

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPÍTULO 1: CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROYECTO | 2 |
| 1.1 Lugar de aplicación | 3 |
| 1.1.1 Visión de Antofagasta Minerals | 3 |
| 1.1.2 Propósito de Antofagasta Minerals..... | 3 |
| 1.1.3 Valores de Los Pelambres | 3 |
| 1.1.4 Producción de Los Pelambres | 4 |
| 1.1.5 Estructura organizacional de la gerencia de Seguridad y Salud Ocupacional de Los Pelambres | 4 |
| 1.2 Contexto del proyecto..... | 5 |
| 1.2.1 Verificaciones de seguridad en papel | 6 |
| 1.2.2 Verificaciones de seguridad virtuales mediante formularios <i>online</i> | 8 |
| 1.2.3 Problemática | 9 |
| 1.3 Objetivos..... | 9 |
| 1.3.1 Objetivo general | 9 |
| 1.3.2 Objetivos específicos..... | 10 |
| 1.4 Resultados tangibles esperados | 10 |
| CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA..... | 12 |
| 2.1 Marco teórico..... | 13 |

| | |
|---|----|
| 2.1.1 Metodologías de mejoramiento continuo | 13 |
| 2.1.2 Herramientas para la definición, medición, análisis, propuestas de mejora y control de problemas..... | 14 |
| 2.1.3 Manuales de instrucción | 17 |
| 2.1.4 Normas de Seguridad y Salud Ocupacional | 17 |
| 2.1.5 Herramientas de Seguridad y Salud Ocupacional | 18 |
| 2.1.6 Métodos de comparación de alternativas..... | 19 |
| 2.1.7 Sistemas de información..... | 20 |
| 2.1.8 Metodologías de capacitación | 21 |
| 2.1.9 Herramientas de evaluación de impactos de implementación..... | 22 |
| 2.2 Metodología de solución | 23 |
| 2.2.1 Método de comparación de metodologías..... | 23 |
| 2.2.2 Selección de metodología..... | 24 |
| 2.3 Cronograma | 29 |
| CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA..... | 30 |
| 3.1 Diagnóstico de la situación actual respecto al nuevo sistema de reportabilidad digital de SSO | 31 |
| 3.1.1 Active Risk Manager (ARM) | 31 |
| 3.1.2 Sword Verify | 33 |
| 3.1.3 Implementación de Sword Verify en Los Pelambres | 35 |
| 3.2 Resultados del diagnóstico realizado..... | 36 |

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO 4: MEDICIÓN DEL PROBLEMA..... | 41 |
| 4.1 Medición del pilotaje de Sword Verify | 42 |
| 4.1.1 Medición de uso de ARM..... | 42 |
| 4.1.2 Medición de uso de Sword Verify..... | 43 |
| 4.4 Medición de la implementación de Sword Verify en Los Pelambres | 50 |
| CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DEL PROBLEMA | 51 |
| 5.1 Análisis de los problemas identificados | 52 |
| 5.2 Análisis de la implementación ineficiente de Sword Verify | 52 |
| 5.3 Análisis de las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify | 55 |
| CAPÍTULO 6: PROPUESTAS DE MEJORA..... | 58 |
| 6.1 Propuestas de mejora para los problemas identificados | 59 |
| 6.2 Propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify | 59 |
| 6.2.1 Definición de las propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify | 59 |
| 6.2.2 Priorización de las propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify | 61 |
| 6.3 Propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify | 65 |
| 6.3.1 Definición de las propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify | 65 |
| 6.3.2 Priorización de las propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify | 66 |
| CAPÍTULO 7: CONTROL DEL PROBLEMA..... | 70 |

| | |
|--|----|
| 7.1 Control del uso de Sword Verify | 71 |
| CAPÍTULO 8: EVALUACIÓN DE IMPACTOS | 75 |
| 8.1 Impacto ambiental de las propuestas de mejora | 76 |
| 8.2 Impacto social de las propuestas de mejora..... | 77 |
| 8.3 Impacto en la Seguridad y Salud Ocupacional de las propuestas de mejora..... | 79 |
| 8.4 Impacto económico de las propuestas de mejora | 82 |
| CONCLUSIONES..... | 84 |
| BIBLIOGRAFÍA | 86 |
| ANEXOS..... | 93 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1: Organigrama de la gerencia de SSO de Los Pelambres | 5 |
| Ilustración 2: Dificultades de las alternativas de verificación de seguridad en terreno | 6 |
| Ilustración 3: Ciclo de la metodología DMAIC | 28 |
| Ilustración 4: Árbol de problemas de la implementación ineficiente de Sword Verify | 38 |
| Ilustración 5: Árbol de problemas de las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify | 38 |
| Ilustración 6: Diagrama de Ishikawa sobre la ineficiente implementación de Sword Verify | 39 |
| Ilustración 7: Diagrama SIPOC del proceso de verificación de seguridad en Sword Verify | 40 |
| Ilustración 8: Matriz de impacto - esfuerzo de las propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify..... | 63 |

