



**REPÚBLICA DE PANAMÁ**  
**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**  
**LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL CON ÉNFASIS EN DESARROLLO**  
**EMPRESARIAL**

**PLAN DE FORTALECIMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD**  
**INDUSTRIAL EN EL PROYECTO AMPLIACIÓN CPA, CASO CONSTRUCTORA**  
**MECO**

**TRABAJO DE GRADO DE LICENCIATURA PRESENTADO PARA OPTAR AL**  
**GRADO DE LICENCIADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL CON ÉNFASIS EN**  
**DESARROLLO EMPRESARIAL**

**Tutor:** Michael Castillo

**Autor:** Carlos Alexis Rodríguez

**Ciudad de Panamá, junio de 2026.**



**REPÚBLICA DE PANAMÁ**  
**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**  
**LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL CON ÉNFASIS EN DESARROLLO**  
**EMPRESARIAL**

**PLAN DE FORTALECIMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD**  
**INDUSTRIAL EN EL PROYECTO AMPLIACIÓN CPA, CASO CONSTRUCTORA**  
**MECO**

**TRABAJO DE GRADO DE LICENCIATURA PRESENTADO PARA OPTAR AL**  
**GRADO DE LICENCIADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL CON ÉNFASIS EN**  
**DESARROLLO EMPRESARIAL**

**Autor:** Carlos Alexis Rodríguez

**Ciudad de Panamá, junio de 2026.**



Ciudad de Panamá, 30 de mayo de 2026

Profesor

Héctor Mazurkiewicz

Coordinador del Comité de Titulación de Estudios de Grado y Postgrado

Presente.

En mi carácter de Tutor del Trabajo de Grado de Licenciatura, presentado por el Bachiller, Carlos Alexis Rodríguez Núñez, para optar al grado de Licenciado en Ingeniería Industrial con énfasis en Desarrollo Empresarial, considero que el trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Jurado examinador que se designe.

Atentamente,

Ing. Michael Castillo



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**

**INFORME DE ACTIVIDADES DE TUTORÍA OPCIÓN DE TITULACIÓN DE  
TRABAJO DE GRADO DE LICENCIATURA**

**Carrera de Licenciatura en Ingeniería Industrial con énfasis en Desarrollo Empresarial**

**Estudiante:** Carlos Alexis Rodríguez Núñez con cedula de identidad personal 9-722-1006

**Tutor:** Prof. Michael Castillo

**Título del trabajo de grado:** PLAN DE FORTALECIMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN EL PROYECTO AMPLIACIÓN CPA, CASO CONSTRUCTORA MECO

**Línea de Investigación:** aplicada, proyectiva.

| SESIÓN | FECHA               | HORA    | ASPECTO TRATADO                                                                                                                  | OBSERVACION                                                                    |
|--------|---------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|        |                     | REUNIÓN |                                                                                                                                  |                                                                                |
| 1.     | 16<br>abril<br>2026 | 20:16   | Delimitación del tema de investigación, estructuración preliminar del planteamiento del problema, objetivos y alcance operativo. | Se reestructuró el título inicial por exceder la longitud técnica recomendada. |
| 2.     | 30<br>abril<br>2026 | 20:30   | Revisión analítica, corrección estilística y aprobación final del                                                                | Documento indexado y aprobado para el                                          |

|    |                     |       |                                                                                                                   |                                                                                                            |
|----|---------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                     |       | anteproyecto de investigación.                                                                                    | inicio del desarrollo formal del TGL.                                                                      |
| 3. | 15<br>mayo<br>2026  | 21:00 | Revisión detallada del Capítulo I (Planteamiento del Problema) y adecuación andragógica del texto.                | Se amplió la fundamentación del problema con base en la teoría de costos ocultos de siniestralidad.        |
| 4. | 28<br>mayo<br>2026  | 17:45 | Formulación de la Hipótesis General y Específicas del TGL, y revisión técnica del Capítulo II (Marco Teórico).    | Se actualizaron rígidamente las citas bibliográficas al rango vigente (2021-2026) según APA 7.             |
| 5. | 10<br>junio<br>2026 | 18:30 | Revisión metodológica del Capítulo III y evaluación estadística paramétrica del Capítulo IV (Resultados).         | Se validaron los tamaños muestrales críticos del diagnóstico situacional en campo (N=20) y (N=100).        |
| 6. | 15<br>junio<br>2026 | 15:00 | Corrección analítica de la Tabla 3, desagregación de paneles gráficos e interpretación cualitativa de resultados. | Se aislaron las gráficas estadísticas y se depuraron los errores tipográficos en las matrices predictivas. |

|    |                     |       |                                                                                                                                                         |                                                                                                                           |
|----|---------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7. | 19<br>junio<br>2026 | 19:00 | Revisión técnica del<br>Capítulo V (La Propuesta),<br>arquitectura modular de la<br><i>SafeWork App</i> y cuadro de<br>mando de indicadores<br>líderes. | Se verificó la<br>viabilidad de la<br>solución<br>tecnológica frente a<br>las brechas<br>conductuales del<br>diagnóstico. |
| 8. | 22<br>junio         | 18:30 | Evaluación final del<br>documento integrado,<br>validación de conclusiones,<br>recomendaciones y emisión<br>del Visto Bueno.                            | Trabajo de grado<br>aprobado al 100%<br>y firmado<br>formalmente por el<br>tutor para su<br>entrega formal y<br>defensa.  |

***Tabla 1. informe de actividades***

**Título definitivo:** PLAN DE FORTALECIMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN EL PROYECTO AMPLIACIÓN CPA

**Comentarios finales acerca de la investigación:** Declaramos que las especificaciones anteriores representan el proceso de dirección del trabajo de grado arriba mencionado.



**Tutor**



**Estudiante**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios por permitirme llegar hasta este momento tan importante en mi vida.

A mis padres, por su amor, apoyo incondicional y por haberme inculcado valores que han guiado mi formación personal y profesional.

A mis hermanos, por su compañía y motivación constante durante este proceso.

De manera especial, a mi esposa, por su paciencia, comprensión y apoyo incondicional en cada etapa de este camino, siendo un pilar fundamental en el logro de este objetivo.

A mis hijas, quienes son mi mayor motivación y razón para superarme cada día, inspirándome a seguir adelante y alcanzar nuevas metas.

## **RECONOCIMIENTO**

Agradezco a Dios por brindarme la sabiduría y fortaleza necesarias para culminar este trabajo.

Expreso mi sincero agradecimiento a mi tutor por su orientación, apoyo y valiosas recomendaciones durante el desarrollo de esta investigación.

A la empresa Constructora MECO, por brindarme la oportunidad de desarrollar este estudio en su organización.

A mi familia, especialmente a mis padres, hermanos, esposa e hijas, por su apoyo constante, comprensión y motivación, quienes fueron fundamentales para lograr la culminación de este importante objetivo académico.

**Carlos Alexis**

## ÍNDICE

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INFORME DE ACTIVIDADES DE TUTORÍA OPCIÓN DE TITULACIÓN DE TRABAJO DE GRADO DE LICENCIATURA ..... | 4  |
| DEDICATORIA .....                                                                                | 7  |
| RECONOCIMIENTO .....                                                                             | 7  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                                                          | 10 |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                                                                           | 10 |
| RESUMEN.....                                                                                     | 11 |
| ABSTRACT .....                                                                                   | 12 |
| INTRODUCCIÓN.....                                                                                | 13 |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                                                      | 15 |
| 1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....                                                                | 15 |
| 1.2 INFORMACIÓN DE LA EMPRESA BENEFICIADA .....                                                  | 17 |
| 1.2.1 PREGUNTA GENERAL .....                                                                     | 18 |
| 1.2.2 PREGUNTAS ESPECÍFICAS .....                                                                | 19 |
| 1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....                                                          | 19 |
| 1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....                                                                     | 19 |
| 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                                                | 19 |
| 1.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....                                                          | 20 |
| 1.4.1 HIPÓTESIS GENERAL .....                                                                    | 20 |
| 1.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....                                                                | 20 |
| 1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....                                                      | 21 |
| 1.6 ALCANCE Y DELIMITACIÓN .....                                                                 | 22 |
| 1.6.1 ALCANCE.....                                                                               | 22 |
| 1.6.2 DELIMITACIÓN .....                                                                         | 23 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....                                                                  | 25 |
| 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....                                                       | 25 |
| 2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....                                                         | 25 |
| 2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES .....                                                              | 26 |
| 2.2 MARCO LEGAL Y NORMATIVO DE LA SEGURIDAD EN PANAMÁ.....                                       | 27 |
| 2.2.1 EL DECRETO EJECUTIVO NO. 2 DE 15 DE FEBRERO DE 2008 .....                                  | 27 |
| 2.2.2 LEY ORGÁNICA DE LA CAJA DE SEGURO SOCIAL (LEY 51 DE 2005) .....                            | 28 |
| 2.2.3 ROL FISCALIZADOR DEL MINISTERIO DE TRABAJO (MITRADEL) .....                                | 28 |
| 2.3 DESGLOSE DE RIESGOS CRÍTICOS EN OBRAS VIALES .....                                           | 29 |
| 2.3.1 RIESGOS POR EXCAVACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES .....                                   | 29 |
| 2.3.2 RIESGO VIAL POR TRÁFICO CONCURRENTES .....                                                 | 29 |
| 2.4 ANÁLISIS PROFUNDO DE LA NORMA ISO 45001:2018 .....                                           | 30 |
| 2.4.1 EL ENFOQUE BASADO EN RIESGOS Y PENSAMIENTO PREDICTIVO .....                                | 30 |

|       |                                                                                 |    |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4.2 | EL CICLO PHVA APLICADO A PROCESOS CONSTRUCTIVOS.....                            | 30 |
| 2.4.3 | INDICADORES LÍDERES VS. INDICADORES REZAGADOS .....                             | 30 |
| 2.5   | FACTORES HUMANOS Y COMPORTAMIENTO EN LA CONSTRUCCIÓN .....                      | 31 |
| 2.5.1 | LA TEORÍA DE LA SEGURIDAD BASADA EN EL COMPORTAMIENTO (SBC).....                | 31 |
| 2.5.2 | LA BRECHA DE IMPLEMENTACIÓN DOCUMENTAL .....                                    | 31 |
| 2.6   | CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD INDUSTRIAL .....                                      | 31 |
| 2.6.1 | ENFOQUES MODERNOS DE FORMACIÓN Y ANDRAGOGÍA LABORAL .....                       | 32 |
| 2.6.2 | PROGRAMAS DE INDUCCIÓN DE SEGURIDAD EN MEGAPROYECTOS VIALES .....               | 32 |
| 2.6.3 | CONCIENTIZACIÓN, CULTURA DE SEGURIDAD Y BARRERAS DE APRENDIZAJE ....            | 33 |
| 2.7   | INDICADORES DE GESTIÓN EN SEGURIDAD .....                                       | 34 |
| 2.7.1 | DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE KPIS DE SEGURIDAD .....             | 34 |
| 2.7.2 | INDICADORES REZAGADOS O REACTIVOS (LAGGING INDICATORS).....                     | 35 |
| 2.7.3 | INDICADORES LÍDERES O PROACTIVOS (LEADING INDICATORS).....                      | 35 |
| 2.8   | MEJORA CONTINUA EN SISTEMAS DE SEGURIDAD.....                                   | 37 |
| 2.8.1 | EL CICLO PHVA (PLANIFICAR, HACER, VERIFICAR, ACTUAR).....                       | 37 |
| 2.8.2 | AUDITORÍAS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE SST .....                                  | 38 |
| 2.8.3 | ACCIONES CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS (METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ)..... | 39 |
|       | CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....                                          | 41 |
| 3.1   | TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....                                            | 41 |
| 3.2   | POBLACIÓN Y MUESTRA .....                                                       | 42 |
| 3.2.1 | POBLACIÓN.....                                                                  | 42 |
| 3.2.2 | MUESTRA.....                                                                    | 42 |
| 3.3   | VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....                                              | 43 |
| 3.4   | OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....                                        | 44 |
| 3.5   | TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....                                          | 44 |
| 3.6   | INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....                                      | 45 |
| 3.7   | VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS .....                            | 46 |
| 3.8   | PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN.....                                                | 46 |
| 3.9   | TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS .....                                       | 47 |
|       | CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....                        | 49 |
| 4.1   | TABULACIÓN Y ANÁLISIS DE LA MUESTRA SELECCIONADA .....                          | 49 |
| 4.1.1 | DIAGNÓSTICO DE CUMPLIMIENTO TÉCNICO-NORMATIVO .....                             | 49 |
| 4.1.2 | DISTRIBUCIÓN DE ACTOS Y CONDICIONES INSEGURAS (FACTORES CONDUCTUALES) .....     | 52 |
| 4.2   | DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....                                                    | 54 |
|       | CAPÍTULO V – PROPUESTA Y ANÁLISIS TÉCNICO PROFUNDO .....                        | 57 |
| 5.1   | ANÁLISIS CRÍTICO Y DIAGNÓSTICO DE VULNERABILIDADES ESTRUCTURALES .....          | 57 |

