos o falta de responsabilidad asignada. El resultado se representa en un semáforo de cumplimiento por proyecto y disciplina.

4.1.4 Evaluación de Madurez en Gestión de Activos

Aplicando conocimientos de Introducción a la Gestión de Activos y Reingeniería de Negocios, se determina el nivel de adopción de las buenas prácticas en gestión de activos alineadas a ISO 55000. Esta evaluación incluye una revisión de procesos, roles, cultura organizacional y alineación estratégica.

4.1.5 Seguimiento Dinámico y Visualización

Basado en los principios de Control de Procesos Industriales y uso de herramientas como Power BI, se propone la implementación de tableros de control que reflejen en tiempo real el cumplimiento normativo, los responsables por entregable y el avance por etapa. Esto permite una visualización dinámica del cumplimiento de la norma, facilitando auditorías y planes de acción.

4.1.6 Desarrollo de Competencias y Cultura Organizacional

Apoyado por las asignaturas Recursos Humanos para la Gestión y Calidad Total, esta etapa busca asegurar que los equipos cuenten con las competencias necesarias en mantenibilidad, confiabilidad y gestión de activos. Se propone un plan de capacitación por perfil, con foco en las brechas detectadas en el diagnóstico.

5.0 DESARROLLO DEL DIAGNÓSTICO Y SEGUIMIENTO

El presente desarrollo tiene como propósito establecer un modelo de diagnóstico y seguimiento estructurado para los proyectos de la Divisiones, con base en la Norma, que permita evaluar en forma estandarizada el nivel de cumplimiento de los requisitos técnicos, organizacionales y documentales exigidos por la normativa corporativa.

Este modelo contempla no solo la aplicación de auditorías y revisiones documentales en cada etapa del proyecto (Perfil, Prefactibilidad, Factibilidad y Ejecución), sino también la implementación de una plataforma digital de visualización y de trazabilidad a la normativa, utilizando herramientas como Power BI, que facilitarán el monitoreo de avances, la identificación de desviaciones, y el soporte para la toma de decisiones informadas.

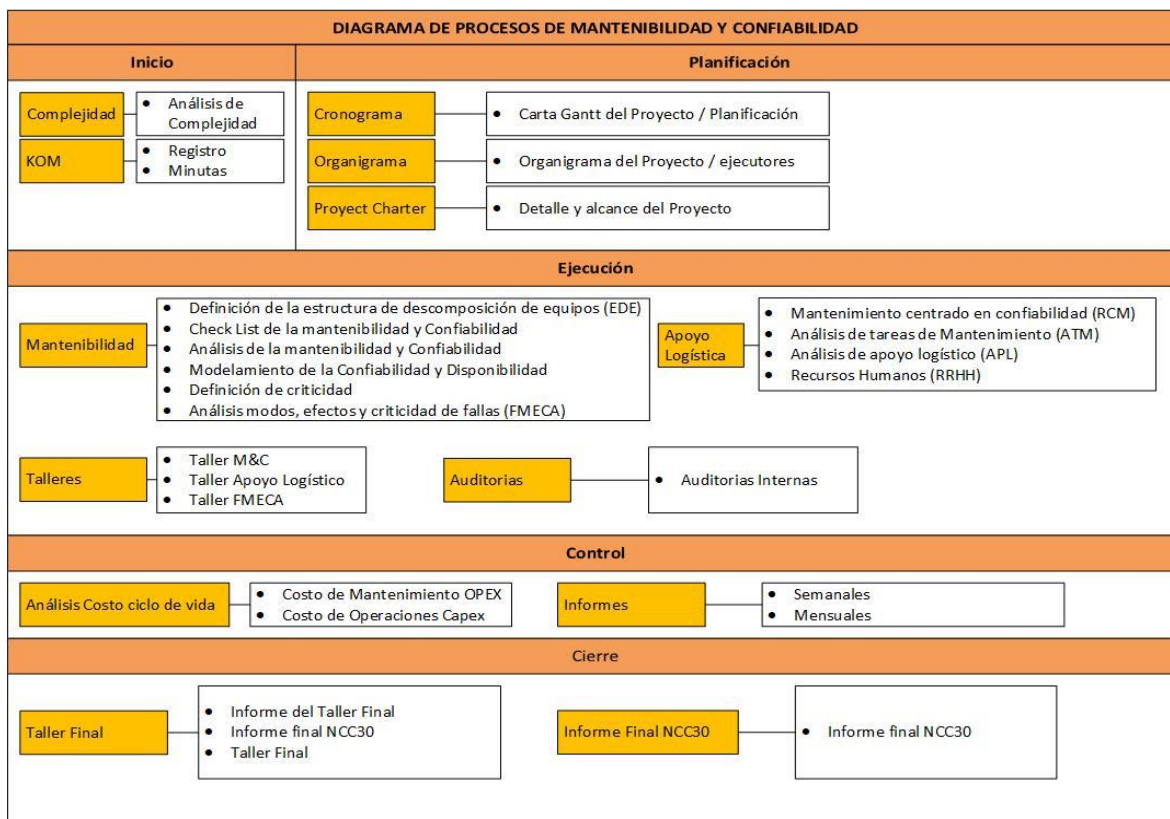
Este enfoque busca elevar el estándar normativo de los proyectos de las divisiones, a través del diseño de Check Lists, tableros de control, matrices de brechas y talleres participativos, que permitan integrar los principios de la gestión de activos, correspondiente a la mantenibilidad y confiabilidad como parte esencial de la gestión de inversiones en la división.

El desarrollo de este diagnóstico y de seguimiento normativo tiene como finalidad transformar la forma en que la Divisiones realizan el control de la norma en sus proyectos, avanzando desde un cumplimiento reactivo y fragmentado, hacia una gestión proactiva, visual, trazable y orientada a la mejora continua, que consolide a la división como referente en la implementación efectiva de estándares corporativos de clase mundial.

5.1 DIAGRAMA DE PROCESOS

El mapeo de procesos se constituye como el punto de partida para alinear la normativa con los objetivos estratégicos de los proyectos de la División Radomiro Tomic. Mediante diagramas de flujo funcionales, se visualiza cómo las actividades de mantenibilidad y confiabilidad (M&C) interactúan con cada fase del ciclo de vida del proyecto. Este enfoque permite estandarizar los puntos de control normativo, asegurar que los entregables exigidos estén incorporados oportunamente y facilitar su seguimiento. El mapeo, integrado a Power BI, se transforma en un marco visual que guía la revisión de cumplimiento, marcando hitos críticos y alertas en caso de desviaciones normativas.

Figura 5-1: Diagrama de Procesos



5.2 ETAPAS DE DIAGRAMA DE PROCESOS

Esta sección tiene como objetivo describir la estructura lógica y metodológica del diagrama de procesos, el cual actúa como eje articulador entre las distintas fases del ciclo de vida de los proyectos (Perfil, Prefactibilidad, Factibilidad, Ejecución y Cierre) y los elementos normativos exigidos por la norma. A través de este diagrama, se busca conectar y alinear los procesos clave, facilitando la visualización, trazabilidad y control continuo del cumplimiento normativo.

El diagrama representa una secuencia funcional integrada, basada en las etapas definidas en la metodología, donde cada bloque operativo está asociado a entregables específicos, responsables designados, criterios de evaluación y herramientas de soporte como Check Lists, auditorías, modelamientos y tableros Power BI.

5.2.1 Etapa de Inicio

Esta etapa constituye el punto de partida metodológico para el diagnóstico y seguimiento del cumplimiento normativo. Su objetivo principal es establecer con claridad qué proyectos serán evaluados, qué entregables deben revisarse, quiénes son los actores responsables y en qué etapa del ciclo de vida se encuentran, permitiendo así una delimitación precisa y efectiva del alcance de la intervención.

Durante esta etapa se analiza la complejidad del proyecto con el fin de definir el alcance de aplicación de la norma. A través de la reunión inicial (KOM), se registran los compromisos del equipo, generando minutas y acuerdos formales que establecen la línea base para el seguimiento normativo. Este análisis inicial estandariza el punto de partida para todos los proyectos, garantizando que los criterios de mantenibilidad no sean aplicados de manera arbitraria, sino según niveles definidos de criticidad y alcance. La información recopilada se integra en el tablero Power BI como evidencia inicial del cumplimiento estructurado.

5.2.1.1 Análisis de Complejidad

En función de la etapa del ciclo de vida en que se encuentre el proyecto (Perfil, Prefactibilidad, Factibilidad o Ejecución), se realiza una evaluación integral de su complejidad técnica, organizacional y normativa. Este análisis permite determinar el nivel de profundidad requerido para la aplicación de la norma, así como el grado de impacto que dicha complejidad tendrá en el diseño y ejecución de los entregables normativos. El resultado se utiliza como insumo para ajustar el alcance del diagnóstico, definir prioridades y asignar recursos de forma eficiente.

