

Aplicación de la ciencia de datos para la detección temprana de riesgos laborales y medidas preventivas en el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo de la empresa Etib

S.A.S

Nohemy Parra Velasco

Asesor

Andrés Felipe Hernández Giraldo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Especialización en Ciencia de Datos y Analítica

2026

Andrés Felipe Hernández Giraldo

Director de Trabajo de Grado

Jurado

Jurado

Dedicatoria

A mis padres, por el apoyo incondicional, Esposo e hijos por su apoyo e iniciativa motivadora en medio de esta etapa de formación académica, profesional y laboral. A la ciencia de datos, analítica y estadística, sus técnicas, aplicaciones y beneficios, sin dejar de lado la innovación y nuevas oportunidades en la optimización de procesos y mejoras continuas.

Agradecimientos

Sin duda alguna primeramente a Dios, por la sabiduría y resistencia, a mi esposo e hijo quienes me han impulsado a seguir adelante en este proceso, para alcanzar los objetivos formativos y académicos. A la Empresa Etib S.A.S, por el apoyo incondicional por parte de los jefes de proceso en la disposición para la información. A la universidad Nacional Abierta y a Distancia - Unad y equipo docente, por el tiempo, la orientación académica, disposición y amor por su profesión.

Resumen

En Colombia el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) es un proceso desarrollado por etapas con el fin de evaluar, prevenir y controlar los riesgos que pueden afectar la salud de los trabajadores dentro de una organización, garantizando un ambiente laboral seguro y saludable para los trabajadores, mediante la implementación de un proceso de mejora continua que abarca la planificación, implementación y evaluación. Cómo lo establece Decreto 1072 de 2015, simplificando la normativa laboral colombiana y estableciendo un marco legal único que garantice los derechos de los trabajadores y las obligaciones de los empleadores. Este proyecto aplicado titulado, Aplicación de la ciencia de datos para la detección temprana de riesgos laborales y medidas preventivas en el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo de la empresa **Etib S.A.S.** Se ejecuta ante la necesidad del estudio, en seguimiento y estrategias por medio del Análisis de datos e identificación temprana de las variables más representativas en el SG-SST, para la implementación de medidas preventivas enfocadas en la reducción de accidentes y enfermedades laborales en los trabajadores de la empresa **ETIB. S.A.S.** A su vez el control en términos en riesgos operativos y financieros. Por esta razón a través de la ciencia y la analítica descriptiva de datos identificar el comportamiento histórico de los datos con relación a las condiciones de salud y seguridad de los trabajadores y probabilidades de ocurrencia de eventos laborales, que faciliten la toma de decisiones basadas en modelos predictivos supervisados.

Palabras clave: Análisis, recomendaciones médicas, salud, riesgos labora, seguimiento.

Abstract

In Colombia, the Occupational Health and Safety Management System (SG-SST) is a phased process designed to assess, prevent, and control risks that may affect the health of workers within an organization. It aims to guarantee a safe and healthy work environment through the implementation of a continuous improvement process encompassing planning, implementation, and evaluation. This is established by Decree 1072 of 2015, which simplified Colombian labor regulations and established a single legal framework guaranteeing workers' rights and employers' obligations. This applied project, entitled "Application of Data Science for the Early Detection of Occupational Risks and Preventive Measures in the Occupational Health and Safety Management System of Etib S.A.S.," was implemented to address the need for study, monitoring, and strategies. Through data analysis and early identification of the most representative variables in the SG-SST, the project seeks to implement preventive measures focused on reducing workplace accidents and illnesses among the employees of Etib S.A.S. This also involves controlling operational and financial risks. For this reason, through data science and descriptive analytics, we identify the historical behavior of data related to workers' health and safety conditions and the probability of workplace incidents, facilitating decision-making based on supervised predictive models.

Keywords: Analysis, medical recommendations, health, occupational risks, monitoring.