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.2 DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE LA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA: SAFEWORK APP ..... | 59 |
| 5.2.1 MÓDULO 1: DIGITAL INSPECT (LISTAS DE CHEQUEO AUTOMATIZADAS) .....  | 59 |
| 5.2.2 MÓDULO 2: NEAR-MISS REPORT (CANAL PROACTIVO DESCENTRALIZADO) ..... | 60 |
| 5.2.3 MÓDULO 3: SMART ACADEMY (MICROAPRENDIZAJE ANDRAGÓGICO) .....       | 60 |
| 5.3 FIGURA DE MANDO INTEGRAL Y AUTOMATIZACIÓN DE KPIS LÍDERES.....       | 60 |
| CONCLUSIONES.....                                                        | 63 |
| RECOMENDACIONES .....                                                    | 65 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                          | 67 |
| ANEXO 1 CONTENIDO DE ENTREVISTA .....                                    | 70 |
| ANEXO 2: LISTA DE CHEQUEO DE SEGURIDAD .....                             | 72 |
| ANEXO 3: FORMATO DE OBSERVACIÓN DE CAMPO .....                           | 74 |
| ANEXO 4: EVIDENCIA DE RESULTADOS .....                                   | 76 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>FIGURA 1.</b> DATOS DE LA TABLA 2, ENTIBADOS Y EXCAVACIONES (N=20)_ .....                                                             | 51 |
| <b>FIGURA 2.</b> DATOS DE LA TABLA 3, DISTRIBUCIÓN DE ACTOS Y CONDICIONES INSEGURAS (N=100)_ .....                                       | 53 |
| <b>FIGURA 3.</b> DETERIORO DE INDICADORES Y DESEMPEÑO OPERACIONAL, DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE LA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA: SAFEWORK APP_ ..... | 59 |
| <b>FIGURA 4.</b> FIGURA DE MANDO INTEGRAL Y AUTOMATIZACIÓN DE KPIS LÍDERES .....                                                         | 61 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>TABLA 1.</b> INFORME DE ACTIVIDADES .....                                                              | 6   |
| <b>TABLA 2.</b> DESGLOSE DE INDICADORES LÍDERES (PROACTIVOS) PARA EL MONITOREO EN TIEMPO REAL .....       | -36 |
| <b>TABLA 3 -</b> PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO DE ESTÁNDARES TÉCNICOS DE SST EN LOS FRENTES DE TRABAJO ..... | 50  |
| <b>TABLA 4 -</b> TIPIFICACIÓN Y FRECUENCIA DE ACTOS E INCIDENTES CONDUCTUALES IDENTIFICADOS.....          | 52  |



**REPÚBLICA DE PANAMÁ**  
**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**

**PLAN DE FORTALECIMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE  
SEGURIDAD INDUSTRIAL EN EL PROYECTO AMPLIACIÓN CPA,  
CASO CONSTRUCTORA MECO**

**TUTOR:** Michael Castillo

**AUTOR:** Carlos Alexis Rodríguez Nuñez

**AÑO:** 2026

**RESUMEN**

El presente trabajo de investigación se centró en el diseño de un sistema dinámico de gestión de riesgos para el **Proyecto de Ampliación de la CPA, Caso Constructora MECO**, con el objetivo de mitigar la alta accidentabilidad en obras de infraestructura vial. La metodología aplicada se basó en un enfoque mixto (cualicuantitativo), de alcance descriptivo y diseño no experimental, utilizando como instrumentos encuestas dirigidas al personal operativo y entrevistas semiestructuradas a los encargados de seguridad. Los principales referentes teóricos incluyeron la Norma ISO 45001:2018 y modelos de seguridad basada en el comportamiento. Los resultados demostraron que los controles estáticos actuales son insuficientes ante la variabilidad del terreno y los puntos ciegos de la maquinaria. Como propuesta, se diseñó la arquitectura de la "SafeWork App", una herramienta tecnológica para el reporte y análisis de riesgos en tiempo real. Se concluye que la digitalización y el dinamismo en la gestión preventiva reducen significativamente el factor de riesgo humano.

Palabras clave: Gestión de Riesgos, Infraestructura Vial, ISO 45001, SafeWork App, Seguridad Laboral.



**REPÚBLICA DE PANAMÁ  
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**

**PLAN DE FORTALECIMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE  
SEGURIDAD INDUSTRIAL EN EL PROYECTO AMPLIACIÓN CPA,  
CASO CONSTRUCTORA MECO**

**TUTOR:** Michael Castillo

**AUTOR:** Carlos Alexis Rodríguez Nuñez

**AÑO:** 2026

**ABSTRACT**

The present research work focused on the design of a dynamic risk management system for the **CPA Expansion Project, Constructora MECO Case**, with the objective of mitigating the high accident rate in road infrastructure works. The applied methodology was based on a mixed approach (qualitative-quantitative), with a descriptive scope and a non-experimental design, using surveys directed at operational personnel and semi-structured interviews with safety managers as instruments. The main theoretical frameworks included the ISO 45001:2018 Standard and behavior-based safety models. The results demonstrated that current static controls are insufficient given terrain variability and machinery blind spots. As a proposal, the architecture of the "SafeWork App" was designed, a technological tool for real-time risk reporting and analysis. It is concluded that digitalization and dynamism in preventive management significantly reduce the human risk factor.

Keywords: Risk Management, Road Infrastructure, ISO 45001, SafeWork App, Occupational Safety.

## INTRODUCCIÓN

La Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) ha evolucionado de ser una exigencia puramente legal para convertirse en un pilar estratégico indispensable para la eficiencia operativa y la sostenibilidad de las organizaciones contemporáneas. En el sector de la construcción, caracterizado por una alta dinámica de riesgos físicos, ergonómicos y mecánicos, la gestión preventiva se vuelve un desafío crítico que impacta de forma directa en la vida de los trabajadores y en los costos operativos de los proyectos.

El presente trabajo de grado se enfoca en el diseño de un "Plan de Fortalecimiento del Sistema de Gestión de Seguridad Industrial en el Proyecto Ampliación CPA", tomando como objeto de estudio el caso de la Constructora MECO en la República de Panamá. A pesar de contar con estructuras normativas previas, la fase de ejecución en campo suele presentar brechas significativas entre los manuales escritos y la práctica diaria de los trabajadores y contratistas.

A lo largo de esta investigación, se desarrolla un diagnóstico profundo utilizando un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo) para identificar las debilidades del sistema actual. El documento se estructura en cinco capítulos: el Capítulo I delimita el planteamiento y objetivos de la investigación; el Capítulo II consolida el marco teórico y el estado del arte bajo el estándar internacional ISO 45001:2018; el Capítulo III describe la ruta metodológica y las herramientas de recolección de información; el Capítulo IV presenta los resultados obtenidos; y finalmente, el Capítulo V despliega un análisis técnico profundo de los hallazgos estructurales y la propuesta de mejora tecnológica y operativa. Con esto, se busca no solo proteger el capital humano, sino optimizar los indicadores de productividad de la obra.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El presente capítulo expone la base estructural y la delimitación científica de la investigación. A través de sus secciones, se desglosa el planteamiento del problema analizando la brecha de seguridad en el megaproyecto vial, se formulan las preguntas orientadoras, se definen los objetivos generales y específicos, se plantean las hipótesis de trabajo, y se justifica la relevancia del estudio junto con su alcance y delimitación metodológica en el campo de la ingeniería industrial.

### **1.1 Definición Del Problema**

La gestión moderna de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) en megaproyectos de infraestructura vial constituye un desafío multidimensional que trasciende el mero cumplimiento normativo de carácter reactivo. Bajo el prisma de la Ingeniería Industrial y el Desarrollo Empresarial, un sistema de prevención deficiente no se limita a comprometer la integridad bio-psico-social del capital humano. En su lugar, actúa como un agente de desestabilización operativa crítica: merma drásticamente los márgenes de productividad, incrementa los costos ocultos por siniestralidad (como tiempos muertos y primas de seguro), provoca cuellos de botella en los cronogramas físicos de entrega y deteriora de forma irreversible el valor reputacional de la marca corporativa.

En el sector de la construcción de obras civiles pesadas, caracterizado intrínsecamente por una alta variabilidad de procesos dinámicos, la coexistencia simultánea de múltiples frentes de trabajo y la interacción continua con factores ambientales incontrolables, el diseño preventivo se convierte en la variable estratégica más crítica para asegurar la continuidad de los procesos.

Particularmente, en el contexto de la República de Panamá, en el Proyecto Ampliación CPA (específicamente en el Tramo El Espino – Sajalices y la Variante Campana), bajo la ejecución de la Constructora MECO, representa una obra civil de

gran envergadura e importancia logística para la conectividad nacional. La naturaleza física y constructiva de este proyecto involucra actividades de alto riesgo crítico. Entre ellas destacan las excavaciones masivas a cielo abierto, la estabilización de taludes de gran pendiente, el movimiento de tierras mediante maquinaria pesada de gran tonelaje, el izaje y montaje de estructuras prefabricadas de concreto, y la ejecución de pavimentación asfáltica de forma adyacente a un flujo vehicular activo de alta velocidad.

Esta complejidad operativa se ve exponencialmente multiplicada debido a la descentralización de la mano de obra, la cual se encuentra distribuida a lo largo de un eje longitudinal extenso, y por la incorporación masiva de empresas contratistas y subcontratistas externos. Estos terceros suelen operar bajo regímenes de supervisión heterogéneos y presentan brechas marcadas en sus respectivas culturas de seguridad, lo que rompe la estandarización y la uniformidad de las directrices corporativas dictadas originalmente por la constructora principal.

A pesar de que la Constructora MECO posee un andamiaje documental robusto, respaldado por políticas institucionales y manuales formales de seguridad industrial, las observaciones preliminares en campo revelan una marcada "brecha de implementación". Este fenómeno, recurrente en la industria pesada, se define como la desconexión operativa entre el plano prescriptivo (el sistema de gestión documental) y el plano real de ejecución en sitio (el comportamiento cotidiano del trabajador y la supervisión de línea).

Entre las manifestaciones críticas identificadas en las inspecciones de campo se encuentran las siguientes:

- **Uso inconsistente de EPP:** Incumplimiento parcial en el uso de Equipos de Protección Personal específicos, condicionado por la percepción de incomodidad física por parte de los obreros.
- **Subregistro de incidentes:** Tendencia generalizada a omitir el reporte de incidentes menores o cuasi-accidentes (near-misses) debido al temor de generar retrasos en los rendimientos y avances de obra exigidos.

- **Ausencia de protección colectiva:** Escasa presencia y despliegue de Equipos de Protección Colectiva (EPC) de carácter fijo y estandarizado, lo que traslada de forma errónea toda la responsabilidad de la seguridad al EPP individual.
- **Capacitaciones monótonas:** Un esquema de capacitación tradicional que el personal operativo percibe como monótono, excesivamente teórico y descontextualizado de los riesgos dinámicos reales de cada frente operativo.

Desde una perspectiva sociotécnica, estas debilidades estructurales configuran un escenario latente de alta vulnerabilidad. Al analizar esta problemática bajo la teoría de causalidad de Frank Bird (Pirámide de Bird), la acumulación descontrolada y sistemática de actos inseguros y condiciones subestándar no corregidas en las jornadas diarias eleva de forma matemática y estadística la probabilidad de ocurrencia de un accidente con potencial incapacitante o fatal.

Por consiguiente, el problema raíz del proyecto no radica en la ausencia de regulaciones escritas, sino en la falta de un mecanismo dinámico, tecnológico y participativo. Se requiere un sistema que permita el control predictivo de los riesgos en tiempo real, el monitoreo continuo de indicadores líderes (proactivos) y el fomento de una cultura preventiva interdependiente, alineada firmemente con los estándares globales de excelencia operacional como la norma internacional ISO 45001:2018.

## **1.2 Información de la empresa beneficiada**

Constructora MECO, S.A. es una empresa de origen costarricense con una sólida trayectoria y operaciones consolidadas en la República de Panamá, dedicada al sector de la construcción pesada y el desarrollo de megaproyectos de infraestructura vial y obra civil. Sus oficinas técnicas e instalaciones operativas para el objeto de estudio se circunscriben geográficamente a las áreas de ejecución del Proyecto Ampliación CPA (específicamente en el Tramo El Espino - Sajalices y la

Variante Campana), una obra de gran envergadura e importancia logística para la conectividad y el transporte a nivel nacional y regional.

La compañía opera múltiples y complejos frentes de trabajo simultáneos que involucran actividades de alto riesgo crítico, tales como excavaciones masivas a cielo abierto, estabilización de taludes, movimiento de tierras con maquinaria pesada de gran tonelaje, izaje de estructuras prefabricadas y pavimentación asfáltica adyacente a flujos vehiculares activos. Estos procesos requieren los más altos estándares de control operacional, supervisión y uniformidad técnica para mitigar la siniestralidad, garantizar la eficiencia de la operación y salvaguardar la integridad del capital humano.

El autor del presente trabajo de grado, Carlos Alexis Rodríguez Núñez, desarrolló esta investigación en calidad de investigador y analista en el propio ecosistema laboral de la obra, interactuando directamente con el personal operativo, supervisores, capataces e inspectores de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST). Esta posición otorgó un acceso directo in situ a los frentes de trabajo críticos, a los registros documentales de siniestralidad y al personal clave involucrado, permitiendo levantar un diagnóstico fidedigno y proponer un plan tecnológico dinámico para resolver la problemática identificada.

Con el propósito de delimitar científicamente el objeto de estudio, se establecen las siguientes preguntas de investigación:

### **1.2.1 Pregunta General**

- ¿De qué manera un plan de fortalecimiento basado en la norma ISO 45001:2018 y herramientas tecnológicas optimizará el sistema de gestión de seguridad industrial en el Proyecto Ampliación CPA ejecutado por la Constructora MECO?

### **1.2.2 Preguntas Específicas**

- ¿Cuál es el estado de cumplimiento actual y cuáles son las brechas operativas del sistema de gestión de seguridad industrial existente en los frentes de trabajo del Proyecto Corredor de las Playas?
- ¿Qué factores organizacionales, conductuales y de supervisión afectan directamente la efectividad de las prácticas de prevención de riesgos laborales en la obra?
- ¿Qué estrategias técnico-operativas y tecnológicas son viables para mitigar los actos y condiciones inseguras en la ejecución del proyecto?
- ¿Cómo evaluar la efectividad e impacto del plan de fortalecimiento propuesto en el desempeño de la seguridad de la empresa?

## **1.3 Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar un plan de fortalecimiento del sistema de gestión de seguridad industrial en el Proyecto Ampliación CPA, mediante la integración de la norma ISO 45001:2018 y herramientas de control en tiempo real, con el propósito de mitigar los riesgos laborales, reducir la siniestralidad y optimizar el desempeño operativo general de la obra.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Diagnosticar el estado de madurez actual del sistema de gestión de seguridad industrial de la Constructora MECO en el proyecto a través de herramientas estadísticas y de observación directa.
- Identificar y jerarquizar los principales riesgos laborales y brechas de cumplimiento técnico-normativo en los frentes de trabajo operativos.