5.2.1.2 KOM (Kick-Off Meeting)

Se realiza una reunión de inicio formal con los actores clave del proyecto, donde se establecen los compromisos iniciales y se generan los registros y minutas oficiales que servirán como base para la planificación estructurada del cumplimiento de la norma. Durante esta instancia se definen:

- Los acuerdos específicos por fase del ciclo de vida (Perfil, Prefactibilidad, Factibilidad, Ejecución).
- Los entregables exigidos para cada etapa de acuerdo con sus fases.
- Los plazos de entrega y responsables por disciplina.
- El sistema de diagnóstico y seguimiento, incluyendo criterios de trazabilidad, indicadores clave y reportabilidad.

5.2.1.3 Identificación de Proyectos y Actores Involucrados

Una vez iniciado el proceso de diagnóstico, se debe realizar una identificación exhaustiva de los proyectos que serán objeto de evaluación, considerando su nivel de avance, criticidad estratégica y alineación con los objetivos de cumplimiento normativo de la organización. Este levantamiento inicial permite establecer una cartera priorizada de proyectos, sobre los cuales se aplicarán las herramientas y criterios definidos por la norma.

Paralelamente, se lleva a cabo la identificación de los actores clave, incluyendo:

- Responsables técnicos por disciplina por el área de Mantenimiento (mecánica, eléctrica, instrumentación, piping, etc.).
- Líderes de proyecto y representantes del área de operaciones, mantenimiento, Gerencia de Alistamiento operacional, Puesta en Marcha.
- Personal de aseguramiento de calidad y cumplimiento normativo.
- Consultores o especialistas externos, si corresponde.

Este proceso de mapeo de actores es fundamental para definir roles, responsabilidades y niveles de participación en la aplicación del diagnóstico. Toda esta información es registrada como parte de los antecedentes del proyecto y se incorpora a los sistemas de trazabilidad, permitiendo asegurar la responsabilidad compartida en el cumplimiento de la norma.

5.2.1.4 Definición Preliminar de Entregables

En esta etapa se realiza una identificación inicial de los entregables exigidos por la norma, en función de la etapa del ciclo de vida del proyecto en que se encuentren. Este levantamiento preliminar permite:

- Determinar la lista base de documentos requeridos por etapa (Perfil, Prefactibilidad, Factibilidad, Ejecución).
- Identificar los entregables que deben estar en elaboración, revisión o validados, según el avance del proyecto.
- Detectar brechas o faltantes tempranos, que puedan comprometer el cumplimiento futuro de la norma.

La definición de entregables incluye tanto documentos técnicos (planes de mantenimiento, filosofías de operación, listados de repuestos, análisis RAM, etc.) como evidencias formales de aplicación (Check Lists, matrices de trazabilidad, minutas de validación, reportes de mantenibilidad, entre otros).

Esta información se incorpora al sistema de seguimiento permitiendo monitorear en tiempo real el avance y la consistencia documental del proyecto respecto a lo exigido por la norma.

5.2.2 Etapa de Planificación

La etapa de planificación representa el momento clave donde se estructura la aplicación operativa de la norma, transformando los lineamientos normativos en acciones calendarizadas, responsables asignados y compromisos formales de cumplimiento. Esta fase permite anticipar desviaciones, asegurar recursos y estandarizar el control del avance normativo, alineando las metas técnicas, documentales y estratégicas del proyecto.

5.2.2.1 Estructuración Inicial del Cumplimiento Normativo

A partir de esta etapa se consolidan tres pilares fundamentales:

- Cronograma normativo: Se calendarizan las actividades clave asociadas al cumplimiento de la norma, incluyendo talleres técnicos (M&C, FMECA, logística), auditorías, validaciones de entregables y revisiones documentales. Cada actividad es vinculada con fechas, responsables y sistemas de registro.
- Organigrama técnico-normativo: Se definen los roles y responsabilidades específicas por disciplina, incluyendo líderes de ingeniería, especialistas en mantenibilidad, logística, QA/QC y documentalistas. El organigrama permite establecer líneas de responsabilidad directa sobre cada entregable normativo, facilitando la trazabilidad de ejecución.

- **Project Charter normativo:** Se documenta el compromiso formal del proyecto con la aplicación progresiva de la norma, alineando sus objetivos técnicos, operacionales y normativos. Este documento declara explícitamente el enfoque de mejora continua, sostenibilidad y gestión de activos, respaldado por la alta dirección.

5.2.2.2 Desarrollo del Tablero de Diagnóstico y Seguimiento Inicial

En paralelo, se construye el tablero inicial en Power BI, que muestra los entregables normativos por etapa, los responsables asignados, el estado de cumplimiento inicial y genera alertas tempranas ante entregables faltantes o desactualizados.

Este tablero se configura como una herramienta viva y actualizable, que permite visualizar en tiempo real el avance del proyecto normativo, transformando la planificación en un sistema de control preventivo.

5.2.2.3 Levantamiento y Clasificación Documental

Con base en las asignaturas de Gestión de Operaciones y Auditoría y Control del Mantenimiento, esta etapa incluye un levantamiento exhaustivo de los documentos existentes vinculados al cumplimiento de la norma. Este levantamiento se realiza mediante el acceso a plataformas institucionales como:

Se accede a fuentes como SGDOC, SAP PM, SGP y repositorios internos para levantar los documentos normativos del proyecto. Cada archivo es evaluado según su etapa del ciclo de vida, categoría técnica (mantenibilidad, confiabilidad, logística o documentación) y su estado de vigencia y validación. Esta información se consolida en una matriz de trazabilidad normativa, que permite controlar la calidad de los entregables, asignar responsables y visualizar el estado de cumplimiento por disciplina.

5.2.2.4 Resultados Esperados y Beneficios Operacionales

Como resultado, se obtiene una planificación alineada con la norma, con tareas, responsables y sistemas de control definidos, junto a un sistema digital de seguimiento inicial y una base documental trazable que agiliza validaciones y evita reprocesos. Además, se anticipan cuellos de botella mediante visualización predictiva, asegurando consistencia metodológica y preparación efectiva para las siguientes etapas del ciclo normativo.

Esta planificación permite alinear los recursos del proyecto con los requisitos normativos desde su inicio, garantizando consistencia metodológica, control de avance y preparación efectiva para las etapas posteriores de diagnóstico, validación y cierre normativo.

5.2.3 Etapa de Ejecución

5.2.3.1 Mantenibilidad

Esta sección describe cómo se recolecta, organiza y transforma la información en un tablero de control Power BI, el cual permite monitorear, en tiempo real, el grado de avance normativo de cada proyecto.

El diagnóstico y seguimiento del cumplimiento normativo de la norma se limita únicamente a una revisión documental, sino que se estructura como un proceso cíclico, trazable y orientado a la mejora continua, soportado por herramientas estandarizadas y un sistema digital de visualización.

5.2.3.1.1 Recolección de Información Técnica: Herramientas de Diagnóstico

El proceso parte con la aplicación de instrumentos de diagnóstico, que permiten capturar el estado de cumplimiento respecto a los requerimientos de la normativa. Estos instrumentos incluyen:

- Check Lists de Entregables por Etapa (EDE): estructurados en función de la etapa del ciclo de vida (Perfil, Prefactibilidad, Factibilidad, Ejecución), permiten verificar la existencia, validez y completitud de los entregables exigidos por la norma.
- Check Lists de Mantenibilidad y Confiabilidad (M&C): permiten validar criterios normativos como accesibilidad, disponibilidad de repuestos, intervenciones seguras, izaje, protecciones, lubricación, entre otros.
- Auditorías Técnicas Documentales: revisión detallada de documentos y planos con evidencias de cumplimiento o desviaciones respecto a los criterios normativos. Incluye análisis de criticidad y severidad de las brechas.
- Entrevistas Técnicas con Actores Clave: validación cualitativa de entregables, compromisos, interpretaciones normativas, flujos de revisión y procesos de validación interna.
- Modelamientos de Confiabilidad Operacional: se desarrollan modelos MTBF, MTTR y LCC, identificando inconsistencias en diseños que podrían afectar la mantenibilidad futura del activo.

5.2.3.1.2 Estructuración de Datos para Seguimiento

En esta etapa se aplican metodologías de validación estructurada, mediante las cuales se revisa el cumplimiento efectivo de cada entregable normativo. Para ello, se utiliza un Check list de validación técnica y normativa, que considera cinco criterios fundamentales:

Cada entregable es evaluado por su existencia, vigencia, calidad técnica, trazabilidad y aplicabilidad al activo. Las brechas se clasifican como documentales, técnicas, de trazabilidad o de responsabilidad, según su origen y criticidad.