Tabla de Contenido

Introducción	11
Descripción del Problema	13
Planteamiento del Problema.....	13
Justificación	15
Objetivos	17
Objetivo General	17
Objetivos Específicos.....	17
Marco Referencial.....	18
Marco Teórico.....	18
Marco Conceptual	20
Marco Normativo	25
Metodología	28
Método Crisp-Dm.....	30
Comprensión del Negocio.....	30
Comprensión de los Datos	30
Preparación de los Datos.....	30
Explorar y Procesar los Datos.	30
Modelado	31
Planificar y Elaborar el Modelo	31
Evaluación.....	31
Implementación.....	31
Resultados.....	32

Descripción de los Datos.....	32
Proceso de Limpieza y Preparación de Datos	32
Análisis exploratorio de Datos (EDA)	32
Procesamiento de Datos	32
Modelado	38
Evaluación.....	40
Conclusiones	41
Recomendaciones	43
Referencias Bibliográficas	45

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Concepto y Definición</i>	21
Tabla 2 <i>Comparación Modelos Utilizados</i>	24
Tabla 3 <i>Concepto y Definición</i>	25
Tabla 4 <i>Distribución de Datos</i>	38

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Metodología de Crisp-Dm</i>	31
Figura 2 <i>Distribución de Trabajadores por Genero</i>	33
Figura 3 <i>Distribución de Diagnóstico Médico más Representativo por el Rango de Edad</i>	33
Figura 4 <i>Distribución de la Edad con Relación al Nivel de Riesgo Laboral</i>	35
Figura 5 <i>Distribución Nivel de Riesgo con Relación a la Frecuencia y Severidad</i>	36
Figura 6 <i>Distribución entre la Frecuencia y Severidad de Accidentes</i>	37
Figura 7 <i>Distribución Mapa de Calor Nivel de Riesgo</i>	38
Figura 8 <i>Comparación de Modelos y Riesgo de Accidentalidad</i>	39

Introducción

El presente trabajo pretende determinar por medio del análisis de datos, las estrategias a establecer en el sistema de gestión y seguridad en el Trabajo en **ETIB S.A.S** Empresa de Transporte Integrado de Bogotá, el cual se encarga de transportar usuarios en el sistema de Sitp en la ciudad de Bogotá, con más de 3.800 colaboradores y un alto índice de accidentalidad laboral, en su mayoría cargos operativos, operadores del sistema de Transmilenio. La importancia de esta investigación radica en la investigación analítica y temprana en riesgos y recomendaciones laborales, incluyendo acciones que una vez implementadas en el Sistema de Gestión en seguridad y salud en el trabajo (SG-SST), faciliten el cumplimiento del plan estratégico, obtener la información en el campo de estudio Para el desarrollo de la investigación, los objetivos, justificación para posteriormente desarrollar los antecedentes, bases teóricas y metodología, catalogando el estudio analítico descriptivo, mediante la aplicación de los modelos de regresión y clasificación, algoritmos de aprendizaje supervisado.

En el campo de los riesgos laborales y la seguridad y la salud en el trabajo (SST), la analítica de datos es una herramienta que genera valor al componente estratégico de toda organización y facilita la implementación y seguimiento de las políticas y la gestión del riesgo. Por esta razón se pretende analizar y predecir el comportamiento histórico de los datos determinando las condiciones de salud y seguridad de los trabajadores de la Empresa **ETB S.A.S** que faciliten la toma de decisiones de acuerdo con la interpretación y análisis de los modelos predictivos ayudándole a gestionar adecuadamente las variables e identificación de patrones, destinados a la detección temprana, preventiva en las enfermedades y accidentalidad laboral.

Consecutivamente, se lleva a cabo la medición y evaluación de los riesgos existentes ya identificados, impacto e incidencia de los indicadores existentes, metas y resultados deseados por

la empresa. A lo largo del documento se desarrollan los principales conceptos relacionados con el impacto y la reducción de accidentes laborales. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos para la toma de decisiones, aportes al debate académico y profesional, brindando insumos útiles para futuras investigaciones, se espera contribuir a una mejor comprensión de esta problemática y sus desafíos legales y empresariales.

Descripción del Problema

Planteamiento del Problema

Teniendo en cuenta el alto índice en riesgos operativos y agentes laborales, estrechamente relacionados con las funciones propias al cargo, por parte de los trabajadores de la empresa ETIB S.A.S. La accidentabilidad laboral y el incremento diario de las enfermedades de origen laboral, asociado al cumplimiento de la normativa vigente del Sistema de Gestión en seguridad y salud en el trabajo (SG-SST), garantizando un ambiente laboral seguro y saludable para los trabajadores, mediante la implementación de un proceso de mejora continua que abarca la planificación, implementación y evaluación. Cómo lo establece Institucional y jurídicamente el Decreto 1072 de 2015 Libro 2, Parte 2, Titulo 4, Capitulo 6. Resulta de vital importancia la detección temprana en riesgos laborales, salud de los trabajadores y medidas preventivas, que permitan mitigar los riesgos operativos y factores en la probabilidad de ocurrencia en accidentes y enfermedades de origen laboral.