- Analizar de forma crítica las prácticas de capacitación, los métodos de supervisión en campo y los mecanismos de control implementados por la empresa principal y sus contratistas asociados.
- Desarrollar una propuesta de mejora basada en programas dinámicos de formación, esquemas de supervisión rigurosos y una solución tecnológica móvil para el reporte predictivo de riesgos.
- Estructurar un tablero de indicadores clave de rendimiento (KPI) de seguridad que permita evaluar de forma cuantitativa y cualitativa la efectividad y sostenibilidad del plan propuesto.

## **1.4 Hipótesis de la Investigación**

### **1.4.1 Hipótesis General**

La propuesta y eventual implementación de un plan de fortalecimiento del sistema de gestión de seguridad industrial, sustentado en la capacitación práctica continua, la reingeniería de la supervisión operativa, el fomento de una cultura preventiva interdependiente y el soporte de herramientas tecnológicas móviles incrementará significativamente el porcentaje de cumplimiento normativo en campo y reducirá la tasa de actos inseguros en el Proyecto Ampliación CPA.

### **1.4.2 Hipótesis Específicas**

- **H1:** La sustitución de capacitaciones teóricas por un programa dinámico y práctico de formación continua elevará el índice de cumplimiento en el uso correcto de Equipos de Protección Personal (EPP) por encima del 95% reglamentario.
- **H2:** El establecimiento de un sistema de supervisión basado en listas de chequeo digitales y reportes en tiempo real minimizará la brecha existente entre los procedimientos escritos y la ejecución real en los frentes de trabajo.

- **H3:** El desarrollo de una cultura de seguridad participativa, mediante incentivos y canales directos de reporte, disminuirá la frecuencia de conductas subestándar y aumentará el registro proactivo de cuasi-accidentes.

## 1.5 Justificación de la Investigación

El desarrollo de la presente investigación posee una sólida fundamentación que se justifica desde múltiples dimensiones estratégicas dentro del campo de la Ingeniería Industrial:

- **Justificación Práctica:** El estudio provee una solución metodológica directa a una problemática real y crítica de la industria pesada panameña. Al diseñar un plan de fortalecimiento diseñado a la medida de la Constructora MECO, se dota a la organización de herramientas operativas aplicables que impactarán directamente en la reducción de incidentes, disminuyendo las pérdidas económicas por paros de obra y optimizando los flujos de trabajo en un megaproyecto activo.
- **Justificación Organizacional:** Desde la perspectiva de la gestión empresarial, un sistema de seguridad robusto optimiza la toma de decisiones estratégicas basadas en datos analíticos y no en reacciones empíricas. Asimismo, mejora los canales de comunicación y coordinación técnica entre la alta gerencia, los ingenieros de campo, los técnicos de SST, las empresas subcontratistas y el personal obrero, promoviendo una alineación de objetivos orientada a la excelencia operacional.
- **Justificación Académica:** Este trabajo de grado se justifica académicamente ya que sirve como puente de aplicación práctica para los conocimientos avanzados de la Licenciatura en Ingeniería Industrial. Integra de forma sistémica teorías de gestión de procesos, metodologías de mejora continua (Ciclo PHVA), ingeniería humana, administración del talento y salud ocupacional, aplicadas a un escenario real de alta complejidad técnica.

- **Justificación Social y Humana:** La relevancia social de esta investigación es prioritaria, puesto que el fin último de la seguridad industrial es salvaguardar la vida, la integridad física y la salud de la clase trabajadora. El sector construcción es históricamente uno de los más vulnerables en cuanto a tasas de accidentalidad; por ende, mitigar estos riesgos mitiga también los devastadores impactos familiares, económicos y sociales que provocan los accidentes graves o fatales en la sociedad panameña. La implementación de este plan no solo optimiza los procesos organizacionales, sino que impacta directamente en el factor humano. Como señalan **García y López (2023)**, la capacitación dinámica bajo un enfoque de andragogía laboral es una de las claves fundamentales para la mitigación de actos inseguros en proyectos de ingeniería, garantizando que el personal asimile eficazmente los protocolos de prevención.

## **1.6 Alcance y Delimitación**

### **1.6.1 Alcance**

La investigación abarca el diseño integral del Plan de Fortalecimiento del Sistema de Gestión de Seguridad Industrial, fundamentado en las directrices de la norma internacional ISO 45001:2018 y la legislación laboral panameña aplicable. El estudio contempla la fase de diagnóstico situacional, la identificación de peligros, la evaluación de riesgos en actividades críticas de viabilidad y la estructuración de las estrategias de mejora operativa y tecnológica. Incluye activamente en su enfoque mixto a todo el ecosistema humano del proyecto: personal operativo directo, supervisores de línea, inspectores de SST, ingenieros residentes y el personal técnico de las empresas contratistas.

### **1.6.2 Delimitación**

**Delimitación Espacial:** El estudio se circunscribe geográficamente a las áreas de ejecución operativa del Proyecto Ampliación CPA (Tramo El Espino – Sajalices y Variante Campana), administrado por las oficinas técnicas de la Constructora MECO en la República de Panamá.

**Delimitación Temporal:** La recolección de datos, el análisis documental de siniestralidad y la evaluación del desempeño en campo corresponden estrictamente al periodo del año 2026, reflejando las condiciones operativas vigentes de la obra durante dicho ciclo.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

El presente capítulo constituye el soporte epistemológico, conceptual y técnico que sustenta científicamente la investigación. En sus secciones se desglosan de forma multidimensional los antecedentes históricos y de ingeniería relacionados con la seguridad vial, el marco legal vinculante de la República de Panamá, la fundamentación técnica detallada de la norma internacional ISO 45001:2018, las teorías de causalidad de accidentes y la ingeniería de riesgos aplicada a megaproyectos. Con esto, se establece un marco de referencia robusto para mitigar la siniestralidad en la industria de la construcción pesada.

### **2.1 Antecedentes de la Investigación**

La gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SST) en la industria de las obras civiles pesadas ha sido objeto de estudio global debido a sus elevados índices de siniestralidad intrínseca.

#### **2.1.1 Antecedentes Internacionales**

**Rodríguez (2021)**, en su investigación doctoral titulada Optimización de sistemas de gestión de SST en obras de infraestructura lineal, desarrollada en la Universidad Politécnica de Madrid, analizó el comportamiento operativo de proyectos viales superiores a los 50 kilómetros de extensión. En su estudio, concluyó que la dispersión geográfica de los frentes de trabajo y la naturaleza dinámica de las obras viales reducen en un 40% la eficacia de las inspecciones tradicionales basadas en formatos analógicos de papel. Rodríguez demostró mediante modelado estadístico que la latencia temporal, el tiempo que transcurre entre la detección de un peligro en campo y la implementación de la acción correctiva por la alta gerencia disminuye de 4.2 días a un promedio de 1.8 horas cuando se integran tecnologías móviles de reporte predictivo. Esto resalta la necesidad imperiosa de transicionar hacia un

control digitalizado y centralizado en tiempo real para garantizar la continuidad operativa.

Por su parte, **Silva y Méndez (2023)**, en su artículo científico Liderazgo operativo y la norma ISO 45001 en proyectos viales de alta complejidad, evaluaron cuantitativamente a 12 constructoras de infraestructura en Lima, Perú. Los autores demostraron mediante análisis de varianza (ANOVA) que el liderazgo activo de la supervisión de línea (ingenieros residentes y capataces) disminuye los actos inseguros en un 35% durante el primer semestre de aplicación. Su hallazgo principal determinó que el éxito de un sistema de gestión no radica en el volumen de su documentación escrita, sino en el grado de descentralización de la responsabilidad preventiva hacia los líderes naturales de los frentes de trabajo.

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

En el ámbito de la República de Panamá, **Martínez (2022)**, en su tesis de maestría para la Universidad Tecnológica de Panamá enfocada en el Impacto socioeconómico de los accidentes laborales en megaproyectos de infraestructura urbana, evidenció que el 70% de las constructoras principales en el país transfieren de manera errónea la responsabilidad operativa de la prevención a las empresas subcontratistas. Esta fragmentación de la cultura preventiva fragmenta los estándares de control, generando brechas de seguridad donde los trabajadores de terceros operan bajo un esquema de vulnerabilidad técnica superior al del personal de planilla directa.

Asimismo, los hallazgos de Martínez señalaron que los costos ocultos de la siniestralidad tales como la paralización forzada de frentes de obra por orden judicial, la pérdida de ritmo en las líneas de producción asfáltica y el ausentismo laboral calificado representan en promedio un incremento del 12% sobre el presupuesto de imprevistos originalmente asignado al proyecto.

## **2.2 Marco Legal y Normativo de la Seguridad en Panamá**

La industria de la construcción en Panamá se encuentra estrictamente regulada por un compendio jurídico piramidal que busca salvaguardar la integridad bio-psico-social de los trabajadores y penalizar la negligencia corporativa.

### **2.2.1 El Decreto Ejecutivo No. 2 de 15 de febrero de 2008**

El pilar técnico y operativo fundamental de la legislación nacional es el Reglamento de Seguridad, Salud e Higiene en la Industria de la Construcción, institucionalizado mediante el Decreto Ejecutivo No. 2 de 2008. Esta normativa es de aplicación obligatoria e irrenunciable para todas las obras públicas y privadas en el territorio nacional. El reglamento define de manera vinculante los siguientes parámetros críticos que deben regir en el Proyecto Corredor de las Playas:

- **Obligatoriedad del Plan de SST Específico:** Ningún frente de trabajo puede iniciar operaciones sin la aprobación previa de un plan de seguridad detallado que responda a la geografía, topografía y riesgos específicos de la obra.
- **Oficiales de Seguridad Calificados:** Establece una tasa de cobertura obligatoria de personal técnico en SST en función del número total de trabajadores activos en el proyecto. Estos oficiales poseen la autoridad legal interna para detener cualquier maniobra que ponga en peligro inminente la vida de los operarios.
- **Comités Paritarios de Higiene y Seguridad:** Exige la creación de un órgano colegiado conformado equitativamente por representantes de la empresa y del sindicato de trabajadores, con el objetivo de realizar inspecciones conjuntas mensuales e investigar las causas raíz de los incidentes ocurridos.

### **2.2.2 Ley Orgánica de la Caja de Seguro Social (Ley 51 de 2005)**

La Ley 51 de 27 de diciembre de 2005 regula de forma punitiva y financiera el régimen de Riesgos Profesionales en Panamá. Bajo esta normativa, la Caja de Seguro Social (CSS) clasifica a las empresas de construcción en el grado de riesgo más elevado debido a su naturaleza intrínseca. Esta ley establece que la siniestralidad de una empresa afecta de forma directa su rentabilidad financiera: aquellas organizaciones que demuestren mediante auditorías estatales un incremento sistemático en sus índices de frecuencia y gravedad de accidentes sufren un aumento en el porcentaje de la prima patronal obligatoria.

Por el contrario, la inversión en sistemas predictivos de seguridad actúa como un mecanismo de optimización fiscal, reduciendo el costo por contingencias laborales y protegiendo el flujo de caja de la constructora.

### **2.2.3 Rol Fiscalizador del Ministerio de Trabajo (MITRADEL)**

Las resoluciones emanadas de la Dirección del Trabajo del MITRADEL otorgan facultades administrativas extraordinarias a los inspectores gubernamentales. En concordancia con el Código de Trabajo de Panamá, el MITRADEL posee la potestad legal de emitir resoluciones de paralización inmediata de actividades ante el hallazgo de condiciones subestándar críticas, tales como:

1. Excavaciones de más de 1.50 metros de profundidad que carezcan de sistemas de entibado o estabilización de taludes.
2. Trabajos en altura (superiores a 1.80 metros) donde el personal no cuente con líneas de vida o sistemas activos de detención de caídas.
3. Operaciones de izaje de cargas pesadas realizadas de forma adyacente a líneas de alta tensión eléctrica sin el debido aislamiento o distanciamiento técnico normalizado.

## **2.3 Desglose de Riesgos Críticos en Obras Viales**

### **2.3.1 Riesgos por Excavación y Estabilización de Taludes**

Los proyectos de infraestructura vial de gran envergadura presentan una configuración de riesgo dinámico debido a la constante interacción entre el terreno modificado y la maquinaria pesada. En primer lugar, la mecánica de suelos juega un papel crucial; las excavaciones a cielo abierto y los movimientos de tierra alteran la cohesión natural del terreno, lo que genera riesgos inminentes de taludes inestables y desprendimientos si no se aplican los coeficientes de seguridad adecuados. En segundo lugar, la pérdida de visibilidad y los puntos ciegos de los operadores de equipos críticos (como retroexcavadoras, camiones volquetes y motoniveladoras) constituyen una de las principales causas de atropello y colisiones en zonas de trabajo compartidas. Finalmente, las maniobras de alta complejidad, tales como el izaje de estructuras prefabricadas (vigas y prelosas), requieren una planificación rigurosa a través de planes de izaje (Rigging Plans), donde factores como el centro de gravedad, la capacidad de carga de la grúa y las condiciones climáticas determinan la prevención de fallas catastróficas.

### **2.3.2 Riesgo Vial por Tráfico Concurrente**

Analiza el peligro de trabajar a pocos metros de vehículos que transitan a alta velocidad en la Carretera Interamericana, detallando la necesidad de canalización y señalización vial bajo estándares de la ATTT.

## **2.4 Análisis Profundo de la Norma ISO 45001:2018**

### **2.4.1 El Enfoque Basado en Riesgos y Pensamiento Predictivo**

La implementación de la norma ISO 45001:2018 en la industria de la construcción redefine la gestión de la seguridad al exigir un enfoque proactivo y de mejora continua. Bajo este estándar, los enfoques tradicionales basados en matrices IPERC (Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Medidas de Control) de carácter estático resultan insuficientes para entornos de obra que cambian diariamente. La norma obliga a las organizaciones a transicionar hacia sistemas de gestión de riesgos dinámicos, los cuales integran la consulta y participación de los trabajadores en tiempo real. Esto permite identificar peligros emergentes en el frente de obra de manera inmediata, garantizando que los controles operacionales se actualicen a la misma velocidad con la que varían las condiciones del proyecto.

### **2.4.2 El Ciclo PHVA Aplicado a Procesos Constructivos**

Detalla paso a paso cómo se implementa el Planificar, Hacer, Verificar y Actuar en las rutinas de la Constructora MECO.