| | |
|--|----|
| Ilustración 9: Matriz de impacto - esfuerzo de las propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify | 68 |
| Ilustración 10: Panel de control del uso de Sword Verify | 73 |
| Ilustración 11: Versión preliminar de la nueva modalidad de respuestas “No” en Sword Verify | 80 |
| Ilustración 12: Resumen económico de llevar a cabo el proyecto mediante tres alternativas | 83 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Toneladas de producción de minera Los Pelambres en el año 2021 | 4 |
| Tabla 2: Cantidad de recursos involucrados mensualmente en la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres | 8 |
| Tabla 3: Valores cuantitativos para la comparación de criterios..... | 24 |
| Tabla 4: Comparación cuantitativa de los criterios definidos | 25 |
| Tabla 5: Promedio ponderado de cada criterio | 26 |
| Tabla 6: Evaluación de metodologías en los distintos criterios..... | 27 |
| Tabla 7: Cronograma de la ejecución del proyecto de título | 29 |
| Tabla 8: Empresas participantes del pilotaje de Sword Verify en Los Pelambres | 36 |
| Tabla 9: 5W1H de la ineficiente implementación de Sword Verify | 37 |
| Tabla 10: 5W1H de las imperfecciones en la funcionalidad de Sword Verify | 37 |
| Tabla 11: Principales causas de los problemas identificados respecto a la aplicación móvil | 40 |

| | |
|---|----|
| Tabla 12: Tiempo promedio invertido en realizar cada verificación de seguridad | 49 |
| Tabla 13: Tiempo promedio invertido en realizar cada verificación de seguridad según rango etario | 49 |
| Tabla 14: Análisis 5 Por qué de la implementación ineficiente de Sword Verify (parte uno) | 53 |
| Tabla 15: Análisis 5 Por qué de la implementación ineficiente de Sword Verify (parte dos) | 54 |
| Tabla 16: Análisis 5 Por qué de las imperfecciones en la funcionalidad de Sword Verify (parte uno)..... | 56 |
| Tabla 17: Análisis 5 Por qué de las imperfecciones en la funcionalidad de Sword Verify (parte dos)..... | 57 |
| Tabla 18: Evaluación de las propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify | 62 |
| Tabla 19: Priorización y descripción de las propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify..... | 64 |
| Tabla 20: Evaluación de las propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify | 67 |
| Tabla 21: Priorización y descripción de las propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify..... | 69 |
| Tabla 22: Verificaciones realizadas en Sword Verify en Los Pelambres por día y hora entre enero y junio del 2022 | 72 |
| Tabla 23: Recursos ambientales implicados anualmente en la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres | 76 |

| | |
|--|----|
| Tabla 24: Estimación de actividades rechazadas de realizar mensual y anualmente en Los Pelambres | 81 |
|--|----|

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|----|
| Ecuación 1: Estimación de la cantidad de verificaciones de seguridad mensuales realizadas en papel en Los Pelambres | 7 |
| Ecuación 2: Hojas de papel utilizadas mensualmente para las verificaciones de seguridad de Los Pelambres | 7 |
| Ecuación 3: Dióxido de carbono emitido mensualmente en la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres | 7 |
| Ecuación 4: Litros de agua gastados mensualmente en la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres | 7 |
| Ecuación 5: Árboles talados mensualmente para la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres | 7 |
| Ecuación 6: Usuarios distintos por cada trabajador..... | 8 |
| Ecuación 7: Tamaño de muestra para probabilidades y proporciones con N conocida | 15 |
| Ecuación 8: Tamaño de muestra para probabilidades y proporciones con N desconocida.. | 15 |
| Ecuación 9: Tamaño de la muestra para promedios con N conocida..... | 15 |
| Ecuación 10: Tamaño de la muestra para promedios con N desconocida..... | 16 |
| Ecuación 11: Razón de consistencia..... | 25 |
| Ecuación 12: Índice de consistencia..... | 25 |
| Ecuación 13: Índice de consistencia aleatoria | 26 |
| Ecuación 14: Suma de los promedios ponderados de cada criterio..... | 26 |