En **Etib S.A.S** Empresa de Transporte Integrado de Bogotá, el cual se dedica a transportar usuarios en el sistema de Sitp en la ciudad de Bogotá, con más de 3.800 colaboradores y un alto índice de accidentalidad y aumento de reportes por recomendaciones medico laborales, en su mayoría los cargos operativos siendo estos los más representativos. Es decir, de los 2.900 operadores en la profesión de conductores del Sitp, el 64% de los trabajadores ha presentado eventos laborales y cuenta con algún tipo de recomendación y/o restricción laboral. Como principales factores de riesgos están relacionados con la falta de autocuidado, la jornada laboral, la falta de información y seguimiento en presentación a los exámenes periódicos de los trabajadores, en cuanto a los diferentes agentes a los cuales están expuestos los trabajadores, se encuentra en primer lugar, los Agentes físicos, biológicos, psicológicos y Ergonómicos.

En la práctica de la aplicación de técnicas de limpieza, transformación y análisis exploratorio de datos (EDA) y el comportamiento de los modelos de algoritmos supervisados se pretende predecir la detección temprana de riesgos laborales y las medidas preventivas encaminadas al bienestar laboral. El compromiso y cumplimiento de estos no solo depende del proceso de SST, es responsabilidad del trabajador entre otras, procurar el cuidado integral de su salud y participar y contribuir al cumplimiento de los objetivos del SG-SST, Como lo establece el Decreto 1072 en el artículo 2.2.4.6.10, ya que los accidentes del trabajo y las enfermedades profesionales tienen grandes repercusiones tanto en los trabajadores como en su entorno familiar. Además, los efectos derivados de los riesgos en la empresa, como lo es la afectación en la productividad e interrupción en los procesos ante la operación en vía y la producción en la disponibilidad de los vehículos como recurso material, los riesgos financieros derivados de los accidentes y enfermedades laborales ante la atención médica, la rehabilitación e indemnizaciones por pérdida de capacidad laboral, el tiempo de inactividad por parte de los trabajadores y las constantes investigaciones. De acuerdo con la base de datos suministrada por la empresa, el presente proyecto aplicado titulado, Aplicación de la ciencia de datos para la detección temprana de riesgos laborales y medidas preventivas en el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo de la empresa Etib S.A.S.

Justificación

El Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo permite a través de sus lineamientos mantener un monitoreo y control de los riesgos asociados a la salud derivados por la actividad laboral, con el objetivo principal en garantizar un ambiente laboral seguro y saludable para los trabajadores, mediante la implementación de un proceso de mejora continua que abarca la planificación, implementación y evaluación del sistema en las empresas. Este proyecto considera analizar los datos históricos del SG-SST, identificar y estudiar las variables asociadas a la ocurrencia de incidentes laborales, Frecuencia y Severidad las cuales son índices que miden los accidentes de trabajo y los días de incapacidad por periodos con relación a la severidad, dado que esto le permite organizar su actividad operativa vial, a su vez el control sobre el riesgo operativo y financiero para el análisis y finalmente indicar una metodología para indicar el valor objetivo de las variables. (Palacio O,2023).

Desde el punto de vista teórico, la presente investigación aportó conocimientos e interpretaciones relacionadas con el riesgo operacional, surgidos de la revisión de bibliografía actualizada sobre esta temática. Además, presenta conceptos, características, elementos, entre otros, la medición del riesgo con diferentes enfoques se justifica desde el punto de vista metodológico, puesto que representa un antecedente para estudios futuros donde se aborde la temática de gestión del riesgo operativo laboral en otros sectores.