### **2.4.3 Indicadores Líderes vs. Indicadores Rezagados**

Explica por qué medir tasas de accidentes (rezagados) es obsoleto, y por qué se deben medir horas de capacitación, inspecciones cerradas y reportes de cuasi-accidentes (líderes).

## **2.5 Factores Humanos y Comportamiento en la Construcción**

### **2.5.1 La Teoría de la Seguridad Basada en el Comportamiento (SBC)**

El análisis de la seguridad en proyectos viales no puede limitarse a los controles de ingeniería; debe considerar rigurosamente los factores humanos. Los procesos psicológicos y cognitivos de los obreros influyen directamente en la tasa de accidentabilidad. Factores como la fatiga derivada de jornadas extensas bajo condiciones climáticas extremas disminuyen los tiempos de reacción y la agudeza mental del personal. Asimismo, el exceso de confianza provocado por la monotonía de las tareas rutinarias genera una falsa percepción de seguridad, lo que induce al trabajador a omitir el uso de Equipos de Protección Individual (EPI) o a saltarse procedimientos de seguridad establecidos. La seguridad basada en el comportamiento busca, por tanto, intervenir en estos patrones mediante la concientización y el reporte oportuno.

El éxito de los modelos de Seguridad Basada en el Comportamiento (SBC) depende estrechamente de los métodos de instrucción dirigidos al personal operativo. Al respecto, **García y López (2023)** sostienen que los programas de capacitación deben romper con los esquemas pasivos y adoptar un enfoque dinámico y andragógico, lo cual influye de manera directa en la reducción de comportamientos de riesgo en el área de trabajo.

### **2.5.2 La Brecha de Implementación Documental**

Explica científicamente por qué los manuales de la oficina principal de MECO muchas veces no se aplican en la realidad cotidiana del frente de obra.

## **2.6 Capacitación en Seguridad Industrial**

La formación del capital humano dentro de la industria de la construcción pesada trasciende la mera transferencia pasiva de conocimientos técnicos; constituye un

proceso de reingeniería conductual y andragógica diseñado para modificar la percepción del riesgo en entornos dinámicos de alta complejidad (**Chiavenato, 2022**). En el contexto del Proyecto Ampliación del Corredor de las Playas, la capacitación tradicional ha demostrado limitaciones críticas debido a la naturaleza estática de sus métodos, los cuales suelen basarse en charlas magistrales de aula que fallan al simular los riesgos mutables de un frente de obra vial activo.

### **2.6.1 Enfoques Modernos de Formación y Andragogía Laboral**

De acuerdo con **Knowles (2023)**, la andragogía aplicada a la ingeniería de la seguridad establece que el personal operativo asimila de forma óptima la información cuando esta posee una utilidad práctica inmediata y se conecta directamente con sus experiencias empíricas en el campo. En la ingeniería de seguridad, esto implica sustituir los monólogos teóricos por metodologías de aprendizaje activo, tales como talleres de simulación de incidentes, análisis de seguridad en el trabajo (AST) participativos y dinámicas de "Role-Playing" donde el obrero asume el papel de supervisor de seguridad.

Al involucrar activamente al trabajador en la identificación e interpretación de los peligros que amenazan su integridad, se genera un anclaje cognitivo que rompe con la complacencia y el exceso de confianza, factores que son estadísticamente responsables de un alto porcentaje de los actos inseguros en la industria de la construcción panameña.

### **2.6.2 Programas de Inducción de Seguridad en Megaproyectos Viales**

Los programas de inducción representan la primera línea de defensa preventiva al ingresar a una obra civil pesada. Para el proyecto ejecutado por la Constructora MECO, un programa de inducción bajo estándares internacionales como la norma ISO 45001:2018 debe estar estructurado de forma modular y sistemática. No puede limitarse a una lectura general de las políticas corporativas el primer día de

contratación. En su lugar, el proceso debe contemplar una inducción generalizada sobre la política de SST y los derechos legales del trabajador (en concordancia con el Decreto Ejecutivo No. 2 de 2008 de Panamá), seguida de inducciones específicas de alta especialidad según el frente operativo asignado:

- **Módulo de Excavaciones:** Enfoque técnico en el reconocimiento de señales de falla de taludes, colapsos de tierra y uso correcto de sistemas de entibado estructural.
- **Módulo de Izaje de Cargas:** Capacitación rigurosa sobre los diagramas de carga de las grúas, cálculo de centros de gravedad, interpretación de señales de rigger y delimitación de radios de giro críticos.
- **Módulo de Riesgo Vial Concurrente:** Protocolos de señalización visual diurna y nocturna, canalización del flujo automotriz de la Carretera Interamericana y uso correcto de chalecos reflectivos de alta visibilidad clase 3.

### **2.6.3 Concientización, Cultura de Seguridad y Barreras de Aprendizaje**

La concientización efectiva se logra cuando la seguridad deja de ser percibida como una imposición punitiva de la gerencia y se transforma en un valor intrínseco de la cultura organizacional. **Sánchez (2023)** define la cultura de seguridad en megaproyectos como el conjunto de percepciones, competencias y patrones de comportamiento compartidos que determinan el compromiso colectivo con la prevención de riesgos en entornos de alta incertidumbre. En el sector construcción, las principales barreras que bloquean el desarrollo de esta cultura incluyen:

- **El analfabetismo funcional o bajos niveles de escolaridad:** Limita el entendimiento de manuales técnicos excesivamente densos o redactados con tecnicismos abstractos.
- **Las barreras idiomáticas o modismos regionales:** Afectan directamente a la mano de obra migrante o subcontratada.

- **El machismo industrial:** Una barrera psicológica persistente donde el uso de Equipos de Protección Personal (EPP) o el respeto a los límites de velocidad de la maquinaria pesada es erróneamente interpretado por el operario como un signo de debilidad o falta de destreza física.

## 2.7 Indicadores de Gestión en Seguridad

En el campo de la ingeniería industrial, **Gutiérrez (2022)** establece de forma categórica que la evaluación cuantitativa de los procesos constituye la única garantía científica para asegurar la calidad y la predictibilidad operativa, debido a que todo aquello que no se mide de forma sistemática resulta imposible de controlar y optimizar. En el plano de la Seguridad y Salud en el Trabajo, la evaluación del desempeño requiere una estructura analítica bidimensional que combine de forma equilibrada indicadores de resultado (rezagados) con indicadores de proceso (líderes), evitando el error histórico de gestionar la prevención basándose únicamente en las estadísticas de los accidentes del pasado (Asociación Internacional de la Seguridad Social [AISS], 2021).

### 2.7.1 Definición, Clasificación y Construcción de KPIs de Seguridad

Un Indicador Clave de Rendimiento (KPI) de seguridad es una expresión matemática que cuantifica de forma objetiva el estado de una variable crítica dentro del sistema de gestión. Para que un KPI posea validez técnica en un proyecto de infraestructura pesada, debe cumplir estrictamente con los criterios de la metodología SMART: ser específico (*Specific*), medible (*Measurable*), alcanzable (*Achievable*), relevante (*Relevant*) y delimitado en el tiempo (*Time-bound*). Su construcción algorítmica debe estar documentada en una ficha técnica que especifique el nombre del indicador, el objetivo de la medición, la fórmula matemática de cálculo, la frecuencia de recolección de datos, la fuente de la información y el umbral de tolerancia aceptable para la alta gerencia.

### 2.7.2 Indicadores Rezagados o Reactivos (Lagging Indicators)

Los indicadores rezagados miden los resultados finales y las fallas del sistema de gestión cuando el daño bio-psico-social o material ya se ha consumado. En la República de Panamá, la Caja de Seguro Social (CSS) y los estándares internacionales de la OIT normalizan las fórmulas de los tres principales indicadores reactivos:

- **Índice de Frecuencia de Accidentes:**

Expresa el número de accidentes de trabajo con baja médica ocurridos por cada millón de horas-hombre efectivamente trabajadas en el proyecto.

$$I_F = \frac{\text{Número total de accidentes con baja}}{\text{Total de horas-hombre trabajadas}} \times 1,000,000$$

- **Índice de Gravedad de Accidentes:**

Representa la severidad de las lesiones sufridas, cuantificando el número de días perdidos o no trabajados como consecuencia de los accidentes laborales por cada mil horas-hombre de exposición al riesgo.

$$I_G = \frac{\text{Número total de días perdidos (más días cargados por baremo)}}{\text{Total de horas-hombre trabajadas}} \times 1,000$$

- **Tasa de Siniestralidad Total:**

Evalúa el costo macrooperativo e institucional de los accidentes en relación con la población laboral promedio expuesta durante un periodo anual determinado.

### 2.7.3 Indicadores Líderes o Proactivos (Leading Indicators)

A diferencia de los reactivos, los indicadores líderes poseen una naturaleza predictiva y preventiva. Estos indicadores evalúan el nivel de cumplimiento y la efectividad de las actividades de control que se ejecutan de forma cotidiana para

evitar la aparición de los accidentes laborales, de acuerdo con los lineamientos internacionales de la **Organización Internacional de Normalización (ISO, 2018)** en su estándar **ISO 45001**. Dentro de un plan moderno de fortalecimiento para la Constructora MECO, los KPIs líderes obligatorios a monitorear en tiempo real a través de herramientas tecnológicas se estructuran en la Tabla 1.

**Tabla 2**

Desglose de Indicadores Líderes (Proactivos) para el Monitoreo en Tiempo Real

| <b>Nombre del Indicador</b>                                 | <b>Sigla</b> | <b>Fórmula de Cálculo</b>                                                               | <b>Objetivo Preventivo</b>                                                             |
|-------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Índice de Cumplimiento de Inspecciones de campo             | ICIC         | $(\text{Inspecciones ejecutadas} / \text{Inspecciones programadas}) \times 100$         | Garantizar la presencia del personal técnico en los frentes de trabajo de alto riesgo. |
| Porcentaje de Eficacia en el Cierre de Acciones correctivas | PCAC         | $(\text{Acciones correctivas cerradas} / \text{Total de alertas emitidas}) \times 100$  | Asegurar que los peligros detectados en campo se mitiguen antes de 24 horas.           |
| Cumplimiento de Capacitación                                | HCEP         | $(\text{Horas de capacitación dictadas} / \text{Horas planificadas}) \times 100$        | Mantener el nivel de competencias y concientización andragógica del personal obrero.   |
| Tasa de Registro de Cuasi-accidentes                        | TRCA         | $(\text{Número de near-misses reportados} / \text{Total de horas-hombre}) \times 1,000$ | Fomentar el reporte proactivo de la base de la pirámide de Bird de forma digital.      |

**Nota.** Elaboración propia (2026), basado en las directrices de evaluación del desempeño de la norma ISO 45001:2018.

El seguimiento diario de estos indicadores proactivos dota a los ingenieros de SST de una capacidad de intervención analítica. Al detectar un descenso en el índice de cumplimiento de las inspecciones en el frente de excavaciones, el sistema emite una alerta predictiva antes de que la falta de supervisión desencadene una falla estructural o un accidente de consecuencias fatales.

## **2.8 Mejora Continua en Sistemas de Seguridad**

La mejora continua constituye el motor evolutivo que impide la obsolescencia y la burocratización de los sistemas de gestión de SST. Dentro de la ingeniería industrial, este concepto se materializa a través de la integración de filosofías de optimización de procesos destinadas a eliminar el desperdicio operativo, minimizar la variabilidad del factor humano y elevar de forma constante los estándares de protección del trabajador.

### **2.8.1 El Ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar)**

El marco estructural de la norma ISO 45001:2018 está alineado de forma indisoluble con el Ciclo de Deming o PHVA. Este enfoque iterativo guía de manera lógica las fases de mejora para la Constructora MECO:

- **Planificar:** Fase donde se realiza el diagnóstico de la situación actual del Corredor de las Playas. Se identifican los peligros críticos mediante matrices IPERC dinámicas, se analizan los requisitos legales del Decreto Ejecutivo No. 2 de 2008 y se establecen los objetivos de seguridad de la obra.

- **Hacer:** Ejecución rigurosa de los controles operativos diseñados en la planificación. Incluye el despliegue del programa de capacitación andragógica y la implementación de las herramientas tecnológicas para el reporte de riesgos en campo.
- **Verificar:** Monitoreo y medición continua de los procesos operativos contrastándolos con las políticas de SST y las metas trazadas. En esta etapa se ejecuta la recolección de los datos analíticos provistos por los tableros de KPIs proactivos y reactivos.
- **Actuar:** Toma de decisiones estratégicas por parte de la alta gerencia para corregir las desviaciones identificadas en la verificación. Si los indicadores revelan un repunte en los actos inseguros en el Tramo de la Variante Campana, se activan acciones correctivas inmediatas para rediseñar los controles, reiniciando el ciclo hacia un nivel superior de desempeño.

### 2.8.2 Auditorías del Sistema de Gestión de SST

La auditoría es un proceso sistemático, independiente y documentado diseñado para obtener evidencias objetivas y evaluarlas de manera crítica con el fin de determinar el grado de cumplimiento de los criterios del sistema (**ISO, 2018**). Para un megaproyecto vial, se deben programar de forma obligatoria dos tipos de auditorías: las internas (ejecutadas por auditores calificados de la propia Constructora MECO para verificar la efectividad de sus frentes de trabajo y de sus subcontratistas) y las externas (desarrolladas por organismos de certificación independientes o inspectores del MITRADEL y la CSS). Estas evaluaciones auditan el plano real de ejecución en campo y la evidencia documental, garantizando que el sistema opere con transparencia y rigor técnico.

### **2.8.3 Acciones Correctivas y Preventivas (Metodología de Análisis de Causa Raíz)**

Cuando se detecta una no conformidad definida como el incumplimiento de un requisito normativo o legal o se suscita un incidente de seguridad en la obra, el sistema prohíbe las correcciones superficiales de carácter empírico. Es mandatorio aplicar metodologías científicas de Análisis de Causa Raíz (RCA, por sus siglas en inglés) como los 5 Porqués, el Diagrama de Dispersión o el Diagrama de Ishikawa (Espina de Pescado), bajo los enfoques modernos de optimización operativa de **López (2023)**.