Toda esta información es recopilada y estructurada digitalmente (en plantillas tipo Excel, formularios PowerApps o bases SharePoint), lo que permite su integración posterior al sistema Power BI. A su vez, se incluyen indicadores técnicos como MTBF, MTTR y criticidad de activos, con el fin de priorizar las brechas más relevantes para la confiabilidad operativa del sistema.

5.2.3.1.3 Visualización y Trazabilidad con Power BI

Con la información estructurada, se desarrolla un tablero dinámico de diagnóstico y seguimiento, el cual integra los resultados técnicos-normativos en una plataforma visual, interactiva y trazable. Las funcionalidades clave del tablero incluyen:

El tablero incluye un mapa de avance por etapa, un sistema de semáforo de cumplimiento, filtros interactivos por proyecto y criticidad, vínculos a evidencias técnicas, indicadores como MTBF/MTTR, y un historial de revisión con trazabilidad completa de observaciones y responsables.

La generación sistematizada de reportes y visualización de brechas es un pilar fundamental para el desarrollo del proceso de seguimiento y diagnóstico. Esta capacidad permite no solo identificar desviaciones de cumplimiento, sino también priorizar acciones, asignar responsables y hacer seguimiento continuo a los compromisos de cierre. Gracias a la arquitectura del sistema de información, el tablero Power BI permite emitir automáticamente:

Se generan reportes técnicos y ejecutivos, junto con planes de acción priorizados y una trazabilidad completa de observaciones, desde su detección hasta el cierre, incluyendo responsables y plazos definidos.

5.2.3.2 Apoyo Logístico

La dimensión logística constituye un componente crítico en la sostenibilidad operativa de los activos evaluados. En el marco del diagnóstico y seguimiento normativo de la , se incorporan herramientas y procesos que fortalecen la capacidad de respuesta del sistema ante exigencias futuras de operación, mantenimiento y gestión de activos. El objetivo es asegurar que los proyectos no solo cumplan en papel, sino que estén operacionalmente preparados.

5.2.3.2.1 Integración de Herramientas de Soporte Logístico

Se aplican metodologías y procesos complementarios al núcleo técnico-normativo, tales como:

- RCM (Reliability-Centered Maintenance): Para identificar modos de falla y definir estrategias de mantenimiento preventivo, predictivo o correctivo.
- ATM (Análisis Técnico de Mantenibilidad): Para evaluar el esfuerzo requerido, recursos y tiempos asociados a las intervenciones sobre los sistemas.
- APL (Análisis de Disponibilidad Logística): Para revisar accesos a repuestos, herramientas especiales, recursos humanos, tiempos de respuesta y servicios externos.
- Procesos de Recursos Humanos: Para verificar la existencia de capacidades técnicas disponibles, brechas de competencias y necesidades de capacitación específicas por sistema.

Estas herramientas permiten detectar limitaciones tecnológicas, organizacionales o de soporte, que afectan la capacidad del activo para operar de forma continua y segura. Cada hallazgo se clasifica y visualiza en el tablero Power BI como parte de la matriz de madurez logística del proyecto.

5.2.3.2.2 Visualización de Limitaciones y Recomendaciones

Toda la información recopilada desde RCM, ATM, APL y RRHH es estructurada en bases de datos con los siguientes atributos:

Se registra cada hallazgo con su código o tag, el tipo de limitación (tecnológica, organizacional, etc.), su impacto operativo, una recomendación técnica o de gestión, y el responsable sugerido para su resolución.

Estas limitaciones se visualizan en el tablero de seguimiento, lo que permite alertar tempranamente sobre necesidades críticas como:

Se identifican necesidades de capacitación, faltas de repuestos o almacenamiento, dependencias externas no cubiertas y brechas en roles operativos o supervisión técnica.

Este componente logístico se vincula con los entregables normativos exigidos asegurando su coherencia funcional con la realidad operativa esperada.

5.2.3.2.3 Evaluación de Madurez en Gestión de Activos

En línea con los contenidos de los cursos de Gestión de Activos y Reingeniería de Negocios, se desarrolla una escala de madurez organizacional, basada en la norma ISO 55000, la cual permite evaluar el grado de alineación del proyecto con prácticas modernas de asset management. La escala considera cinco niveles:

La escala de madurez va desde un nivel incipiente (sin procesos ni roles definidos), pasando por niveles básico e intermedio (con documentación parcial y débil integración), hasta niveles avanzado y óptimo, donde existe trazabilidad, herramientas integradas, retroalimentación y mejora continua.

La evaluación se basa en los siguientes criterios:

La evaluación de madurez del proyecto considera la existencia de procesos documentados, la claridad de roles, la cultura de cumplimiento normativo, la incorporación de criterios de mantenibilidad y confiabilidad desde el diseño, y el uso efectivo de herramientas digitales como Power BI, SAP y SGDOC. Estas dimensiones permiten diagnosticar el nivel de alineación con la normativa y estimar la capacidad del proyecto para aplicar una gestión de activos moderna y sostenible.

Los resultados de este diagnóstico y seguimiento son incorporados en el tablero Power BI, generando una visualización por proyecto, sistema o etapa, que permite identificar:

El análisis permite identificar brechas estructurales de madurez, emitir recomendaciones de mejora organizacional, detectar proyectos con mayor riesgo operativo o logístico, y definir prioridades en la adopción de prácticas avanzadas de gestión de activos.

5.2.3.2.4 Informes de Madurez y Planes de Fortalecimiento

Como resultado del análisis logístico y de madurez, el sistema genera:

Como resultado del análisis, se generan informes de madurez por proyecto o disciplina, junto con planes de fortalecimiento organizacional enfocados en cerrar brechas críticas. Además, se elaboran mapas de riesgo operacional y logístico vinculados a la criticidad de los activos, y se proponen recomendaciones para integrar procesos y reforzar la formación técnica del equipo.

Esta etapa consolida la visión integral del diagnóstico, integrando el cumplimiento normativo con la preparación real del sistema para operar, bajo principios de sostenibilidad, confiabilidad y soporte continuo.

5.2.3.3 Talleres

Los talleres especializados en Mantenibilidad y Confiabilidad (M&C), Logística Operacional y Análisis Modal de Fallos, Efectos y Criticidad (FMECA) cumplen un rol estratégico dentro del modelo de diagnóstico y seguimiento normativo de la norma. Estas instancias no se conciben únicamente como reuniones técnicas, sino como espacios metodológicamente estructurados, cuyo propósito es:

Además, permiten retroalimentar el sistema de trazabilidad digital (Power BI) mediante el registro estructurado de hallazgos, decisiones técnicas y datos críticos. Finalmente, actúan como un espacio para fomentar la estandarización de buenas prácticas y promover la participación interdisciplinaria, fortaleciendo el aprendizaje colectivo y la coherencia entre disciplinas.

5.2.3.3.1 Función Metodológica de los Talleres

Cada taller se consolida como una instancia clave de verificación técnica y ajuste normativo, cuya información se incorpora directamente al tablero dinámico de seguimiento y diagnóstico. A través de esta plataforma, los resultados de los talleres no solo quedan documentados, sino también visualizados y trazados en tiempo real, facilitando la toma de decisiones y el control transversal del cumplimiento normativo.

El Taller de Mantenibilidad y Confiabilidad (M&C) permite evaluar la aplicación efectiva de los criterios de la normativa en los diseños, considerando aspectos como accesibilidad, tiempos de intervención, puntos de lubricación, maniobrabilidad e izaje.

El Taller Logístico valida la existencia y disponibilidad de recursos operacionales críticos —repuestos, herramientas especiales, personal técnico, servicios contratados— y su impacto en la operación continua del activo. Por su parte, el

Taller FMECA identifica y prioriza modos de falla potenciales, evalúa su criticidad y determina si las medidas de mitigación incorporadas en el diseño son suficientes o requieren ajustes.

Cada una de estas instancias genera hallazgos, acuerdos y responsables, los cuales se registran en actas formalizadas, digitalizadas y asociadas a los entregables evaluados. Esta información es cargada al tablero Power BI, habilitando su visualización por proyecto, sistema, etapa o tipo de brecha. De este modo, los talleres no solo contribuyen a validar técnicamente el avance normativo, sino que también alimentan el sistema de trazabilidad y control, fortaleciendo la capacidad de respuesta y la mejora continua.

5.2.3.3.2 Estructura Operativa y Participación

El desarrollo de los talleres de diagnóstico y seguimiento se encuentra plenamente integrado al tablero de control, donde se registra la participación de los principales actores del proyecto, especificando su rol, etapa de intervención y responsabilidad técnica. Este registro no solo garantiza transparencia y trazabilidad, sino que también fortalece el compromiso institucional con la validación del cumplimiento normativo.