Por otra parte, en la evaluación de las condiciones ambientales y características psicológicas basado en señales recolectadas en trabajadores con modelos de machine learning usando biosensores, profundizando en el estado psíquico señales de ondas cerebrales integrando análisis de componentes, procesamiento de imágenes y algoritmos de aprendizaje de máquina,

alcanzando mediciones del estrés subjetivo en sus múltiples niveles usando electroencefalograma (Jebelli et 2019, 2020; Liu et al., 2021)

En este contexto la aplicación de la ciencia de datos y su campo multidisciplinar mediante el uso de avanzadas herramientas para analizar datos, desarrollar conocimientos para crear significado y el modelado de datos de Machine Learning, mediante las diferentes técnicas y análisis estadístico ayudan a resolver, crear conocimiento que mejoren el rendimiento de las predicciones, surge la necesidad de dar nuevos enfoques a métodos estadísticos y aplicación de modelos de machine learning para resolver problemas de regresión y clasificación, la correlación entre datos y cómo estas relaciones pueden ayudar en la toma de decisiones para la reducción de los accidentes laborales y prevención de condiciones inseguras en materia de SST, el detectar patrones de comportamiento, identificando automáticamente las variables que propician ciertos hechos y reacción en consecuencia, antes de que se llegara a producir un accidente laboral o riesgos puedan llegar a materializarse. Este proyecto de grado, se propuso evaluar la potencialidad de los modelos predictivos basados en Machine Learning para estimar la probabilidad de ocurrencia de incidentes laborales más precisa, mediante la evaluación de los modelos implementados se lograron alcanzar métricas de predicción satisfactorias, el paso a paso permitió identificar desafíos clave en el tratamiento y la claridad de los datos, como en la validación de las variables de los algoritmos, siendo estos hallazgos relevantes, puesto que evidencian los límites en modelación y señalan aspectos cruciales a considerar en investigaciones futuras, mediante el análisis de los datos obtenidos en términos de predicción, el presente proyecto aporta análisis rigurosos, representando un esfuerzo en integrar el conocimiento en materia riesgos y recomendaciones medico laborales.

Objetivos

Objetivo General

Aplicar técnicas de ciencia de datos para analizar y modelar los datos históricos del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SG-SST), con el fin de identificar factores de riesgo, predecir la ocurrencia de incidentes laborales y apoyar la toma de decisiones orientadas a la mejora del sistema.

Objetivos Específicos

Analizar los datos históricos del SG-SST mediante técnicas de limpieza, transformación y análisis exploratorio de datos (EDA), con el fin de identificar patrones, tendencias y variables asociadas a la ocurrencia de incidentes laborales.

Aplicar modelos de analítica predictiva de machine learning, como Regresión logística, Árbol de decisiones y Random forest, para identificar factores de riesgo y estimar la probabilidad de ocurrencia de incidentes laborales.

Aplicar técnicas de ciencia de datos y evaluar modelos de analítica predictiva para identificar factores de riesgo y estimar la probabilidad de ocurrencia de incidentes laborales, con relación a la frecuencia y severidad.

Marco Referencial

Marco Teórico

Los riesgos laborales, profesionales y ocupaciones son parte del análisis de un plan de Seguridad y Salud en el Trabajo. La promoción de la salud se concibe para reconocer evitar y mitigar problemas relacionados con enfermedades en la salud de los empleados por el trabajo, lesiones, y otras enfermedades ocasionadas por factores estresantes. Los planes, políticas y regulaciones que se coordinan desde el SG-SST. Se hacen con el fin de propiciar ambientes de trabajo que les permitan a los empleados disfrutar de un bienestar físico, mental y social. En referencia a los empleados se hace independiente del tipo de contratación y de la modalidad de trabajo (Departamento de Planeación, 2023).

Durante los últimos años, la seguridad y salud en el trabajo -en adelante SST- ha adquirido una connotación trascendental en el interior de las organizaciones. Las implicaciones prácticas de su adopción han sido ampliamente analizadas a la luz del cumplimiento de la reglamentación existente y la conveniencia para los negocios, en busca de crear un cuerpo de conocimiento que ayude a los tomadores de decisiones a discernir sobre temas relevantes del área (Fan, E, 2020).