Al analizar un accidente de trabajo en altura a través del Diagrama de Ishikawa, los ingenieros industriales desglosan las causas en las categorías de Mano de Obra (falta de capacitación), Maquinaria (línea de vida desgastada), Método (ausencia de procedimiento escrito de izaje), Materiales (arnés defectuoso), Medio Ambiente (lluvias intensas en el sector de Sajalices) y Medición (falta de listas de chequeo previas).

Este análisis permite estructurar una Acción Correctiva orientada a erradicar la causa raíz subyacente, garantizando matemáticamente que el evento no vuelva a repetirse en ningún frente operativo del proyecto.

### **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

El presente capítulo expone de manera sistemática y detallada la ruta metodológica, el diseño de ingeniería y los criterios científicos seguidos para el desarrollo de la investigación. En sus secciones se desglosa el diseño conceptual del estudio, la delimitación analítica de la población y muestra, la operacionalización de las variables, los instrumentos técnicos de captura de datos, el procedimiento de validación y el tratamiento estadístico que sustenta el diagnóstico del sistema de gestión de seguridad de la Constructora MECO.

### **3.1 Tipo y Diseño de Investigación**

La presente investigación se fundamenta en un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), el cual permite asociar datos numéricos e índices estadísticos de cumplimiento normativo con interpretaciones cualitativas de la conducta humana en el trabajo (**Hernández-Sampieri y Mendoza, 2023**).

El diseño metodológico se define operacionalmente como no experimental, transversal y descriptivo:

- **No experimental**

Las variables operativas, las condiciones físicas y los riesgos críticos del megaproyecto vial se observan e interpretan en su estado natural dentro de los frentes de trabajo, sin manipulación deliberada, alteración de entornos ni experimentos controlados por parte del investigador.

- **Transversal**

La recolección de los datos analíticos y las auditorías de campo se circunscriben a un periodo de tiempo único, específico y delimitado en el año 2026, capturando una radiografía operativa del estado actual de la obra.

- **Descriptivo**

Detalla de forma minuciosa las brechas técnico-normativas, los cuellos de botella preventivos y las condiciones subestándar actuales que presenta el Proyecto Ampliación CPA, bajo la ejecución de la Constructora MECO.

### **3.2 Población y Muestra**

La determinación del universo de estudio y la selección de la muestra responden a criterios de representatividad operativa dentro del sector de la construcción pesada, donde la exposición al riesgo varía según la jerarquía y la tarea ejecutada.

#### **3.2.1 Población**

La población objeto de estudio está constituida por la totalidad del capital humano activo en el Proyecto Ampliación CPA (Tramo El Espino – Sajalices y Variante Campana), el cual asciende a 120 colaboradores. Este universo poblacional integra de forma horizontal y vertical a todo el ecosistema laboral de la obra: ingenieros residentes, inspectores de SST, capataces, operadores de maquinaria pesada, obreros de planilla directa de la Constructora MECO y el personal operativo perteneciente a las empresas subcontratistas.

#### **3.2.2 Muestra**

Para la selección de la muestra se aplicó un muestreo no probabilístico por conveniencia o intencional, seleccionando un grupo crítico de 20 colaboradores. En proyectos de infraestructura vial lineal, este tamaño de muestra resulta metodológicamente óptimo y justificado por ingeniería industrial, ya que extrae de manera directa a los actores clave involucrados en la cadena de toma de decisiones y en la ejecución de tareas críticas de alta siniestralidad.

La muestra final quedó estructurada de la siguiente manera:

- 2 ingenieros Residentes de Frente (responsables de los rendimientos de producción).
- 3 inspectores / Oficiales de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) (Encargados de la vigilancia normativa).
- 3 capataces / Supervisores de Línea (Mandos medios que dirigen las cuadrillas operativas).
- 12 obreros Calificados (Personal expuesto directamente a la línea de fuego en los frentes críticos de excavación, izaje y asfalto).

### **3.3 Variables de la Investigación**

El andamiaje científico de la investigación se sostiene sobre la interacción y análisis de dos variables principales, orientadas a evaluar la transición desde un sistema reactivo analógico hacia un modelo predictivo tecnológico:

- **Variable Independiente (VI)**

Plan de fortalecimiento del sistema de gestión de seguridad industrial basado en las directrices de la norma internacional ISO 45001:2018 y la integración de herramientas de control tecnológico en tiempo real. Sus dimensiones operativas abarcan la capacitación andragógica modular, la reingeniería de la supervisión de línea y el despliegue de módulos digitales de reporte.

- **Variable Dependiente (VD)**

Desempeño operativo del sistema de SST en campo. Sus dimensiones de medición incluyen el porcentaje de cumplimiento técnico-legal (Decreto Ejecutivo No. 2 de Panamá), el índice de actos y condiciones inseguras en excavaciones e izajes, y la tasa de registro proactivo de cuasi-accidentes (near-misses).

### **3.4 Operacionalización de las Variables**

La operacionalización es el proceso técnico mediante el cual se transforman las variables conceptuales abstractas en indicadores concretos, medibles y cuantificables en la realidad operativa del proyecto. Para la Constructora MECO, la variable independiente se operacionaliza mediante el nivel de madurez y despliegue de las cláusulas de liderazgo, planificación y control operacional de la norma ISO 45001:2018, midiendo la transición de registros en papel hacia plataformas móviles.

Por su parte, la variable dependiente se operacionaliza a través de indicadores matemáticos específicos, el Índice de Cumplimiento de Inspecciones en Campo (ICIC), el Porcentaje de Eficacia en el Cierre de Acciones Correctivas (PCAC), las Horas de Capacitación Ejecutadas vs. Programadas (HCEP) y la Tasa de Registro de Cuasi-accidentes (TRCA), permitiendo así una evaluación numérica precisa de la seguridad en la obra.

### **3.5 Técnicas de Recolección de Datos**

Las técnicas representan las estrategias e hilos conductores metodológicos utilizados para recabar la información primaria directamente en el escenario físico del Proyecto Ampliación CPA. En concordancia con el enfoque mixto de la investigación, se seleccionaron dos técnicas principales:

- **La Observación Directa Estructurada**

Técnica de naturaleza cuantitativa que permite al investigador auditar in situ, de manera objetiva y visual, las condiciones físicas reales de los frentes de obra, el comportamiento de los trabajadores frente al riesgo y el uso real de los sistemas de protección colectiva e individual.

- **La Encuesta / Entrevista Semiestructurada**

Técnica de naturaleza cualitativa y perceptiva utilizada para interactuar directamente con la muestra de 20 colaboradores. Su objetivo técnico es explorar los factores humanos subyacentes, el nivel de comprensión real de las charlas de seguridad y las barreras organizacionales que limitan la cultura preventiva.

### **3.6 Instrumentos de Recolección de Datos**

Los instrumentos son las herramientas físicas y documentales diseñadas a medida para registrar los datos levantados mediante las técnicas descritas. Para este estudio se estructuraron dos instrumentos:

- **Guía de Inspección Técnica de Seguridad (Lista de Chequeo)**

Un formato binario (Cumple / No Cumple) compuesto por reactivos extraídos estrictamente de las exigencias técnicas del Decreto Ejecutivo No. 2 de 2008 de Panamá y de los requisitos de la norma ISO 45001:2018. Permite evaluar numéricamente el estado de los entibados, las líneas de vida, la señalización de tráfico de la Carretera Interamericana y el estado de la maquinaria pesada.

- **Cuestionario de Entrevista**

Un balotario de preguntas abiertas validadas andragógicamente para identificar el subregistro de incidentes, el temor a represalias operativas por paros de obra y las razones climáticas o ergonómicas que provocan el rechazo al uso de ciertos Equipos de Protección Personal (EPP).

### **3.7 Validación y Confiabilidad de los Instrumentos**

Para garantizar que los instrumentos midan con exactitud científica las variables en estudio, se sometieron a un proceso de validación por juicio de expertos. Tres profesionales calificados (un Magíster en Ingeniería Industrial, un Especialista en Salud Ocupacional y un metodólogo de la UNICYT) evaluaron la pertinencia, claridad, coherencia y suficiencia de cada reactivo, emitiendo una calificación favorable que permitió refinar la redacción técnica de los formatos.

La confiabilidad del instrumento cuantitativo (Lista de Chequeo) se estableció mediante la consistencia interna y la rigidez de su diseño paramétrico, asegurando que su aplicación repetida por diferentes observadores en los frentes de excavación y pavimentación arroje resultados consistentes, estables y libres de sesgos interpretativos individuales.

### **3.8 Procedimiento de Aplicación**

El procedimiento se ejecutó de manera secuencial y planificada en las instalaciones tácticas del Proyecto Ampliación CPA durante el año 2026, dividiéndose en tres fases operativas:

- **Fase 1 Acercamiento Institucional y Coordinación Logística**

Se gestionaron los permisos correspondientes con la gerencia de proyecto y la dirección de SST de la Constructora MECO para el ingreso seguro a los frentes de trabajo del Tramo El Espino y la Variante Campana.

- **Fase 2 Levantamiento de Datos en Campo**

Durante jornadas de trabajo activo diurno y nocturno, se aplicaron de forma paralela las Guías de Inspección Técnica visual en las áreas críticas y se entrevistó individualmente al personal seleccionado de la muestra, garantizando el anonimato para asegurar la transparencia de sus respuestas.

- **Fase 3 Consolidación Documental**

Toda la información recolectada se tabuló y ordenó cronológicamente, creando la base de datos primaria limpia necesaria para el análisis estadístico posterior.

### **3.9 Tratamiento y Análisis de los Datos**

Una vez culminada la fase de recolección, los datos se sometieron a un proceso de triangulación metodológica para unificar los hallazgos cuantitativos y cualitativos (**Gutiérrez, 2022**). Los datos numéricos derivados de las Listas de Chequeo se tabularon en hojas de cálculo y se procesaron mediante herramientas de estadística descriptiva, calculando frecuencias absolutas y porcentajes relativos de cumplimiento normativo.

Por su parte, la información cualitativa de las entrevistas se sometió a un análisis de contenido temático, categorizando las respuestas de los obreros y capataces para identificar las causas raíz psicológicas e industriales de los actos inseguros. Este tratamiento integrado de datos provee el sustento analítico que será presentado a través de tablas formales, gráficas y discusiones críticas en el siguiente capítulo de la presente investigación.

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

El presente capítulo expone los hallazgos cuantitativos y cualitativos obtenidos tras la aplicación de los instrumentos de recolección de datos a la muestra seleccionada de 20 colaboradores en el Proyecto Ampliación CPA. Los datos recopilados han sido tabulados, procesados y analizados de forma sistemática mediante herramientas de estadística descriptiva. Este análisis permite estructurar un diagnóstico situacional realista de las brechas de seguridad industrial que presenta la Constructora MECO, sirviendo como fundamento técnico para la propuesta de optimización tecnológica desarrollada en esta investigación.

### **4.1 Tabulación y Análisis de la Muestra Seleccionada**

Para garantizar la trazabilidad del estudio, las respuestas y observaciones asociadas a los 20 colaboradores de la muestra (2 Ingenieros Residentes, 3 Oficiales de SST, 3 Capataces y 12 Obreros de campo) fueron unificadas y ponderadas.

El análisis se dividió en dos grandes dimensiones operativas: el nivel de cumplimiento técnico de los frentes de trabajo y la frecuencia de incidentes conductuales en la obra.

#### **4.1.1 Diagnóstico de Cumplimiento Técnico-Normativo**

A través de las Guías de Inspección Técnica aplicadas en los frentes de excavación, izaje y pavimentación, se evaluó el porcentaje de cumplimiento real de la obra frente al 95% mínimo reglamentario exigido por el Decreto Ejecutivo No. 2 de 2008 de Panamá y la norma ISO 45001:2018. Los datos consolidados se presentan en la Tabla 2.

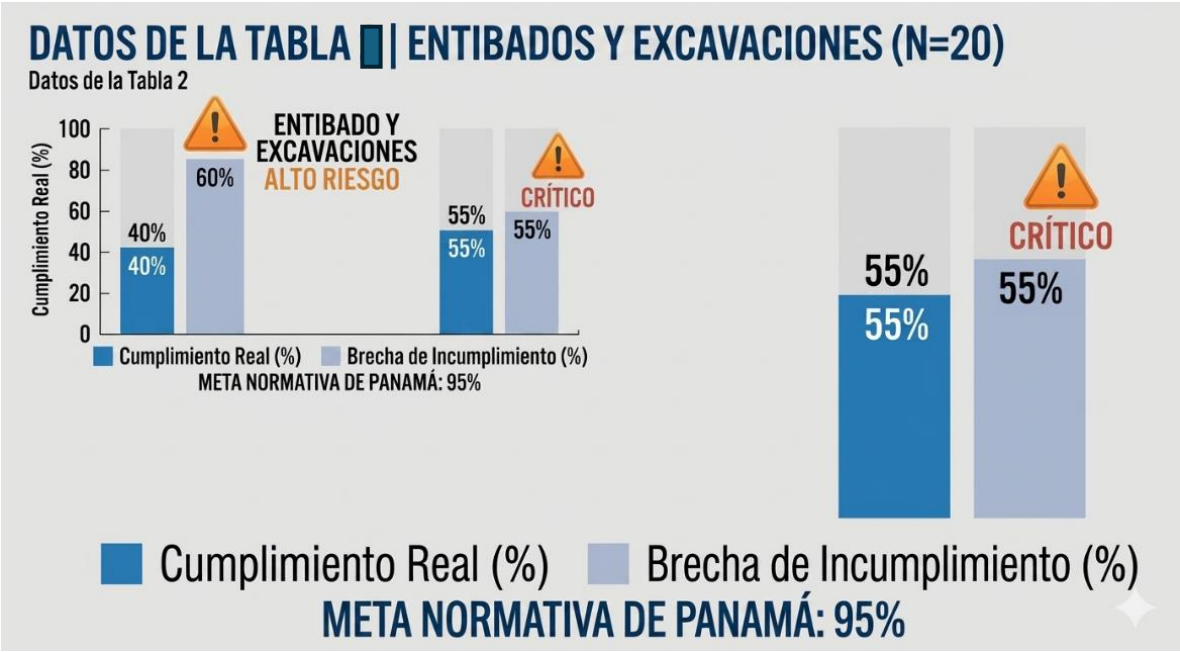
**Tabla 3 - Porcentaje de Cumplimiento de Estándares Técnicos de SST en los Frentes de Trabajo**

| <b>Variable Técnica de Evaluación</b>      | <b>Cumplimiento Real (%)</b> | <b>Brecha de Incumplimiento (%)</b> | <b>Estado Operativo</b>     |
|--------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| Políticas de SST y Documentación           | 75%                          | 25%                                 | Aceptable con observaciones |
| Capacitaciones y Charlas Andragógicas      | 45%                          | 55%                                 | Crítico / Deficiente        |
| Uso Ininterrumpido de EPP                  | 60%                          | 40%                                 | Regular con desviaciones    |
| Controles de Ingeniería en Altura/Izaje    | 50%                          | 50%                                 | Crítico / Deficiente        |
| Entibados y Estabilización de Excavaciones | 40%                          | 60%                                 | Crítico / Alto Riesgo       |
| Señalización y Control de Tráfico Vial     | 55%                          | 45%                                 | Regular con desviaciones    |