En estos talleres participan especialistas por disciplina (mecánica, piping, eléctrica, instrumentación y control), junto con representantes de operaciones, mantenimiento, puesta en marcha, alistamiento operacional, procesos y PMO, además de jefes de proyecto, equipos de ingeniería y facilitadores de aseguramiento normativo y documental.

Durante la ejecución, se utilizan plantillas estructuradas de evaluación, donde se analizan los entregables conforme a criterios normativos, técnicos y operacionales, clasificando su cumplimiento como Cumple, Parcial o No Cumple. Las matrices generadas son cargadas directamente al sistema central, lo que permite que los resultados del taller se reflejen en tiempo real en el tablero Power BI, impactando directamente en los indicadores de avance, las alertas visuales y los planes de acción asociados. De este modo, los talleres

no sólo validan técnicamente los entregables, sino que alimentan activamente el sistema de trazabilidad y control normativo del proyecto.

5.2.3.3.3 Actualización del Tablero de Cumplimiento en Tiempo Real

Una de las principales fortalezas de estos talleres es su capacidad de alimentar el tablero Power BI en tiempo real, transformando cada revisión técnica en datos visuales que permiten:

A través del tablero dinámico de seguimiento, es posible evaluar el estado de avance por subproceso específico como izaje, accesibilidad, disponibilidad de repuestos, modos de falla o mantenibilidad de válvulas, permitiendo una lectura detallada del cumplimiento normativo. Esta visualización también habilita la comparación entre proyectos, identificando buenas prácticas replicables y brechas recurrentes que requieren atención estratégica. Además, el tablero permite monitorear el cumplimiento por etapa, disciplina o sistema evaluado, con trazabilidad directa a los hallazgos registrados, fortaleciendo la gestión normativa y la toma de decisiones basada en evidencia.

El tablero también permite aplicar filtros por taller, responsable o hallazgo específico, generando una línea de base actualizada que alimenta los reportes técnicos y ejecutivos de cada proyecto.

5.2.3.3.4 Fortalecimiento de Competencias en M&C

Como parte del proceso de ejecución, se desarrolló e implementó un programa piloto de fortalecimiento de competencias orientado a profesionales de ingeniería, mantenimiento y operaciones, con foco en la aplicación práctica de la norma NCC-30 y el uso de las herramientas digitales de diagnóstico y seguimiento.

- Talleres Interdisciplinarios de Capacitación: dictados en conjunto con líderes de disciplina (mecánica, piping, eléctrica, instrumentación y logística), donde se abordaron conceptos clave de mantenibilidad y confiabilidad, metodologías de análisis FMECA y RAM, y el uso de tableros Power BI para trazabilidad normativa.
- Entrenamiento en Herramientas Digitales: sesiones prácticas en Power BI y SGDOC, donde los participantes registraron hallazgos reales, aplicaron checklists de cumplimiento y generaron reportes normativos, fortaleciendo su capacidad de gestión digital.
- Evaluación de Competencias: al cierre de cada taller se aplicaron instrumentos de medición que permitieron validar la comprensión de conceptos y el dominio de las herramientas. Los resultados mostraron una mejora significativa en el nivel de conocimiento y aplicación práctica entre los participantes.

- Registro y Evidencia: todas las instancias de capacitación fueron documentadas y registradas en SGDOC y SAP-HCM como evidencia formal de cumplimiento.

5.2.3.3.5 Resultados y Consolidación

Como resultado de la realización de los talleres y su integración con el sistema digital de seguimiento, se logra una validación técnica colaborativa de los entregables normativos, fortaleciendo la calidad y consistencia de los criterios aplicados. Este proceso permite además la estandarización de criterios de revisión entre disciplinas y proyectos, generando una base común para la evaluación normativa. Las decisiones técnicas adoptadas en estas instancias quedan documentadas de forma estructurada, lo que facilita su uso en futuras etapas de ingeniería, construcción o comisionamiento. Toda esta información alimenta el tablero Power BI, asegurando una trazabilidad digital completa desde el hallazgo hasta su resolución. Asimismo, cuando se detectan problemas estructurales en el diseño o en su implementación, los talleres proporcionan una retroalimentación directa que puede derivar en ajustes o rediseños, fortaleciendo el ciclo de mejora continua del proyecto.

Esta metodología de talleres genera la participación interdisciplinaria y gestión técnica basada en evidencia. Al integrarse con el tablero de seguimiento, los talleres se consolidan como una herramienta de gobernanza técnica para la toma de decisiones, validación de avances y monitoreo normativo en tiempo real.

5.2.3.4 Auditorías

Las auditorías técnicas normativas representan un pilar fundamental en la estructura de diagnóstico y seguimiento de la, ya que permiten verificar, con enfoque crítico y documentado, el grado de cumplimiento real de los entregables exigidos por etapa, disciplina y sistema. Su ejecución asegura que los entregables no solo existan, sino que cumplan con criterios de calidad técnica, aplicabilidad y trazabilidad normativa.

Estas auditorías se ejecutan en paralelo con talleres y revisiones documentales, pero con una orientación objetiva, independiente y formal, estableciendo hallazgos, recomendaciones y responsables de acción correctiva.

5.2.3.4.1 Enfoque Metodológico de la Auditoría

Las auditorías se ejecutan bajo una planificación estructurada que asegura consistencia metodológica y trazabilidad normativa. Se parte de un Plan de Auditoría Normativa, que define el alcance por etapa y disciplina, los entregables a evaluar, los criterios normativos aplicables y el equipo auditor responsable. La evaluación se realiza mediante una Matriz de Verificación Técnica, construida a partir de los Check Lists normativos (M&C, EDE) y adaptada con criterios específicos del proyecto. Este proceso incluye un análisis

detallado de la evidencia documental, validando la trazabilidad, versiones, formatos y firmas requeridas. Adicionalmente, se realiza una validación cruzada con entrevistas y talleres previos, para confirmar que las decisiones técnicas se hayan materializado correctamente en los entregables. Finalmente, se aplica un sistema de evaluación con codificación visual (Cumple, Parcial, No Cumple), que permite clasificar y priorizar los hallazgos con base en su impacto técnico y normativo.

5.2.3.4.2 Proceso Operativo y Trazabilidad

Cada auditoría se desarrolla en tres fases operativas que garantizan rigurosidad técnica y trazabilidad digital. Primero, se realiza la ejecución en terreno o revisión remota, dependiendo de la disponibilidad documental en plataformas como SharePoint, SGDOC o carpetas técnicas del proyecto. Luego, se lleva a cabo el levantamiento de hallazgos, que incluye su descripción técnica, clasificación según su naturaleza (documental, técnica, trazabilidad o responsabilidad), impacto potencial y evidencia asociada. Finalmente, se elabora el Informe de Auditoría Normativa, donde se consolidan los entregables revisados, los hallazgos identificados, el grado de cumplimiento, las recomendaciones emitidas, y los plazos y responsables asignados para su cierre. Toda esta información es registrada en plantillas estandarizadas y cargada al sistema Power BI, lo que permite alimentar el tablero de control normativo con información estructurada, visual y trazable para la toma de decisiones.

5.2.3.4.3 Integración con el Tablero de Diagnóstico Power BI

Una vez finalizada la auditoría, sus resultados son integrados al tablero digital, lo que permite una visualización estructurada del cumplimiento normativo por etapa, sistema o disciplina auditada. Esta integración facilita la detección de patrones de incumplimiento o debilidades organizacionales, y activas alertas automáticas ante hallazgos críticos no cerrados. Además, el tablero permite filtrar los hallazgos por tipo, impacto, responsable o estado de avance (Abierto, En Proceso, Cerrado), y consolidar reportes ejecutivos y técnicos en tiempo real, basados en información trazable y validada. De este modo, la auditoría se transforma en una herramienta de monitoreo activo, que fortalece la toma de decisiones técnicas y administrativas mediante un enfoque preventivo y basado en evidencia.

5.2.3.4.4 Resultados, Cierre y Mejora Continua

El proceso de auditoría genera una serie de entregables claves que fortalecen la gestión del cumplimiento normativo. Entre ellos se encuentra el Informe Técnico Normativo, validado por las áreas responsables, y la Matriz de Cierre de Hallazgos, que permite trazar cada observación desde su detección hasta su resolución. También se definen Planes de Acción Correctiva, con responsables asignados y fechas comprometidas, junto con una retroalimentación estructurada orientada a ajustes de diseño, ingeniería o gestión documental. Finalmente, se consolida un historial de cumplimiento, el cual resulta fundamental para evaluar la evolución del proyecto y su nivel de madurez normativa a lo largo del ciclo de vida.

La incorporación de auditorías técnicas al modelo de diagnóstico y seguimiento es verificable y sistemático, respaldado por datos trazables y visualizados en tiempo real. Esto permite garantizar no solo el cumplimiento formal, sino también la calidad técnica y sostenibilidad operativa de los activos a lo largo de su ciclo de vida.