Es necesario que las partes interesadas clave piensen de manera diferente sobre el futuro del SST y se comprometan con la investigación que mejorará la vida de los trabajadores y aumentará el éxito de las empresas. Uno de los elementos críticos de los nuevos paradigmas de investigación en SST es la participación de las partes interesadas. Los grupos de partes interesadas incluidos en la investigación en SST deberán ir más allá de los grupos y asociaciones disciplinarios tradicionales que han apoyado el campo durante mucho tiempo, siendo un campo multifacético que requiere que las partes interesadas lleven la investigación a la práctica. Se

necesitarán partes interesadas para proporcionar una representación equilibrada de la perspectiva y la experiencia laboral que serán fundamentales para el futuro del trabajo (J Environ Res Salud Pública,2021).

Existe un amplio reconocimiento de que el mundo del trabajo está cambiando, y cada vez hay más consenso en que el campo de la seguridad y salud en el trabajo (SST) debe transformarse para contribuir a la protección de los trabajadores ahora y en el futuro. El debate sobre la evolución del SST ha estado activo durante muchas décadas, pero el apoyo formalizado a un enfoque ampliado para la seguridad en el trabajo ha aumentado considerablemente en los últimos 20 años. El desarrollo de enfoques como el concepto Total Worker Health® del Instituto Nacional para la Seguridad y Salud en el Trabajo (NIOSH) y el Marco para un Lugar de Trabajo Saludable de la Organización Mundial de la Salud (OMS) son ejemplos concretos de cómo el SST puede incorporar un nuevo enfoque con una visión más amplia. (Int. J. Environ. Res. Salud Pública 2022).

En el año 2021, el Ministerio de Trabajo y el Sistema de Riesgo Laborales, mediante un plan de “la construcción de guías de buenas prácticas preventivas y de salud laboral desarrolladas por el sector económico, brindan apoyo al Gobierno nacional para el desarrollo normativo de las medidas de prevención de riesgos laborales, proponen procesos de formación, divulgación, capacitación y asistencia técnica para el control de los factores de riesgo que afectan a los trabajadores y a la población potencialmente expuesta”. Logro tener una disminución considerable en la tasa de muertos por accidentes laborales en el sector de la construcción, pasando de 81 muertes en el año 2020 a 48 muertes en el año 2021; concluyendo que la capacitación y las buenas prácticas preventivas de seguridad y salud en el trabajo, si están obteniendo óptimos resultados (Barriga N,2022).

En Colombia, la academia ha realizado investigaciones relacionadas al bienestar de los trabajadores en las organizaciones como el riesgo psicológico derivado de las actividades diarias continuas que provocan consecuencias en variables psicológicas, precisamente en docentes de universidades, a través de técnica de minería de datos como algoritmos de máquina de vectores de apoyo y algoritmos genéticos para identificar problemas en la salud del empleado (Viloria, L, 2020).

En el informe de riesgos globales por el foro económico mundial, se expuso que el aprendizaje de las maquinas o la inteligencia artificial IA, está tomando los espacios laborales, desarrollando en ellos mejoras sustanciales en las áreas de salud y seguridad laboral. Por otro lado, en las investigaciones en IOSH, del Instituto de Seguridad y Salud ocupacional en Reino Unido, exteriorizó que el desarrollo de la inteligencia artificial IA en los entornos de trabajos contribuye a mejorar sustancialmente las aspectos referidos a la salud y la seguridad ya que puede ayudar a eliminar los riesgos de trabajos peligrosos o actividades que puedan acarrear el desarrollo de enfermedades, instalando en el lugar maquinarias inteligentes que ayuden a los trabajadores a realizar labores de alto riesgo. (Williams, J, (2022).

En resumen, en la predicción del riesgo de incidentes laborales mediante el uso de modelos de machine learning es fundamental, en este sentido el uso de métodos supervisados por regresión y clasificación, proponen un enfoque innovador con el uso y herramientas analíticas de la ciencia de datos.

Marco Conceptual

Para el desarrollo del proyecto es fundamental abordar la teoría de los conceptos relacionados con la aplicación de técnicas de ciencia de datos para la identificación de factores de riesgo e identificación sistemática de peligros en el sistema de seguridad y salud en el trabajo,

en segundo lugar se describen las variables utilizadas en el modelamiento, finalmente se desarrollan conceptos relacionados con el aprendizaje automático enfocado en modelos de clasificación dado en análisis de la problemática.