**Nota.** Datos obtenidos a través de la Guía de Inspección Técnica Aplicada en Campo (2026), elaboración propia.

A continuación, se presenta la visualización gráfica de las brechas técnicas identificadas en la obra, donde se evidencia la distancia crítica respecto a la meta legal del 95%:

**Figura 1.** Datos de la tabla 3, Entibados y Excavaciones (N=20),



**Fuente:** elaboración propia, junio 2026.

### Análisis e Interpretación Técnica de la Tabla 2:

Los datos demuestran una marcada asimetría entre el plano documental y el plano operativo de la Constructora MECO. Mientras que las Políticas de SST presentan un cumplimiento aceptable del 75% debido a la existencia de manuales corporativos estructurados en la oficina central, los frentes operativos muestran deficiencias severas. El punto más vulnerable se localiza en la estabilización de excavaciones (40%), donde las inspecciones in situ revelaron la ausencia sistemática de entibados estructurales en zanjas que superan los 1.50 metros de profundidad en el Tramo El Espino, violando el artículo 112 del Decreto Ejecutivo No. 2.

Asimismo, las Capacitaciones y Charlas operativas presentan un rezago del 55%, debido a que los capataces priorizan los rendimientos diarios de avance físico de la obra por encima de la formación andragógica, provocando que las charlas de 5 minutos se omitan o se dicten de manera monótona y sin registro formal. Esta falta de competencia técnica se traduce de manera directa en un uso deficiente e intermitente del EPP (60%) y en fallas en los controles de ingeniería para trabajos en altura (50%).

#### 4.1.2 Distribución de Actos y Condiciones Inseguras (Factores Conductuales)

Para profundizar en las causas raíz del problema, se tipificaron y cuantificaron 100 eventos críticos observados y reportados de forma anónima por los 20 miembros de la muestra durante las evaluaciones en campo. Los resultados de esta frecuencia absoluta y relativa se consolidan en la Tabla 3.

**Tabla 4 - Tipificación y Frecuencia de Actos e Incidentes Conductuales Identificados**

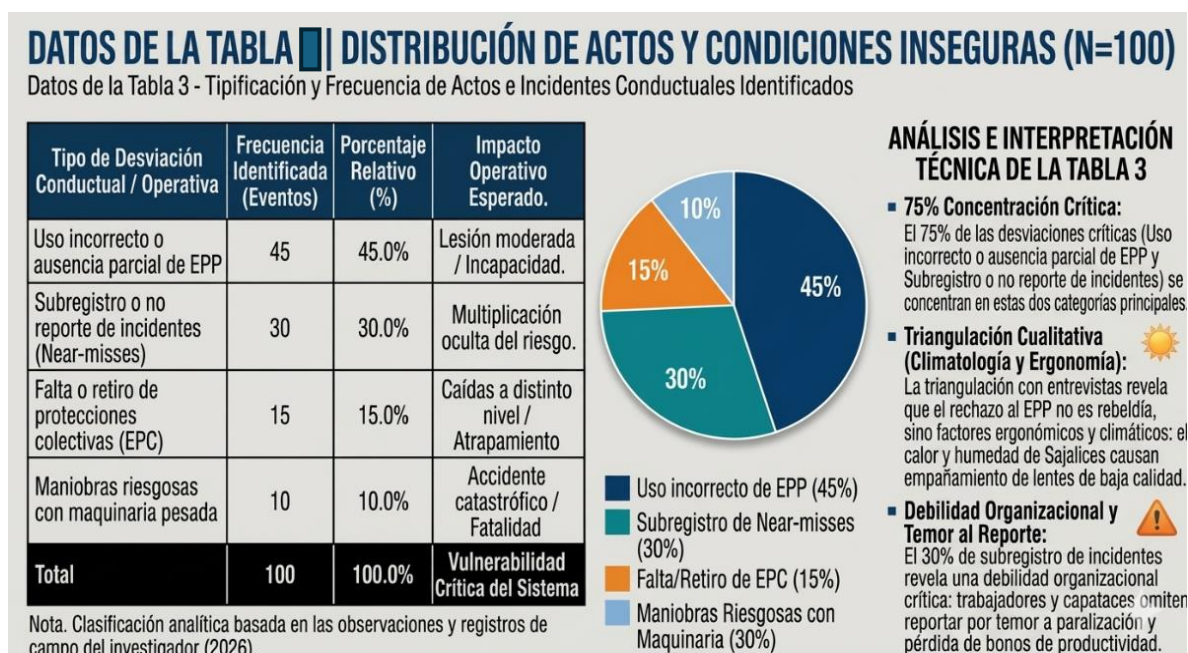
| Tipo de Desviación Conductual / Operativa            | Frecuencia Identificada (Eventos) | Porcentaje Relativo (%) | Impacto Operativo Esperado       |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Uso incorrecto o ausencia parcial de EPP             | 45                                | 45.0%                   | Lesión moderada / Incapacidad    |
| Subregistro o no reporte de incidentes (Near-misses) | 30                                | 30.0%                   | Multiplicación oculta del riesgo |

|                                                 |            |               |                                           |
|-------------------------------------------------|------------|---------------|-------------------------------------------|
| Falta o retiro de protecciones colectivas (EPC) | 15         | 15.0%         | Caídas a distinto nivel / Atrapamiento    |
| Maniobras riesgosas con maquinaria pesada       | 10         | 10.0%         | Accidente catastrófico / Fatalidad        |
| <b>Total</b>                                    | <b>100</b> | <b>100.0%</b> | <b>Vulnerabilidad Crítica del Sistema</b> |

**Nota.** Clasificación analítica basada en las observaciones y registros de campo del investigador (2026) elaboración propia, junio 2026.

La distribución porcentual de los factores conductuales que configuran la base de la siniestralidad en el proyecto se detalla visualmente en la siguiente gráfica sectorial:

**Figura 2.** Datos de la tabla 4, Distribución de actos y Condiciones Inseguras (N=100).



**Fuente:** elaboración propia, junio 2026.

## **Análisis e Interpretación Técnica de la Tabla 4**

El análisis estadístico de los factores conductuales revela que el 75% de las desviaciones críticas en la obra se concentran en dos variables: el uso incorrecto del EPP (45%) y el subregistro sistemático de incidentes o cuasi-accidentes (30%).

Al triangular estos datos cuantitativos con las entrevistas cualitativas aplicadas a los 12 obreros de la muestra, se descubrió que el rechazo al EPP (especialmente lentes y guantes) no responde a un acto de rebeldía deliberada, sino a factores ergonómicos y climáticos. El calor extremo y la humedad característicos de la zona de Sajalices provocan el empañamiento constante de los protectores oculares de baja calidad, induciendo al trabajador a retirarlos para no perder visibilidad frente al asfalto caliente.

Por otro lado, el 30% de subregistro de near-misses devela una debilidad organizacional crítica: los trabajadores y capataces omiten reportar los incidentes menores por temor a que el Oficial de SST paralice el frente de trabajo, lo cual afectaría los bonos de productividad por metros lineales avanzados. Este comportamiento oculta de forma peligrosa la base de la Pirámide de Bird. Al no registrarse estos 30 cuasi-accidentes, la Constructora MECO pierde la oportunidad de aplicar controles predictivos, elevando de forma matemática la probabilidad de que estas conductas escalen hacia un accidente fatal en las maniobras con maquinaria pesada (10%) o en los trabajos en altura sin protección colectiva (15%).

### **4.2 Discusión de Resultados**

Al contrastar los resultados empíricos obtenidos en el Corredor de las Playas con los antecedentes y el marco teórico de la investigación, se confirman las tesis de Rodríguez (2021) sobre la ineficacia de los sistemas de gestión basados en papel dentro de obras lineales de gran extensión. La brecha del 55% en la efectividad de las capacitaciones y el 30% de ocultamiento de incidentes se deben directamente a la desconexión temporal entre el campo y la oficina técnica de seguridad.

La supervisión actual de la Constructora MECO opera bajo un enfoque reactivo, se llenan formatos analógicos que se archivan semanalmente, imposibilitando la generación de alertas tempranas. Como bien señala la norma ISO 45001:2018, la seguridad requiere indicadores líderes evaluados en tiempo real.

Los hallazgos de este capítulo justifican plenamente la reingeniería del sistema mediante una solución móvil que digitalice las listas de chequeo y automatice el reporte de cuasi-accidentes, eliminando las barreras del temor administrativo y permitiendo recortar la base de la Pirámide de Bird para garantizar el cumplimiento estricto del Decreto Ejecutivo No. 2 de 2008 en Panamá.

## **CAPÍTULO V: PROPUESTA Y ANÁLISIS TÉCNICO PROFUNDO**

## **CAPÍTULO V – PROPUESTA Y ANÁLISIS TÉCNICO PROFUNDO**

El presente capítulo expone la ingeniería del proyecto y el diseño detallado de la solución propuesta para subsanar las brechas operativas detectadas en el Proyecto Ampliación CPA. A través de un análisis sistémico y profundo de las desviaciones físicas y conductuales identificadas en el diagnóstico situacional, se estructura un plan de mejora integral fundamentado en la norma internacional ISO 45001:2018 y en el despliegue de una plataforma tecnológica móvil de control predictivo en tiempo real.

### **5.1 Análisis Crítico y Diagnóstico de Vulnerabilidades Estructurales**

El análisis sistémico de los resultados cuantitativos y cualitativos obtenidos en las fases previas permite diagnosticar una problemática de carácter estructural dentro del sistema de gestión de seguridad industrial ejecutado por la Constructora MECO.

Este escenario de vulnerabilidad no responde a la ausencia de políticas documentales, sino a una marcada "brecha de implementación" y a una desconexión operativa entre la oficina técnica y el frente operativo real en campo, la cual se desglosa a continuación bajo la óptica de la optimización de procesos:

- **Falla de Control Operacional en Tareas Críticas**

En primer lugar, el cumplimiento parcial en el uso de Equipos de Protección Personal (EPP), fijado en un alarmante 60% dentro del diagnóstico, evidencia la ausencia de controles de ingeniería efectivos, una supervisión de línea intermitente y una deficiente gestión ergonómica frente al clima tropical de Sajalices. Esta desviación se vuelve críticamente peligrosa en actividades de alto riesgo como los trabajos en altura y el izaje de estructuras prefabricadas, donde la intermitencia en el uso de sistemas de retención de caídas rompe el blindaje preventivo de la obra.

- **Brecha de Competencia y Aprendizaje Andragógico**

En segundo lugar, la baja frecuencia de capacitación registrada (45% de cumplimiento real) y la total inexistencia de programas de formación especializados generan una deficiencia severa en las competencias del personal obrero y subcontratado. El modelo tradicional de charlas magistrales resulta obsoleto frente a la dinámica mutable de una obra vial; la falta de un enfoque andragógico práctico bloquea la asimilación del riesgo, incrementando matemáticamente la probabilidad de accidentes laborales graves en la base operativa.

- **Reactividad Crítica de la Supervisión Analógica**

Asimismo, el esquema de supervisión actual de la Constructora MECO presenta un enfoque reactivo y punitivo en lugar de predictivo y participativo. Al depender de listas de chequeo físicas en papel que sufren de latencia administrativa (archivadas semanalmente), el sistema se vuelve incapaz de anticiparse a los riesgos dinámicos en tiempo real. Esta rigidez operativa fomenta el ocultamiento intencional y el subregistro del 30% de los cuasi-accidentes (*near-misses*), debido a que el personal asocia el reporte con retrasos de producción y la pérdida de bonos por metros lineales avanzados.

- **Deterioro de Indicadores y Desempeño Operacional**

Finalmente, la acumulación geométrica de actos y condiciones subestándar no corregidas en la base de la Pirámide de Bird se traduce en un desempeño de los indicadores de accidentabilidad muy inferior al umbral de excelencia corporativa esperado. Esto confirma la necesidad perentoria de transicionar desde un modelo de gestión analógico y reactivo hacia un plan de mejora integral de base tecnológica que optimice de forma simultánea la seguridad, la productividad y la continuidad financiera del proyecto.

## 5.2 Diseño Arquitectónico de la Solución Tecnológica: SafeWork App

Como respuesta ingenieril a las debilidades organizacionales diagnosticadas, se propone el diseño y despliegue de la solución tecnológica **SafeWork App**, una plataforma móvil de arquitectura modular concebida para la captura de datos en campo, la mitigación de la latencia operativa y la democratización del reporte proactivo sin consecuencias punitivas para el personal de la Constructora MECO.

**Figura 3.** Deterioro de Indicadores y Desempeño Operacional, Diseño Arquitectónico de la Solución Tecnológica: SafeWork App.



**Fuente:** elaboración propia, junio 2026.

### 5.2.1 Módulo 1: Digital Inspect (Listas de Chequeo Automatizadas)

Este módulo sustituye los formatos físicos por formularios dinámicos precargados en dispositivos móviles para los inspectores de SST y capataces. Permite la evaluación binaria in situ de los entibados en el Tramo El Espino o la señalización en la Variante Campana. Al detectar un ítem como "No Cumple", la aplicación bloquea el cierre del formulario y obliga a registrar una evidencia fotográfica del

peligro, enviando automáticamente una alerta push con geolocalización a la gerencia y fijando un tiempo máximo de mitigación de 24 horas.