5.2.4 Etapa de Control

La Etapa de Control se enfoca en la gestión económica y estratégica del cumplimiento normativo, estableciendo una conexión directa entre las brechas identificadas durante el diagnóstico y su impacto sobre el costo total del ciclo de vida del activo (LCC). Esta fase no solo tiene un carácter técnico, sino que constituye una herramienta de gobernanza ejecutiva, permitiendo a los niveles de gestión tomar decisiones informadas, con base en datos trazables, visuales y cuantificables. Análisis del Costo del Ciclo de Vida (OPEX y CAPEX): Se evalúan desviaciones normativas que impactan el costo total del proyecto.

5.2.4.1 Análisis del Costo del Ciclo de Vida (LCC)

Se implementa una metodología de evaluación del LCC (Life Cycle Cost), considerando tanto CAPEX (costos de inversión) como OPEX (costos de operación y mantenimiento), donde cada desviación normativa es asociada a un riesgo económico potencial.

Las brechas normativas detectadas durante talleres, auditorías o análisis de confiabilidad se vinculan directamente a consecuencias económicas que afectan el ciclo de vida del proyecto. Por ejemplo, diseños con baja accesibilidad incrementan los tiempos de intervención y, por ende, los costos operacionales (OPEX); la falta de repuestos críticos puede generar paradas no programadas o contrataciones de emergencia; y la ausencia de documentación técnica o validaciones normativas obliga a reprocesos de ingeniería o rediseños durante la ejecución, generando sobrecostos en CAPEX. Cada una de estas desviaciones es cuantificada y consolidada en el sistema de monitoreo, permitiendo su visualización y priorización en función del impacto financiero asociado.

5.2.4.2 Sistema de Alerta Temprana y Monitoreo Continuo

En esta etapa, el tablero de control en Power BI se convierte en una herramienta estratégica de alerta temprana, permitiendo visualizar el impacto económico estimado de cada brecha, expresado en UF o CLP y clasificado según su efecto en OPEX o CAPEX. Además, asigna prioridades de acción basadas en la criticidad técnica y el nivel de desviación normativa, e incorpora tendencias acumuladas de impacto económico por proyecto, disciplina o etapa. El sistema también permite realizar análisis comparativos entre proyectos o contratos, facilitando una evaluación transversal que orienta decisiones correctivas, presupuestarias y de gestión.

Este sistema permite identificar patrones de incumplimiento con mayor costo asociado, lo que facilita su escalamiento prioritario en los comités técnicos y financieros del proyecto.

5.2.4.3 Informes Ejecutivos y Planes de Acción Estratégicos

A partir de la información consolidada en el tablero de seguimiento, se generan informes periódicos (semanales, mensuales o por hito), con visualizaciones diseñadas para apoyar la supervisión ejecutiva y la toma de decisiones estratégicas. Estos reportes entregan una visión clara del estado de cumplimiento general y por disciplina, incorporan el análisis de desviaciones con impacto económico estimado, y presentan planes de acción correctiva con responsables, plazos y presupuestos definidos. Además, integran indicadores clave de desempeño normativo-económico, como el porcentaje de cumplimiento frente al sobre costo mitigado. El sistema también ofrece herramientas de priorización, como un semáforo de impacto económico (bajo, moderado, alto), alertas automáticas para hallazgos críticos sin cierre, y un panel de desviaciones acumuladas que facilita la priorización presupuestaria en función del riesgo y la afectación al ciclo de vida del activo.

5.2.4.4 Toma de Decisiones y Justificación Presupuestaria

El principal valor de esta etapa es que el cumplimiento normativo deja de ser un requisito teórico y se consolida como un criterio financiero tangible dentro de la gestión del proyecto. Esto permite justificar acciones correctivas en diseño, ingeniería o construcción, reforzar solicitudes presupuestarias con base en impactos cuantificados, y priorizar intervenciones según criticidad técnica y costo asociado. Asimismo, se establece un vínculo directo entre la norma y la rentabilidad operativa, incorporando la sostenibilidad del activo como parte del análisis económico. Esta fase cierra el ciclo de diagnóstico y seguimiento, integrando la normativa no solo en los procesos técnicos, sino también en la gestión estratégica de costos, riesgos y valor del proyecto.

5.2.5 Etapa de Cierre

La Etapa de Cierre constituye la fase final del proceso de diagnóstico y seguimiento de la norma, en la cual se consolida el grado de cumplimiento normativo alcanzado por el proyecto, se sistematizan las lecciones aprendidas y se deja trazabilidad completa de los entregables revisados y gestionados. Esta etapa tiene un carácter estratégico, ya que conecta la ejecución técnica con el aprendizaje institucional, permitiendo estandarizar prácticas exitosas y prevenir desviaciones recurrentes en futuros proyectos.

5.2.5.1 Informe Final de Cumplimiento Normativo

Al finalizar el proyecto, se genera un informe final automatizado de cumplimiento de la normativa, el cual resume de forma estructurada los resultados obtenidos a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. Este informe presenta un resumen de cumplimiento por fases (Perfil, Prefactibilidad, Factibilidad y Ejecución), detalla el porcentaje de entregables cumplidos, parciales o no cumplidos, e incluye una matriz de desvíos tratados, con evidencia de cierre y responsables asignados. Además, incorpora indicadores técnicos y de trazabilidad, como la criticidad de los hallazgos, su impacto en el costo del ciclo de vida (LCC) y el estado de avance de las acciones correctivas. El informe se genera directamente desde el tablero de diagnóstico y seguimiento Power BI, lo que garantiza consistencia de datos, transparencia en los resultados y su uso como evidencia formal en auditorías o comités de cierre.

5.2.5.2 Taller Final y Validación Técnica

Como parte del proceso de cierre, se realiza un taller final de validación, con la participación de los actores clave del proyecto líderes de disciplina, QA/QC, operación y mantenimiento, en el cual se validan los resultados normativos alcanzados, se revisan los hallazgos críticos y las acciones ejecutadas, y se documentan las lecciones aprendidas, enfocadas en identificar fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora. Asimismo, se reconocen entregables o prácticas replicables para futuros proyectos de la división. Este taller también permite levantar observaciones de última instancia, que, en caso de ser pertinentes, son incorporadas al informe final antes de su cierre formal, asegurando un proceso completo, trazable y orientado a la mejora continua institucional.

5.2.5.3 Base de Datos de Buenas Prácticas y Replicabilidad

Como parte del cierre, la documentación generada en los talleres y el informe final alimenta una base de datos corporativa de lecciones aprendidas y buenas prácticas, cuyo objetivo es capturar experiencias reales de aplicación exitosa de la normativa, y poner en valor aquellos diseños, decisiones técnicas o procesos que facilitaron su cumplimiento. Esta base de datos permite sistematizar recomendaciones concretas para fortalecer la mantenibilidad y confiabilidad en proyectos futuros, y actúa como un mecanismo preventivo al evitar la repetición de errores o desviaciones detectadas en etapas tempranas. De este modo, se consolida el conocimiento técnico-normativo como un activo institucional replicable. Esta base de datos es actualizada con cada cierre de proyecto y puede ser consultada por áreas de ingeniería, gestión de activos, aseguramiento y contratistas, generando un repositorio institucional de valor acumulado.

5.2.5.4 Visualización y Trazabilidad Final

El cierre del proyecto se visualiza de forma estructurada en el tablero Power BI, que actúa como un archivo dinámico y trazable del estado final normativo. Esta herramienta permite acceder a un gráfico comparativo entre el cumplimiento total y las desviaciones tratadas, así como a una línea de tiempo del cumplimiento normativo, organizada por etapa del ciclo de vida y por sistema evaluado. Además, presenta un mapa de responsables por disciplina y entregables cumplidos, lo que facilita la trazabilidad individual y por equipo. El sistema permite también la exportación automatizada del informe final en formatos PDF y Word, y ofrece vínculos directos a los entregables cerrados, las acciones ejecutadas y las evidencias documentales que respaldan el cumplimiento, fortaleciendo así la transparencia y la rendición de cuentas institucional.

Esta visualización no solo facilita auditorías y revisiones, sino que permite evaluar el grado de madurez normativa alcanzado por cada proyecto, reforzando la cultura de mejora continua.

La Etapa de Cierre representa la consolidación del proceso metodológico, integrando evidencia técnica, validación colaborativa y aprendizaje organizacional. Al transformar la experiencia del proyecto en conocimiento institucional, esta fase fortalece la capacidad de la organización para ejecutar proyectos futuros con mayor eficiencia, menor riesgo y mayor alineación con estándares de clase mundial en gestión de activos.