Tabla 1

Concepto y Definición

Concepto	Definición
Machine Learning:	El machine learning es una rama de la inteligencia artificial que permite a las computadoras aprender de los datos y hacer predicciones sin ser programadas explícitamente (Mitchell, 1997)
Aprendizaje Automático:	es una rama de la inteligencia artificial que permite a los sistemas aprender automáticamente a partir de los datos sin ser programados explícitamente (Mitchell, 1997).
Ciencia de Datos:	es una disciplina que combina estadística, programación y conocimiento del dominio para extraer perspectivas valiosas a partir de datos. En el contexto médico, la ciencia de datos permite analizar grandes volúmenes de información, como historiales clínicos, resultados de estudios y datos demográficos, para identificar patrones y tendencias

Concepto	Definición
<p>Regresión Lineal:</p>	<p>(Provost & Fawcett, 2013). Técnicas como el análisis exploratorio de datos (EDA),</p> <p>Es uno de los modelos más fundamentales y ampliamente utilizados en estadísticas y aprendizaje supervisado. El modelo puede expresarse matemáticamente como:</p> $y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \epsilon$ <p>Donde β_0 es el intercepto, β_i son los coeficientes de regresión y ϵ es el término de error (Hastie, Tibshirani & Friedman, 2009).</p> <p>La regresión lineal es fundamental como modelo base en muchos procesos predictivos, especialmente por su interpretabilidad (James et al., 2021).</p>
<p>Modelos Supervisados:</p>	<p>Dentro de los modelos que se clasifican dentro del aprendizaje automático (AA) supervisado, es importante que el conjunto de datos cuente con la etiqueta (variable a predecir) (Pineda, 2022), también conocida como variable objetivo</p>
<p>Modelos no Supervisados:</p>	<p>En este tipo de aprendizaje, se diferencia por la ausencia de la variable objetivo, utilizando</p>

Concepto	Definición
	únicamente las variables descriptivas (Pineda, 2022).
Rondom Forest:	Técnica de ensamble eficaz para capturar relaciones no lineales y es especialmente robusto a valores atípicos y ruido (Breiman, 2001).
Máquina de soporte vectorial svm	Es un modelo supervisado que busca encontrar el hiperplano optimo que separe las clases de datos en un espacio de características, tipo algoritmo de clasificación y regresión (Cortes,& Vapnik 1995).
K-means:	El algoritmo k-means es una técnica de agrupamiento no supervisada que particiona un conjunto de datos en kk grupos, minimizando la suma de las distancias cuadradas dentro de cada grupo.K-means es útil para análisis exploratorio y detección de patrones en datos médicos sin etiquetas (MacQueen, 1967).
Riesgo laboral:	Combinación de la probabilidad de que ocurra un evento o exposición peligroso, y la severidad de lesión o enfermedad, que puede

Concepto	Definición
	ser causado por el evento o la exposición (Ctaima,2025).
Probabilidad:	Grado de posibilidad de que ocurra un evento no deseado y pueda producir consecuencias (Seg,2023)
Frecuencia y severidad:	Proceso de evaluar cuando ocurre un accidente, severidad, que tan grave es el impacto y costos del accidente (Kloman, 1192)

Nota. Resumen de los conceptos y definiciones del marco conceptual.

Tabla 2

Comparación Modelos Utilizados

Modelo	Descripción
Regresión Lineal	Ideal para relaciones lineales y problemas donde la interpretabilidad es clave
Árbol de Decisión	Ideal para resolver problemas, mediante el entrenamiento, ajusta el modelo con datos de predicción, diferente entre el real y el predicho
Random Forest	Útil para combinar múltiples arboles de decisión, mejora la precisión y regresión, reduciendo el sobre ajuste y manejo de los datos complejos

Nota. Resumen comparación de los modelos aplicados en el proyecto aplicado

Marco Normativo

La seguridad y salud en el trabajo es una disciplina que trata de prevención de lesiones y enfermedades causadas por las condiciones de trabajo, y de la protección y promoción de la salud de los trabajadores. De acuerdo con la regulación vigente, se deben incorporar los estándares mínimos del Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad del Sistema de Gestión de Riesgos Laborales establecidos en el Decreto 1072 de 2015 y la Resolución 1111 de marzo de 2017 del Ministerio de Trabajo. Se debe tener en cuenta los siguientes fundamentos legales.