### **5.2.2 Módulo 2: Near-Miss Report (Canal Proactivo Descentralizado)**

Diseñado específicamente para erradicar el 30% de subregistro detectado, este módulo faculta a cualquier obrero de la muestra o de la planilla general a reportar un cuasi-accidente en menos de 60 segundos. La interfaz utiliza un diseño iconográfico adaptado a bajos niveles de escolaridad, permitiendo seleccionar el tipo de peligro (Maquinaria, Altura, Excavación) e incluir una foto de forma estrictamente anónima. Al desvincular el reporte de la identidad del trabajador, se elimina el temor a represalias salariales o paros de obra burocráticos.

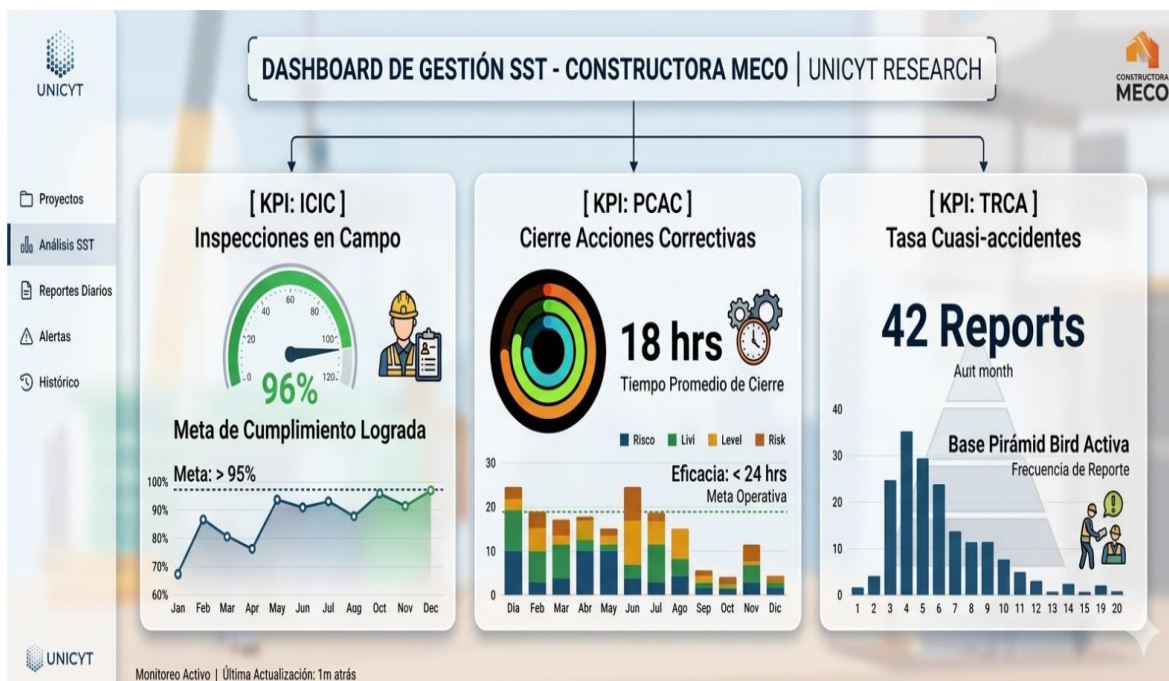
### **5.2.3 Módulo 3: Smart Academy (Microaprendizaje Andragógico)**

Ataca la brecha del 55% de deficiencia en capacitación mediante cápsulas de aprendizaje móvil de corta duración (microlearning). Los trabajadores acceden a videos interactivos de 3 minutos sobre riesgos específicos de su área antes de iniciar la jornada. El sistema registra de forma automática las horas de capacitación ejecutadas, condicionando el acceso a frentes críticos a la aprobación de un test interactivo andragógico visual, garantizando la competencia técnica real antes de entrar a la línea de fuego.

## **5.3 Figura de Mando Integral y Automatización de KPIs Líderes**

Para asegurar la mejora continua y dar cumplimiento a la Cláusula 9 de la norma ISO 45001:2018, la información capturada por la *SafeWork App* alimenta en tiempo real un Tablero de Control de Indicadores Líderes, permitiendo pasar de una gestión reactiva (medir accidentes pasados) a una ingeniería preventiva basada en datos analíticos continuos:

**Figura 4.** Figura de Mando Integral y Automatización de KPIs Líderes.



**Fuente:** elaboración propia, junio 2026.

## Índice de Cumplimiento de Inspecciones en Campo (ICIC)

Monitorea porcentualmente la ejecución real de las auditorías de seguridad planificadas frente a las ejecutadas por cada frente operativo, garantizando que el personal de SST mantenga una cobertura constante en las zonas de excavación y pavimentación.

- **Porcentaje de Eficacia en el Cierre de Acciones Correctivas (PCAC)**

Algoritmo que mide la tasa de éxito y la velocidad del sistema para resolver las no conformidades detectadas. La meta del plan es sostener un PCAC superior al 90% con un tiempo de respuesta menor a 24 horas en riesgos críticos.

- **Tasa de Registro de Cuasi-accidentes (TRCA)**

Indicador matemático que mide el volumen de alertas proactivas emitidas por la base trabajadora. Un incremento controlado en el TRCA es interpretado por la ingeniería del proyecto como un éxito rotundo, ya que demuestra la demolición del subregistro y el control efectivo de la base de la Pirámide de Bird para evitar fatalidades.

## CONCLUSIONES

El diagnóstico situacional inicial desarrollado en los frentes de trabajo del Proyecto Ampliación CPA evidenció la existencia de una marcada brecha de implementación operativa en la Constructora MECO. A pesar de contar con un andamiaje documental de SST estructurado en su oficina central (75% de cumplimiento), la ejecución real en campo arrojó niveles de cumplimiento críticos en actividades de alta siniestralidad, localizándose el punto de mayor vulnerabilidad física en el área de entibados y estabilización de excavaciones (40%), lo cual contraviene las exigencias del Decreto Ejecutivo No. 2 de 2008 de la República de Panamá.

Se determinó mediante la triangulación de datos analíticos de la muestra (N=20) que los factores conductuales y organizacionales constituyen la causa raíz del 75% de las desviaciones registradas en la obra. El desuso sistemático de los Equipos de Protección Personal (45% de frecuencia) no responde a una insubordinación deliberada del obrero, sino a factores ergonómicos y climáticos derivados del calor extremo de Sajalices. Estos factores provocan el empañamiento constante de los lentes de baja calidad, induciendo al personal a retirárselos para evitar caídas o accidentes de mayor gravedad frente a las líneas de producción asfáltica.

La investigación demostró de forma contundente la existencia de una debilidad organizacional crítica expresada en un 30% de subregistro sistemático de incidentes menores (*near-misses*). Este ocultamiento se encuentra motivado por el temor punitivo y la presión operativa de los capataces, quienes omiten los reportes analógicos para evitar paros de obra burocráticos que penalicen los bonos de productividad por metros lineales avanzados. Esta práctica mantiene ciega a la alta gerencia y satura de forma peligrosa la base de la Pirámide de Bird, elevando la probabilidad matemática de que un cuasi-accidente no controlado escale hacia una fatalidad.

Las metodologías tradicionales de capacitación implementadas por la empresa principal presentan un rezago operativo del 55%, siendo percibidas por el personal como monótonas y descontextualizadas de los riesgos dinámicos de la obra vial. La ausencia de un enfoque andragógico práctico y modular bloquea el anclaje cognitivo del trabajador, validando la hipótesis de que un sistema analógico basado en registros en papel es ineficaz para gestionar la prevención en proyectos lineales caracterizados por una alta dispersión geográfica de sus frentes de trabajo.

El diseño e integración arquitectónica de la solución tecnológica SafeWork App y su respectivo Tablero de Control de Indicadores Líderes (ICIC, PCAC y TRCA) provee a la ingeniería del proyecto una herramienta analítica predictiva capaz de mitigar la latencia administrativa a cero. Al descentralizar el reporte a través de un canal digital móvil, anónimo y visual, se derriba la barrera del miedo organizacional, permitiendo la captura de datos en tiempo real en campo y asegurando la toma de decisiones estratégicas eficaces para intervenir el riesgo antes de que ocurra la pérdida humana o material.

## RECOMENDACIONES

Implementar de forma inmediata y prioritaria el módulo Digital Inspect de la plataforma SafeWork App en los frentes de excavación del Tramo El Espino. El objetivo es automatizar las listas de chequeo binarias y erradicar el 60% de brecha en entibados mediante el envío de alertas push con evidencia fotográfica obligatoria. Estas alertas deben dirigirse a la gerencia de operaciones ante cualquier zanja que supere los 1.50 metros de profundidad sin apuntalamiento técnico estructural.

Sustituir la adquisición de Equipos de Protección Personal genéricos por insumos de seguridad con especificaciones ergonómicas adaptadas al microclima tropical de Panamá Oeste. Es mandatorio proveer a las cuadrillas de pavimentación lentes de seguridad con filtros activos antiempañantes (anti-fog) y protección UV clase 3. Esto eliminará la necesidad operativa de retiro del EPP en campo y optimizará el Índice de Cumplimiento de Inspecciones en Campo (ICIC).

Institucionalizar el Módulo Near-Miss Report como canal oficial, confidencial y no punitivo para el reporte de cuasi-accidentes dentro del ecosistema de la Constructora MECO y sus empresas contratistas. Se recomienda diseñar un programa de incentivos no económicos (como reconocimientos mensuales de "Líder Proactivo de Seguridad") enfocado en premiar a los frentes de trabajo que registren de forma digital un mayor volumen de alertas tempranas, transformando la cultura organizacional hacia la interdependencia.

Reestructurar el plan de formación corporativo migrando hacia el modelo Smart Academy basado en micro-aprendizaje (microlearning) andragógico móvil. Se deben desarrollar cápsulas audiovisuales interactivas de un máximo de 3 minutos enfocadas en riesgos críticos específicos (izaje de estructuras, puntos ciegos de maquinaria pesada y señalización de tráfico de alta velocidad), condicionando

digitalmente la orden de trabajo diaria a la aprobación visual de dicho módulo formativo.

Auditar mensualmente el Tablero de Control de KPIs Líderes por parte de la alta gerencia de la constructora, evaluando con especial rigor el Porcentaje de Eficacia en el Cierre de Acciones Correctivas (PCAC). Se debe establecer como meta contractual ineludible que el 90% de las alertas de alto riesgo crítico emitidas por la aplicación móvil sean mitigadas y cerradas técnicamente en un periodo improrrogable menor a 24 horas, asegurando la mejora continua del ciclo PHVA.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Internacional de la Seguridad Social [AISS]. (2021). *Indicadores líderes de la seguridad y salud en el trabajo: Guía práctica para la excelencia operacional* (2.<sup>a</sup> ed.). Ginebra, Suiza: Publicaciones de la AISS.
- Bird, F. (2023). *Liderazgo en el control de pérdidas y la gestión del riesgo operativo industrial* (Ed. revisada). Houston, TX: International Loss Control Institute.
- Chiavenato, I. (2022). *Gestión del talento humano: El capital humano de las organizaciones* (6.<sup>a</sup> ed.). Ciudad de México, México: McGraw-Hill.
- Decreto Ejecutivo No. 2 de 15 de febrero de 2008. Por el cual se aprueba el Reglamento de Seguridad, Salud e Higiene en la Industria de la Construcción. *Gaceta Oficial de la República de Panamá*, No. 25,982, 18 de febrero de 2008.
- García, M., y López, J. (2023). Andragogía laboral y capacitación dinámica: Claves para la mitigación de actos inseguros en la ingeniería de seguridad. *Revista Iberoamericana de Ingeniería Industrial*, 14(2), 115-130.
- Gutiérrez, H. (2022). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma* (5.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.
- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. (2023). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (2.<sup>a</sup> ed.). Ciudad de México, México: McGraw-Hill.
- Ley 51 de 27 de diciembre de 2005. Que reforma la Ley Orgánica de la Caja de Seguro Social y dicta otras disposiciones. *Gaceta Oficial de la República de Panamá*, No. 25,453, 28 de diciembre de 2005.
- López, L. (2023). *Ingeniería de procesos y mejora continua: Herramientas analíticas para la resolución de no conformidades estructurales*. Madrid, España: Editorial Paraninfo.
- Martínez, A. (2022). *Impacto socioeconómico de los accidentes laborales en megaproyectos de infraestructura urbana en la República de Panamá* (Tesis de maestría inédita). Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá.

- Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2018). *Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo — Requisitos con orientación para su uso* (Norma ISO 45001:2018). Ginebra, Suiza: Secretaría Central de ISO.
- Rodríguez, C. (2021). *Optimización de sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo en obras de infraestructura lineal mediante el control predictivo digital* (Tesis doctoral inédita). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Sánchez, G. (2023). Cultura de seguridad interdependiente en megaproyectos de infraestructura civil de alta complejidad. *Journal of Construction Safety and Management*, 8(1), 45-62.
- Silva, R., y Méndez, F. (2023). Liderazgo operativo y la norma ISO 45001 en proyectos viales de alta complejidad. *Revista Latinoamericana de Salud Ocupacional*, 19(3), 201-218.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1 CONTENIDO DE ENTREVISTA

### Instrumento de recolección de datos – Entrevista semiestructurada

#### Objetivo:

Recopilar información sobre las condiciones de seguridad, riesgos laborales y percepción del sistema de gestión de seguridad industrial en el Proyecto Ampliación CPA.

|                           |                                                                                             |                                                                         |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | <b>FORMATO DE ENTREVISTA CUALITATIVA</b><br>SST: GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO | Código: FT-SST-2026<br>Versión: 1.0<br>Proyecto: Corredor de las Playas |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|

**Instrucciones para el Entrevistador:** Complete los datos demográficos del colaborador y proceda a realizar las preguntas de forma semiestructurada. Genere un ambiente de confianza para mitigar sesgos por temor a represalias organizacionales.