| | |
|---|----|
| Ecuación 15: Cálculo del índice de consistencia..... | 26 |
| Ecuación 16: Cálculo del índice de consistencia aleatoria | 26 |
| Ecuación 17: Cálculo de la razón de consistencia | 27 |
| Ecuación 18: Tiempo requerido para habilitar todas las carpetas de Los Pelambres..... | 42 |
| Ecuación 19: Días de trabajo requeridos para habilitar todas las carpetas de Los Pelambres | 42 |
| Ecuación 20: Tiempo invertido en registrar nuevos usuarios..... | 43 |
| Ecuación 21: Cantidad de datos para que la muestra de las mediciones sea representativa | 49 |
| Ecuación 22: Promedio diario de personas capacitadas en el piloto de Sword Verify | 50 |
| Ecuación 23: Tiempo estimado para capacitar a todos los trabajadores de Los Pelambres. | 50 |
| Ecuación 24: Dióxido de carbono emitido anualmente por la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres | 76 |
| Ecuación 25: Litros de agua gastados anualmente en la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres | 76 |
| Ecuación 26: Árboles talados anualmente para la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres | 76 |
| Ecuación 27: Cantidad de datos para que la muestra de la encuesta sea representativa | 79 |
| Ecuación 28: Estimación de la cantidad mensual de actividades rechazadas por las empresas participantes del piloto de Sword Verify en minera Los Pelambres | 80 |
| Ecuación 29: Estimación de la cantidad anual de actividades rechazadas por las empresas participantes del piloto de Sword Verify en minera Los Pelambres | 80 |

| | |
|--|----|
| Ecuación 30: Estimación de la cantidad total de respuestas "No" obtenidas mensualmente en las verificaciones realizadas en minera Los Pelambres..... | 81 |
| Ecuación 31: Estimación de las actividades rechazadas de realizar mensualmente en Los Pelambres | 81 |
| Ecuación 32: Estimación de las actividades rechazadas de realizar anualmente en Los Pelambres | 81 |
| Ecuación 33: Porcentaje de las verificaciones anuales que finalmente no son actividades realizadas | 82 |
| Ecuación 34: Hojas invertidas anualmente en las verificaciones de seguridad..... | 82 |
| Ecuación 35: Resmas de hojas invertidas anualmente en las verificaciones de seguridad .. | 83 |
| Ecuación 36: Ahorro económico anual en la producción de papel | 83 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1: Capacitaciones presenciales de Sword Verify | 44 |
| Gráfico 2: Diagrama de Pareto para los motivos de no uso de Sword Verify..... | 45 |
| Gráfico 3: Capacitaciones presenciales y virtuales de Sword Verify..... | 46 |
| Gráfico 4: Trabajadores capacitados y usuarios de Sword Verify en Los Pelambres | 47 |
| Gráfico 5: Verificaciones semanales de las empresas participantes del pilotaje de Sword Verify en Los Pelambres | 48 |
| Gráfico 6: Resultados de la encuesta de satisfacción de Sword Verify..... | 78 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1: Verificaciones <i>online</i> realizadas en parte del año 2021 y 2022 en Los Pelambres | 93 |
| Anexo 2: Parte de una verificación en papel realizada en Los Pelambres | 93 |
| Anexo 3: Cantidad de recursos involucrados en la producción 1.000 hojas de papel tamaño carta | 94 |
| Anexo 4: Códigos QR de las verificaciones de seguridad <i>online</i> | 94 |
| Anexo 5: Logo de Sword Verify | 94 |
| Anexo 6: Comparación de metodologías según su facilidad de aplicación | 95 |
| Anexo 7: Comparación de metodologías según su tiempo de aplicación | 95 |
| Anexo 8: Comparación de metodologías según su competencia | 95 |
| Anexo 9: Comparación de metodologías según su adaptación al cambio..... | 95 |
| Anexo 10: Carpetas con las gerencias y superintendencias de Los Pelambres | 96 |
| Anexo 11: Estrategias de control de cada carpeta | 97 |
| Anexo 12: Controles de cada estrategia de control | 97 |
| Anexo 13: Activación de cada rol por cada control crítico | 98 |
| Anexo 14: Falla al ingresar a la aplicación..... | 98 |
| Anexo 15: Interfaz de la aplicación móvil para la verificación “INTERACCIÓN CON ENERGÍA NEUMÁTICA” en la gerencia “Puerto”..... | 99 |
| Anexo 16: Interfaz de dos verificaciones enlazadas en la gerencia “Puerto” en la aplicación móvil..... | 99 |