6.0 SEGUIMIENTO ESTRUCTURADO Y VISUAL DE PROYECTOS

Este informe presenta el desarrollo e implementación de un sistema estructurado y visual de seguimiento del cumplimiento normativo en todas las fases del ciclo de vida de los proyectos ejecutados en la División Radomiro Tomic. Para ello, se integran herramientas tecnológicas que permiten una gestión dinámica, trazable y estandarizada, facilitando la visualización en tiempo real del avance, brechas, responsables y acciones correctivas.

6.1 HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS PARA LA TRAZABILIDAD NORMATIVA

Power BI: Se consolida como la herramienta central de visualización y monitoreo, permitiendo la construcción de tableros interactivos que muestran en tiempo real el cumplimiento de entregables, desviaciones normativas, criticidad y estado de cierre de observaciones. Su flexibilidad facilita la gestión proactiva de desviaciones y la toma de decisiones técnicas y ejecutivas.

SAP – SGDOC – SGP: Estas plataformas actúan como fuentes primarias de información operativa, alimentando automáticamente los tableros con datos actualizados de documentos, órdenes de trabajo,

hitos de ingeniería y entregables normativos. Esto asegura la integridad y sincronización de la información, evitando duplicidad o pérdida de trazabilidad.

6.2 DIAGRAMA DE FLUJO DIAGNÓSTICO Y SEGUIMIENTO DE LA NORMA

Se ha desarrollado un diagrama de flujo operativo, derivado del mapa de procesos normativos, que transforma la secuencia lógica de aplicación de la norma en un modelo visual estandarizado. Este diagrama permite:

El sistema propuesto permite aplicar de forma secuencial, estructurada y trazable a la normativa a lo largo de todas las fases del proyecto, desde el perfil hasta el cierre. Esta lógica de aplicación progresiva se representa mediante un diagrama de flujo normativo, que ha sido transformado en un modelo operativo dinámico e integrado al tablero Power BI.

Gracias a esta integración digital, el estado de cumplimiento de cada entregable se actualiza automáticamente, permitiendo monitorear en tiempo real los avances por subproceso, disciplina y etapa. Además, el sistema habilita revisiones transversales, facilitando la identificación temprana de brechas acumuladas, retrasos técnicos o desviaciones de responsabilidad, y activando alertas visuales que permiten priorizar acciones correctivas. Esta estandarización del seguimiento no solo mejora la eficiencia del control normativo, sino que también fortalece la rendición de cuentas y la toma de decisiones informadas a nivel técnico y ejecutivo.

La estandarización metodológica transforma la norma desde un requerimiento documental hacia una herramienta activa de gestión de activos, mediante Check Lists normativos, indicadores cuantificables, talleres técnicos y una plataforma de seguimiento integrada. Esta transformación permite comparar proyectos, priorizar acciones y asegurar trazabilidad completa desde el inicio hasta el cierre del proyecto, con foco en la mejora continua y la toma de decisiones basada en evidencia visual.

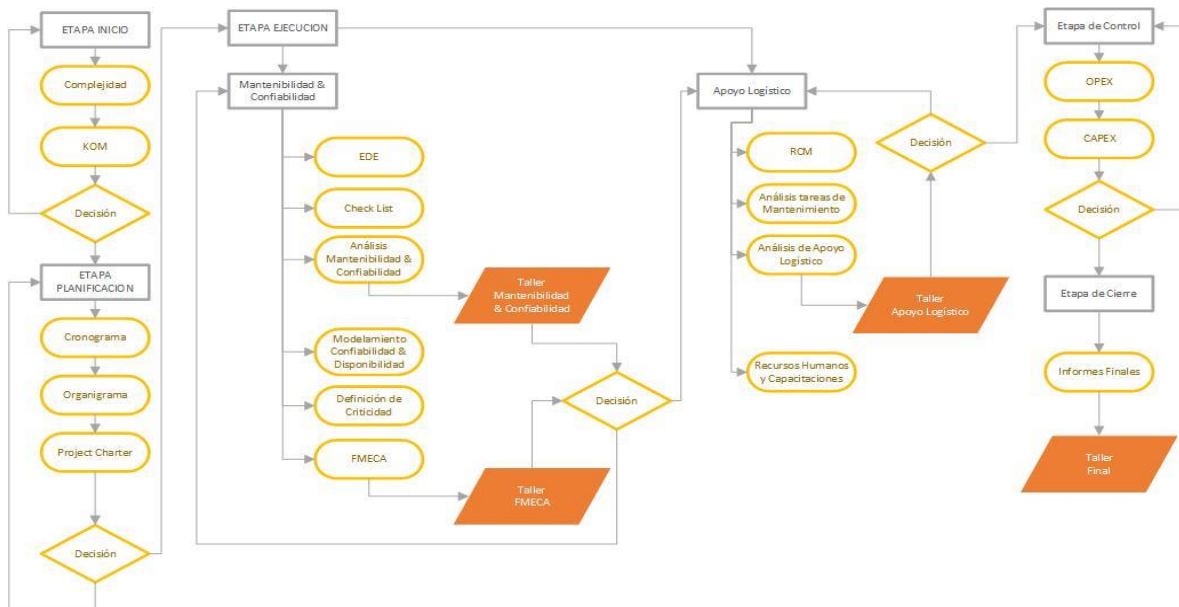
6.3 SECUENCIA DEL DIAGRAMA DE FLUJO

Tabla 6-1: Definiciones de Abreviatura

Etapa	Actividades Clave
Inicio	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de complejidad. - Reunión de inicio (KOM). - Determinación de obligatoriedad y profundidad de Aplicación de la norma.

Etapa	Actividades Clave
Planificación	<ul style="list-style-type: none"> - Levantamiento de elementos de control (cronograma, organigrama, Project Charter) - Programación de actividades normativas (EDE, FMECA, RCM). - Configuración inicial del tablero.
Ejecución – M&C	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación secuencial: EDE → Checklists → Análisis M&C → Criticidad → FMECA. - Talleres técnicos de validación que alimentan el tablero.
Ejecución – Apoyo Logístico	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación de herramientas: RCM, ATM, APL, gestión de RRHH. - Taller logístico para validar preparación del sistema de soporte.
Control	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluación de impacto económico de desviaciones normativas (LCC, OPEX, CAPEX). - Activación de alertas y priorización por criticidad económica en Power BI.
Cierre	<ul style="list-style-type: none"> - Consolidación de entregables cumplidos. - Taller de cierre y lecciones aprendidas. - Informe final de cumplimiento y documentación de trazabilidad.

Figura 6-1: Diagrama de flujo



6.4 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE CUMPLIMIENTO DE LA

El sistema de diagnóstico permite generar una radiografía normativa del estado actual de los proyectos, estructurada en torno a:

- Evaluación técnica y documental, mediante revisión de entregables clave y aplicación de indicadores como MTBF, MTTR, criticidad de activos y LCC.
- Identificación y visualización de brechas, a través de herramientas como mapas de calor, matrices de criticidad y diagramas de cumplimiento por subproceso.
- Propuesta de acciones correctivas, clasificadas según impacto operativo y madurez normativa, orientadas a la sostenibilidad del ciclo de vida del activo.

7.0 PLANES DE ACCIÓN Y MEJORA POR ETAPAS DEL PROYECTO

Los planes de acción han sido diseñados de forma estructurada y progresiva, en concordancia con cada etapa del ciclo de vida del proyecto (Perfil, Prefactibilidad, Factibilidad y Ejecución). Este enfoque permite aplicar de manera escalonada los principios de la norma, asegurando que los aspectos de mantenibilidad, confiabilidad y gestión de activos sean integrados desde etapas tempranas. Cada acción está vinculada a mecanismos de seguimiento y evaluación a través de indicadores clave, lo que habilita un sistema dinámico de diagnóstico y control normativo.

Tabla 7-1: Definiciones de Abreviatura

Fases	Objetivo	Acciones Clave	Indicadores de Seguimiento
Perfil	Incorporar criterios de M&C desde la definición del alcance.	<ul style="list-style-type: none"> Identificación de activos críticos. Talleres de sensibilización. Línea base normativa. 	<ul style="list-style-type: none"> % activos identificados. % participación en talleres. N° informes con trazabilidad.
Prefactibilidad	Estructurar análisis técnicos y comenzar trazabilidad digital.	<ul style="list-style-type: none"> Matrices de criticidad. Estimaciones LCC. Implementación inicial de Power BI. 	<ul style="list-style-type: none"> N° matrices validadas. N° reportes generados. Tiempo de respuesta a reportes.
Factibilidad	Validar técnica y normativamente los entregables críticos.	<ul style="list-style-type: none"> Validación participativa (FMECA, RAM, RCM). Auditorías internas. Ajustes a tableros. 	<ul style="list-style-type: none"> % entregables aprobados. N° auditorías realizadas. N° mejoras aplicadas.
Ejecución	Implementar requisitos normativos en terreno y validar desempeño real.	<ul style="list-style-type: none"> Checklists técnicos en obra. Monitoreo de desempeño inicial. Validación en condiciones reales. 	<ul style="list-style-type: none"> % activos validados. Tiempo estabilización post-marcha. N° brechas resueltas.