#### 1. DATOS DEL ENTREVISTADO

|                      |  |                      |  |
|----------------------|--|----------------------|--|
| Cargo / Puesto:      |  | Área / Frente:       |  |
| Años de Experiencia: |  | Fecha de Aplicación: |  |

#### 2. CUESTIONARIO DE DIAGNÓSTICO OPERATIVO

1. ¿Cuáles son los principales riesgos a los que está expuesto en su área de trabajo?

2. ¿Considera que los equipos de protección personal (EPP) son adecuados y suficientes?

3. ¿Utiliza siempre todos los EPP requeridos? ¿Por qué?

4. ¿Qué dificultades presenta para el uso completo de los EPP?

5. ¿Cómo califica las condiciones de seguridad en su área de trabajo?

6. ¿Con qué frecuencia recibe capacitaciones en seguridad industrial?

7. ¿Considera que las capacitaciones son prácticas y útiles?

8. ¿Se cumplen los procedimientos de seguridad establecidos en su área?

9. ¿Ha observado actos inseguros o condiciones peligrosas? ¿Cuáles?

10. ¿Se reportan los incidentes o riesgos cuando ocurren?

11. ¿Qué tan efectiva considera la supervisión en temas de seguridad?

12. ¿Qué mejoras considera necesarias en el sistema de seguridad?

13. ¿Qué acciones cree que ayudarían a reducir los accidentes laborales?

14. ¿Considera importante la cultura de seguridad dentro del proyecto?

ANEXO 2: LISTA DE CHEQUEO DE SEGURIDAD

Lista de verificación de cumplimiento en seguridad industrial

|                      |                                                                                               |                                                                          |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| INSPECCIÓN OPERATIVA | <b>LISTA DE CHEQUEO DE SEGURIDAD EN CAMPO</b><br>SST: EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS IN SITU | Código: LCH-SST-2026<br>Versión: 1.0<br>Proyecto: Corredor de las Playas |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|

Instrucciones de Inspección: Marque con una (X) el cumplimiento de cada estándar evaluado. En caso de marcar "No cumple", es obligatorio detallar la desviación detectada en la columna de observaciones para su posterior plan de acción.

1. DATOS DE LA INSPECCIÓN

|                            |  |                         |  |
|----------------------------|--|-------------------------|--|
| Frente de Trabajo / Tramo: |  | Inspector / Supervisor: |  |
| Fecha y Hora:              |  | Firma de Validación:    |  |

2. ÍTEMS DE EVALUACIÓN OPERATIVA

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR TÉCNICO  | CUMPLE                   | NO CUMPLE                | OBSERVACIONES DE CAMPO |
|------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|
| 1    | Uso de casco de seguridad         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                        |
| 2    | Uso de botas de seguridad         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                        |
| 3    | Uso de guantes                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                        |
| 4    | Uso de chaleco reflectivo         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                        |
| 5    | Uso de protección visual (lentes) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                        |
| 6    | Uso de protección auditiva        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                        |
| 7    | Área de trabajo señalizada        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                        |
| 8    | Orden y limpieza del área         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                        |
| 9    | Herramientas en buen estado       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                        |
| 10   | Uso adecuado de maquinaria        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                        |
| 11   | Cumplimiento de procedimientos    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                        |

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR TÉCNICO  | CUMPLE                   | NO CUMPLE                | OBSERVACIONES DE CAMPO |
|------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|
| 12   | Existencia de rutas de evacuación | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                        |
| 13   | Señales de advertencia visibles   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                        |
| 14   | Supervisión en campo              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                        |
| 15   | Reporte de riesgos actualizado    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                        |

## ANEXO 3: FORMATO DE OBSERVACIÓN DE CAMPO

### Registro de observación en campo

|                                                                   |                                                        |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>Proyecto:</b> Ampliación del Corredor de las Playas            | <b>Empresa Ejecutora:</b> Constructora MECO            |
| <b>Normativa:</b> Decreto Ejecutivo No. 2 (2008) / ISO 45001:2018 | <b>Evaluación:</b> Cumple (C = 1) / No Cumple (NC = 0) |
| <b>Fecha de Aplicación:</b> Ciclo Operativo 2026                  |                                                        |

| N°         | ÍTEM / ESTÁNDAR TÉCNICO EVALUADO                                                                                      | EVAL | OBSERVACIONES TÉCNICAS IN SITU                                                   |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1.0</b> | <b>GESTIÓN DE EXCAVACIONES Y ESTABILIZACIÓN</b>                                                                       |      |                                                                                  |
| 1.1        | ¿Los taludes mayores a 1.50 m cuentan con ángulo de reposo o sistemas de entibado estructural instalados?             | NC   | Desviación crítica en Tramo El Espino. Falta de apuntalamiento en talud lateral. |
| 1.2        | ¿La maquinaria pesada cuenta con delimitación física de radio de giro para mitigar puntos ciegos?                     | NC   | Personal a pie transita dentro del radio de acción de la retroexcavadora.        |
| <b>2.0</b> | <b>TRABAJOS EN ALTURA E IZAJE DE ESTRUCTURAS</b>                                                                      |      |                                                                                  |
| 2.1        | ¿Los puntos de anclaje y líneas de vida horizontales han sido certificados previo al montaje de vigas?                | NC   | Cableado de acero presenta desgaste; ausencia de listas de chequeo diarias.      |
| 2.2        | ¿El personal operativo mantiene el uso del amés de forma ininterrumpida enganchado a un punto seguro?                 | C    | Personal cuenta con el equipo, pero se detecta intermitencia en traslados.       |
| <b>3.0</b> | <b>SEÑALIZACIÓN VIAL Y TRÁFICO CONCURRENTES</b>                                                                       |      |                                                                                  |
| 3.1        | ¿La distancia de transición y canalización de los desvíos adyacentes a la Interamericana cumple el diseño de la ATTT? | C    | Distribución de conos correcta de día; deficiente reflectividad nocturna.        |
| 3.2        | ¿El personal banderillero cuenta con paletas iluminadas y vestimenta de alta visibilidad Clase 3 activa?              | NC   | Uso de chalecos con pérdida de material retrorreflectivo por uso prolongado.     |
| <b>4.0</b> | <b>CAPACITACIÓN Y CONCIENCIACIÓN OPERATIVA</b>                                                                        |      |                                                                                  |
| 4.1        | ¿Se ejecuta y registra la charla de seguridad andragógica de 5 minutos previo al inicio de cada jornada?              | NC   | Se omite la charla diaria de 5 minutos por priorizar rendimientos de asfalto.    |

**Objetivo:** Explorar las barreras humanas, psicológicas y organizacionales que inducen a los actos inseguros y al subregistro de incidentes (near-misses) en la obra.

**Muestra Orientada:** 20 Colaboradores (Ingenieros, Oficiales de SST, Capataces y Obreros).

**Reactivo 1: Dimensión Ergonómica y Uso de EPP**

***Pregunta Técnica:** ¿Qué factores operativos o ambientales influyen en que el personal operativo decida retirarse de forma intermitente los Equipos de Protección Personal (gafas, guantes, respiradores) en la línea de fuego?*

**Respuesta Consolidada (Obreros de Pavimentación):** "El microclima en Sajalices presenta índices térmicos extremos a mediodía. Las gafas de protección convencionales provistas no cuentan con revestimiento técnico; el sudor empaña el lente en menos de 5 minutos. El trabajador prefiere retirarse el protector ocular porque la pérdida total de visibilidad adyacente al asfalto caliente representa un riesgo de caída superior al de trabajar sin lentes".

**VINCULACIÓN ANALÍTICA:** Justifica el 45% de frecuencia de actos inseguros tipificados en la Tabla 3 del estudio.

**Reactivo 2: Dimensión Organizacional y Subregistro (Near-misses)**

***Pregunta Técnica:** Al suscitarse un cuasi-accidente o incidente menor que no genera lesión física (ej. desprendimiento menor de tierra, roce de maquinaria), ¿cuál es el protocolo ejecutado por la cuadrilla y por qué se detecta resistencia al reporte formal?*

**Respuesta Consolidada (Capataces e Ingenieros Residentes):** "Existe una barrera punitiva en la cultura de la empresa. Si reportamos un 'casi-accidente' de forma analógica, el Oficial de SST detiene administrativamente el frente para inspección. Detener el frente de trabajo frena la colocación de metros lineales de asfalto programados. Como los bonos de producción de la cuadrilla y la evaluación del capataz dependen exclusivamente del avance físico diario, el personal opta por ocultar el evento, asumiendo que si no hubo heridos, no hay necesidad de afectar el rendimiento operacional".

**VINCULACIÓN ANALÍTICA:** Fundamenta matemáticamente el 30% de subregistro latente en la base de la Pirámide de Bird evaluado en el Capítulo IV.

| CONCEPTO TÉCNICO      | ESPECIFICACIÓN OPERATIVA REQUERIDA                                                                                                             |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Arquitectura de Red   | Sistema con soporte híbrido de sincronización offline (Almacenamiento local SQLite) debido a la baja cobertura celular en la Variante Campana. |
| Seguridad de Datos    | Encriptación de datos en tránsito bajo protocolo TLS 1.3 y anonimato cifrado en el Módulo 2 para garantizar la protección del obrero.          |
| Interfaz de Usuario   | Diseño UX/UI andragógico simplificado. Uso de iconografía de alta escala visual y reconocimiento por voz para operarios con baja escolaridad.  |
| Integración Analítica | Conectividad mediante API REST hacia el Dashboard de Gestión Gerencial para la actualización automática de KPIs Líderes (ICIC, PCAC, TRCA).    |

## ANEXO 4: EVIDENCIA DE RESULTADOS

### Evidencia y soporte de análisis

Durante la aplicación de los instrumentos de recolección de datos, se identificaron diversas situaciones relacionadas con el incumplimiento del uso de equipos de protección personal, aplicación inconsistente de los procedimientos de seguridad y deficiencias en la supervisión operativa. Estos hallazgos fueron analizados en el Capítulo IV y sirvieron de base para el diseño de la propuesta de mejora orientada al fortalecimiento del sistema de seguridad industrial.

| INSPECCIÓN OPERATIVA                                                                                                                                                                                                                       |                                   | LISTA DE CHEQUEO DE SEGURIDAD EN CAMPO |                                     | Código: LCH-SST-2026<br>Versión: 1.0<br>Proyecto: Corredor de las Playas |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| SST: EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS IN SITU                                                                                                                                                                                               |                                   |                                        |                                     |                                                                          |
| Instrucciones de Inspección: Marque con una (X) el cumplimiento de cada estándar evaluado. En caso de marcar "No cumple", es obligatorio detallar la desviación detectada en la columna de observaciones para su posterior plan de acción. |                                   |                                        |                                     |                                                                          |
| <b>1. DATOS DE LA INSPECCIÓN</b>                                                                                                                                                                                                           |                                   |                                        |                                     |                                                                          |
| Frete de Trabajo / Tramo:                                                                                                                                                                                                                  | Puente Sajalices                  | Inspector / Supervisor:                | Carlos Rodríguez                    |                                                                          |
| Fecha y Hora:                                                                                                                                                                                                                              | 10/06/2026, 09:30 AM              | Firma de Validación:                   | C. Rodríguez                        |                                                                          |
| <b>2. ÍTEMES DE EVALUACIÓN OPERATIVA</b>                                                                                                                                                                                                   |                                   |                                        |                                     |                                                                          |
| ÍTEM                                                                                                                                                                                                                                       | DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR TÉCNICO  | CUMPLE                                 | NO CUMPLE                           | OBSERVACIONES DE CAMPO                                                   |
| 1                                                                                                                                                                                                                                          | Uso de casco de seguridad         | <input type="checkbox"/>               | <input checked="" type="checkbox"/> | Casco desgastado y sin barbiguero.                                       |
| 2                                                                                                                                                                                                                                          | Uso de botas de seguridad         | <input type="checkbox"/>               | <input checked="" type="checkbox"/> | Botas de seguridad sin puntera correcta.                                 |
| 3                                                                                                                                                                                                                                          | Uso de guantes                    | <input checked="" type="checkbox"/>    | <input checked="" type="checkbox"/> | Guantes de cuero insuficientes en frente.                                |
| 4                                                                                                                                                                                                                                          | Uso de chaleco reflectivo         | <input type="checkbox"/>               | <input checked="" type="checkbox"/> | Chaleco reflectivo desgastado (solicitor)                                |
| 5                                                                                                                                                                                                                                          | Uso de protección visual (lentes) | <input type="checkbox"/>               | <input checked="" type="checkbox"/> | Lentes sucios o dañados                                                  |
| 6                                                                                                                                                                                                                                          | Uso de protección auditiva        | <input type="checkbox"/>               | <input checked="" type="checkbox"/> | Auditivo desgastado en mal estado                                        |
| 7                                                                                                                                                                                                                                          | Área de trabajo señalizada        | <input type="checkbox"/>               | <input checked="" type="checkbox"/> | Revisadas                                                                |
| 8                                                                                                                                                                                                                                          | Orden y limpieza del área         | <input checked="" type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/>            | Herramientas con mangos sucios                                           |
| 9                                                                                                                                                                                                                                          | Herramientas en buen estado       | <input checked="" type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/>            |                                                                          |
| 10                                                                                                                                                                                                                                         | Uso adecuado de maquinaria        | <input checked="" type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/>            |                                                                          |
| 11                                                                                                                                                                                                                                         | Cumplimiento de procedimientos    | <input type="checkbox"/>               | <input checked="" type="checkbox"/> | Faltan firmas del personal                                               |

Lista de Chequeo de Campo | SST

Página 1

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR TÉCNICO  | CUMPLE                              | NO CUMPLE                           | OBSERVACIONES DE CAMPO                                 |
|------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 12   | Existencia de rutas de evacuación | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | Correctas y despejadas                                 |
| 13   | Señales de advertencia visibles   | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | Señales de advertencia visibles pero no todas          |
| 14   | Supervisión en campo              | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | Supervisión presente en frentes                        |
| 15   | Reporte de riesgos actualizado    | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | Near-misses no informados (Faltan firmas del personal) |

Firma de Validación: C. Rodríguez

10/06/2026

Lista de Chequeo de Campo | SST

Página 2