| | |
|---|-----|
| Anexo 17: Interfaz de la aplicación móvil para la verificación de “BUCEO PROFESIONAL” en la gerencia “Puerto” | 100 |
| Anexo 18: Búsqueda errónea de un usuario por su nombre | 100 |
| Anexo 19: Búsqueda exitosa de un usuario por su nombre..... | 101 |
| Anexo 20: Búsqueda errónea de un usuario por su RUT | 101 |
| Anexo 21: Búsqueda mediante filtros de un usuario por su RUT | 101 |
| Anexo 22: Búsqueda exitosa mediante filtros de un usuario por su RUT | 102 |
| Anexo 23: Cuentas creadas y no creadas de los distintos usuarios de ARM | 102 |
| Anexo 24: Ventana para crear un nuevo usuario en ARM..... | 103 |
| Anexo 25: Ventana para crear una nueva cuenta en ARM..... | 103 |
| Anexo 26: Ventana de ARM con las verificaciones realizadas en una estrategia de control | 104 |
| Anexo 27: Power Bi con los datos de Sword Verify por cada compañía de Antofagasta Minerals | 104 |
| Anexo 28: Correo para crear la clave necesaria para ingresar a la aplicación móvil | 105 |
| Anexo 29: Ventana para solicitar el reenvío del correo de creación de clave de la aplicación móvil..... | 105 |
| Anexo 30: Creación de clave de la aplicación móvil | 105 |
| Anexo 31: Interfaz de la aplicación móvil en blanco | 106 |
| Anexo 32: Interfaz de la aplicación móvil ante falta de conexión a internet | 106 |
| Anexo 33: Solicitud de la URL de ARM para ingresar a la aplicación móvil | 107 |

| | |
|--|-----|
| Anexo 34: Interfaz para ingresar el usuario y clave en la aplicación móvil..... | 107 |
| Anexo 35: Interfaz para solicitar reenvío del correo para activar la clave de la aplicación móvil..... | 108 |
| Anexo 36: Interfaz para crear una nueva pregunta de seguridad en la aplicación móvil... | 108 |
| Anexo 37: Cambio de roles en Sword Verify | 109 |
| Anexo 38: Interfaz inicial para realizar una verificación en Sword Verify..... | 109 |
| Anexo 39: Búsqueda errónea de una estrategia de control en Sword Verify | 110 |
| Anexo 40: Búsqueda exitosa de una estrategia de control en Sword Verify..... | 110 |
| Anexo 41: Pregunta de una verificación en la aplicación móvil | 111 |
| Anexo 42: Validación de seguridad ante una respuesta “No” en la aplicación móvil | 111 |
| Anexo 43: Interfaz de revisión de una verificación realizada en la aplicación móvil..... | 112 |
| Anexo 44: Correo electrónico de respaldo de una verificación realizada en Sword Verify | 112 |
| Anexo 45: Lista de asistencia de capacitación de Sword Verify..... | 113 |
| Anexo 46: Material visual de la capacitación de Sword Verify..... | 114 |
| Anexo 47: Capacitaciones virtuales semanales de Sword Verify | 114 |
| Anexo 48: Porcentaje de trabajadores que utiliza Sword Verify en Los Pelambres | 115 |
| Anexo 49: Promedio de verificaciones en Sword Verify por cada trabajador | 115 |
| Anexo 50: Promedio de verificaciones considerando solo a los usuarios efectivos de Sword Verify..... | 115 |
| Anexo 51: Parte de las mediciones en terreno del uso de Sword Verify..... | 115 |

Anexo 52: Verificaciones en Sword Verify en dos meses del 2022 en minera Los Pelambres 116

Anexo 53: Verificaciones virtuales totales y con respuesta “No” para parte del 2021 y 2022 en minera Los Pelambres..... 116

Anexo 54: Costos asociados a llevar a cabo el proyecto mediante la contratación de un memorista 116

Anexo 55: Costos asociados a llevar a cabo el proyecto mediante un ingeniero de la empresa 117

Anexo 56: Costos asociados a llevar a cabo el proyecto mediante una empresa asesora externa 117