8.0 VERIFICACIÓN DE OBJETIVOS

8.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene como propósito revisar los objetivos planteados en la sección 3.0 del presente trabajo , verificando el grado de cumplimiento alcanzado y vinculando los resultados obtenidos en el diagnóstico y seguimiento normativo con la propuesta metodológica inicial.

8.2 CUMPLIMIENTO DEL OBJETIVO GENERAL

Objetivo General:

“Diseñar e implementar un sistema integral de diagnóstico y seguimiento que permita verificar, en tiempo real y de manera trazable, el cumplimiento de la normativa de mantenibilidad y confiabilidad, integrando principios de gestión de activos a lo largo de todo el ciclo de vida de los proyectos”

- Grado de Cumplimiento: Cumplido.
- Evidencias:
 - Se diseñó la metodología estructurada (Cap. 4).
 - Se implementó el sistema de diagnóstico y seguimiento con Power BI, SAP y SGDOC (Cap. 6).
 - Se verificó trazabilidad en proyectos de la División Radomiro Tomic, con planes de acción por etapa (Cap. 7).

8.3 CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo Específico	Evidencia en el trabajo	Cumplimiento
Identificar y jerarquizar requisitos normativos por etapa.	Matriz de entregables normativos y mapeo de procesos (Cap. 5).	Cumplido
Diagnosticar estado actual de implementación.	Auditorías técnicas, talleres M&C y matrices de brechas (Cap. 5).	Cumplido
Diseñar una arquitectura digital de seguimiento visual.	Desarrollo de tableros Power BI integrados con SAP y SGDOC (Cap. 6).	Cumplido
Diseñar planes de acción correctivos y preventivos.	Propuesta de planes por etapa, con indicadores de cierre (Cap. 7).	Cumplido
Implementar un sistema de gestión de riesgos normativos y técnicos.	Vinculación de brechas con impacto en LCC, OPEX y CAPEX (Cap. 5.2.4).	Cumplido

Objetivo Específico	Evidencia en el trabajo	Cumplimiento
Establecer un modelo de gobernanza normativo.	Definición de roles, responsables y estructura de gobernanza (Cap. 5.2.2).	Cumplido
Fortalecer competencias del personal en M&C.	Propuesta de capacitación y talleres interdisciplinarios (Cap. 5.2.3).	Cumplido
Promover la mejora continua y lecciones aprendidas.	Taller de cierre, lecciones aprendidas y base de buenas prácticas (Cap. 5.2.5).	Cumplido

8.4 SÍNTESIS

En términos generales, se observa que:

- El objetivo general fue plenamente cumplido, validado con la metodología estructurada, la implementación digital en Power BI–SAP–SGDOC y la verificación de trazabilidad en proyectos reales de la División Radomiro Tomic.

Los ocho objetivos específicos fueron alcanzados satisfactoriamente:

- Se identificaron y jerarquizaron los requisitos normativos por etapa.
- Se diagnosticó el estado actual de implementación mediante auditorías, talleres y matrices de brechas.
- Se diseñó e implementó la arquitectura digital de seguimiento visual.
- Se establecieron planes de acción correctivos y preventivos con indicadores de cierre.
- Se implementó un sistema de gestión de riesgos normativos y técnicos vinculado al LCC, OPEX y CAPEX.
- Se consolidó un modelo de gobernanza con roles, responsables y estructura organizacional definida.
- Se fortalecieron las competencias del personal en M&C, mediante talleres interdisciplinarios, capacitación digital en Power BI/SGDOC y registro de evidencias en SGDOC y SAP-HCM.
- Se promovió la mejora continua a través de talleres de cierre, lecciones aprendidas y una base de buenas prácticas institucional.

9.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La correcta implementación de la Norma Corporativa constituye un pilar fundamental para resolver los desafíos de falta de estandarización, seguimiento normativo y diagnóstico estructurado en los proyectos de la División Radomiro Tomic. A través del enfoque propuesto en este diagnóstico, se busca establecer un modelo robusto que permita monitorear en tiempo real el cumplimiento de la norma, garantizar la uniformidad de los procesos y optimizar la gestión del ciclo de vida de los activos.

La normativa, al ser adoptada sistemáticamente en cada etapa del proyecto —Perfil, Prefactibilidad, Factibilidad, Ejecución y Cierre—, alinea a la división con las mejores prácticas internacionales en gestión de activos, tales como las promovidas por ISO 55000, asegurando sostenibilidad operativa y económica de las inversiones. Su integración con herramientas tecnológicas avanzadas, como Power BI, SAP y SGDOC, permite transformar el diagnóstico en un sistema de gestión visual, interactivo y predictivo, facilitando una toma de decisiones basada en datos confiables y actualizados.

- El modelo metodológico implementado ofrece resultados esperados concretos:
- Estandarización: Uniformidad en los procesos de diseño, ejecución y control de los proyectos, asegurando entregables normativos consistentes.
- Seguimiento Visual y Transparente: Información centralizada y disponible para todos los stakeholders a través de tableros de control dinámicos.
- Diagnóstico Integral: Identificación de brechas normativas y técnicas mediante análisis de cumplimiento, mapas de calor, y modelamiento de indicadores como MTBF y MTTR.
- Toma de Decisiones Informadas: Priorización de acciones correctivas y preventivas basadas en la visualización de riesgos y brechas críticas.
- Optimización del Ciclo de Vida de los Activos: Implementación de estrategias de mantenibilidad y confiabilidad que prolongan la vida útil de los activos, reducen costos operacionales y mejoran el desempeño global de los proyectos.
- Mejora Continua y Lecciones Aprendidas: Implementación de talleres de retroalimentación y auditorías internas para fortalecer el cumplimiento a largo plazo.

En definitiva, la adopción de esta metodología basada en el diagnóstico y seguimiento normativo no solo garantiza el cumplimiento efectivo de la normativa en los proyectos de las divisiones, sino que además posiciona a la división como un referente corporativo en gestión avanzada de activos y mantenimiento estratégico.

Este enfoque estructurado, sistematizado y tecnológicamente soportado maximiza el impacto del diagnóstico en la gestión de activos, promoviendo la excelencia operacional y fortaleciendo la sostenibilidad de los proyectos en el tiempo.

10.0 REFERENCIAS

[Ref.1] •NCC-30 Mantenibilidad y Confiabilidad en Proyectos de Inversión, Rev. 2.

[Ref.2] •SGP-07MYC-CR TTC-00002 Criterio de Mantenibilidad y Confiabilidad.

[Ref.3] •SGP-07MYC-GUIGS-00001 Guía de Mantenibilidad y Confiabilidad.

[Ref.4] •SGP-07MYC-INSEC-00001 Información Requerida de Proveedores de Equipos M&C.

[Ref.5] •SGP-07MYC-PROGS-00009 Procedimiento Taller de Mantenibilidad y Confiabilidad.

[Ref.6] •Formularios y estándares: EST-GCM-DIC-SOMA-A-001, FOR-GCM-DIC-SOMA-A-00[1,2,5], GCM-E-001 Rev.1.

[Ref.7] •2023 estándar Datos Maestros SAP PM VF. Documento N° SCTLT-2630-PP-LST-21005. Listado de Tie-Ins. Stantec, 2025.

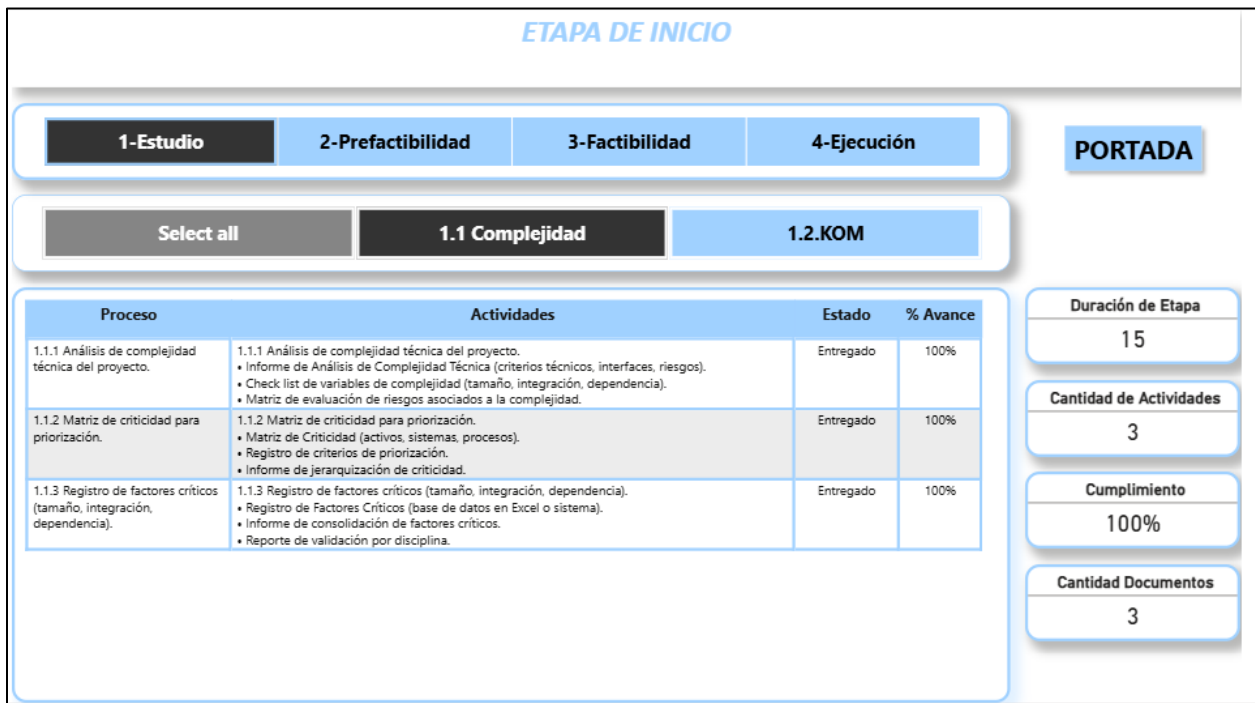
[Ref. 8] Documento N° SCTLT-2600-EL-LST-21001. Listado de Tie-Ins. Stantec, 2025.

[Ref. 9] ISO 55000:2014 Asset management – Overview, principles and terminology.

[Ref. 10] Parra, C. (2008). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC). Ingeman.

ANEXOS

Anexo Formato de Tablero de Seguimiento y Diagnóstico



ETAPA DE PLANIFICACIÓN													
1-Estudio		2-Prefactibilidad	3-Factibilidad	4-Ejecución	PORTADA								
Select all	1.1 Complejidad	1.2.KOM	2.1 Cronograma	2.2 Organigrama	2.3 Project Charter								
Proceso	Actividades	Estado	% Avance										
2.1.1 Carta Gantt con hitos específicos de revisión de mantenibilidad y confiabilidad.	2.1.1 Carta Gantt con hitos específicos de revisión de mantenibilidad y confiabilidad • Elaborar la Carta Gantt del proyecto. • Incorporar hitos normativos de M&C (workshops, revisiones interdisciplinarias, entregables de auditoría). • Alinear fechas con fases del proyecto (IPS, SPS, DPS, EXE). • Validar el Gantt con líderes de disciplina.	No iniciado	0%										
2.1.2 Integración de entregables normativos en el Schedule Maestro.	2.1.2 Integración de entregables normativos en el Schedule Maestro Identificar todos los entregables exigidos por NCC-30 y normas relacionadas. Incorporarlos como tareas dentro del Schedule Maestro. Establecer dependencias con otros entregables técnicos. Revisar coherencia entre avance físico y normativo.	No iniciado	0%										
2.1.3 Calendario de talleres y validaciones.	2.1.3 Calendario de talleres y validaciones Programar talleres de revisión de mantenibilidad y confiabilidad. Definir frecuencia de validaciones interdisciplinarias. Asignar responsables y convocatorias. Documentar acuerdos y trazabilidad de validaciones.	No iniciado	0%										
2.2.1 Organigrama de responsabilidades en M&C.	2.2.1 Organigrama de responsabilidades en M&C • Definir responsables de cada disciplina para temas de M&C. • Documentar el organigrama en formato oficial. • Validar roles con la gerencia de proyecto.	No iniciado	0%										
<table border="1"> <tr> <td>Duración de Etapa</td> <td>54</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de Actividades</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Cumplimiento</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Cantidad Documentos</td> <td>10</td> </tr> </table>						Duración de Etapa	54	Cantidad de Actividades	10	Cumplimiento	0%	Cantidad Documentos	10
Duración de Etapa	54												
Cantidad de Actividades	10												
Cumplimiento	0%												
Cantidad Documentos	10												

ETAPA DE EJECUCIÓN													
1-Estudio		2-Prefactibilidad	3-Factibilidad	4-Ejecución	PORTADA								
Select all	3.1 Mantenibilidad y Confiabilidad	3.2 Apoyo Logístico	3.3 Talleres	3.4 Auditorías									
Proceso	Actividades	Estado	% Avance										
3.1.1 Estimación de la Disponibilidad y Confiabilidad	3.1.1.1 Estimación de la confiabilidad.	No iniciado	0%										
3.1.1 Estimación de la Disponibilidad y Confiabilidad	3.1.1.2 Estimación de la disponibilidad.	No iniciado	0%										
3.2.1 Desarrollo Plan de Trabajo para el Análisis de Mantenibilidad y Confiabilidad	3.2.1.1 Elaborar plan de trabajo preliminar para M&C.	No iniciado	0%										
3.2.1 Desarrollo Plan de Trabajo para el Análisis de Mantenibilidad y Confiabilidad	3.2.1.2 Definir presupuesto inicial para análisis M&C.	No iniciado	0%										
3.3.1 Taller de avance del proyecto	3.3.1.1 Taller M&C	No iniciado	0%										
3.3.1 Taller de avance del proyecto	3.3.1.2 Taller Apoyo Logístico	No iniciado	0%										
3.4.1 Auditorías de Informes	3.4.1 Auditorías de Informes • Auditoría de Identificación de Activos Críticos Confirmar que los activos iniciales (bombas, piping, estanques, sistemas críticos) estén correctamente clasificados con criterios de criticidad.	No iniciado	0%										
3.4.1 Auditorías de Informes	3.4.1 Auditorías de Informes • Auditoría de Metodología LCC (Costo de Ciclo de Vida)	No iniciado	0%										
<table border="1"> <tr> <td>Duración de Etapa</td> <td>59</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de Actividades</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Cumplimiento</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Cantidad Documentos</td> <td>4</td> </tr> </table>						Duración de Etapa	59	Cantidad de Actividades	9	Cumplimiento	0%	Cantidad Documentos	4
Duración de Etapa	59												
Cantidad de Actividades	9												
Cumplimiento	0%												
Cantidad Documentos	4												

ETAPA DE CONTROL

1-Estudio

2-Prefactibilidad

3-Factibilidad

4-Ejecución

PORTADA

4.1 Costo ciclo de vida

Proceso	Actividades	Estado	% Avance
4.1.1 Análisis de los Costos del Ciclo de Vida	4.1 Costo ciclo de vida 4.1.1.1 Estimación del monto de inversiones en infraestructura para mantenimiento y repuestos capitalizables.	No iniciado	0%
4.1.1 Análisis de los Costos del Ciclo de Vida	4.1 Costo ciclo de vida 4.1.1.2 Estimación del presupuesto de operaciones para mantenimiento a lo largo del ciclo de vida.	No iniciado	0%
4.2.1 Informe semanales curva de avance	4.2 Informes de Avance 4.2.1.1 Informe semanal de curva de avance (consolidado de hitos iniciales y avance del proyecto).	No iniciado	0%

Duración de Etapa
21

Cantidad de Actividades
3

Cumplimiento
0%

Cantidad Documentos
2

ETAPA DE CIERRE

1-Estudio

2-Prefactibilidad

3-Factibilidad

4-Ejecución

PORTADA

5.1 Consolidación NCC-30 (Cierre)

Proceso	Actividades	Estado	% Avance
5.1.1 Informes Talleres	5.1.1.1 Informe de Taller Final con los capítulos desarrollados durante la etapa de estudio. Consolidar resultados de talleres de M&C y Apoyo Logístico.	No iniciado	0%
5.1.1 Informes Talleres	5.1.1.1 Informe de Taller Final con los capítulos desarrollados durante la etapa de estudio. Documentar acuerdos y brechas identificadas.	No iniciado	0%
5.1.2 Informe final NCC-30	5.1.2.1 Informe Final NCC-30 con capítulos desarrollados en fase de estudio. Diagnóstico preliminar de mantenibilidad y confiabilidad.	No iniciado	0%
5.1.2 Informe final NCC-30	5.1.2.1 Informe Final NCC-30 con capítulos desarrollados en fase de estudio. Recomendaciones iniciales para etapas siguientes.	No iniciado	0%

Duración de Etapa
16

Cantidad de Actividades
4

Cumplimiento
0%

Cantidad Documentos
2