Tabla 3

Concepto y Definición

Concepto	Definición
Ley 9 de 1979:	Las normas generales que servirán de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar u mejorar las condiciones necesarias en lo que se relaciona a la salud humana, Por la cual se dictan medidas sanitarias (Diario Oficial No. 35308, 16 de julio de 1979).
Ley 100 de 1993:	Sistema general de la seguridad social. Por la cual se crea el sistema de seguridad social integral. (Diario Oficial No. 41.664, 23 de diciembre de 1993)
Decreto 1530 de 1996:	Accidente de trabajo y enfermedad profesional con muerte del trabajador. Por el

Concepto	Definición
Resolución 1401 de 2007:	cual se reglamenta parcialmente la Ley 100 de 1993 y el Decreto Ley 1295 de 1994, especialmente sobre accidente de trabajo y enfermedad profesional con muerte del trabajador. (Diario Oficial No. 42.864, 28 de agosto de 1996).
Ley 1562 de 2012:	Reglamenta la investigación de accidentes e incidentes de trabajo en los trabajadores. (Diario Oficial No. 46.638, 24 de mayo de 2007). Por la cual se establece las normas y procedimientos, destinados a prevenir, proteger y atender a los trabajadores de los efectos de las enfermedades y los accidentes que puedan ocurrirles con ocasión o como consecuencia del trabajo que desarrollen. Por la cual se modifica el Sistema General de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional. (Diario Oficial No. 48.488, 11 de julio de 2012).

Concepto	Definición
Decreto 1072 del 2015:	Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector en seguridad del trabajo. (Diario Oficial No. 49.523, 26 de mayo de 2015).
Resolución 0312 del 2019:	Se establecen nuevos estándares mínimos del sistema SG-SST. Seguridad de salud y seguridad en el trabajo. (Diario Oficial No. 50.872, 19 de febrero de 2019).
Resolución 1111 del 2017	Estándares Mínimos son el conjunto de normas, requisitos y procedimientos de obligatorio cumplimiento, indispensables para el funcionamiento, ejercicio y desarrollo de actividades en el Sistema General de Riesgos Laborales. (Diario Oficial No. 50.189, 28 de marzo de 2017).

Nota. Resumen de los conceptos y definiciones del marco normativo en términos de seguridad y salud en el trabajo en Colombia.

Metodología

Teniendo en cuenta la problemática anteriormente mencionada, respecto a los factores de riesgos y predecir la ocurrencia de accidentes laborales del Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo, se aplicara la metodología CRISP-DM puesto que esta metodología de proyectos de minería de datos y uso de técnicas de predicción para la ocurrencia de accidentes laborales, actúa como medio de apoyo para la toma de decisiones orientada a las mejoras del sistema, inicialmente se recolecto un conjunto d datos con variables y características de los colaboradores, se procedió con la limpieza y eliminación de datos incompletos o duplicados, posteriormente, se aplicó técnicas de transformación de variables para mejorar la calidad de los datos, facilitados el entrenamiento de los modelos y el análisis exploratorio de datos (EDA), la cual se identificaron las variables más relevantes para la predicción, con base a los hallazgos del (EDA) se trabajó con algoritmos de machine learning, incluyendo modelos de regresión, Random forest, métricas de evaluación como Recall (Recuperación) Accuracy (Exactitud) Precisión, F1-Score(Balance). Finalmente se analizaron los resultados obtenidos para identificar las limitaciones de los modelos desarrollados, al igual que las posibles causas del bajo rendimiento predictivo, estableciendo recomendaciones de investigaciones futuras, enfatizando en bases de datos más robustas y modelado avanzado.

Con este enfoque y tipo de investigación el uso de modelos mixtos de regresión y clasificación, permitió identificar causas y falta de monitoreo de los Kpis la cual influyen principalmente en el personal operativo de la empresa, por medio del análisis descriptivo y resultados en base al comportamiento histórico de los datos de los colaboradores de la empresa, siendo de necesario recalcar la importancia por parte de la empresa en cuanto garantizar el seguimiento y condiciones adecuadas que mitiguen la probabilidad de ocurrencia de accidentes e

incidentes laborales. En este sentido, de acuerdo con la base de datos suministrada, actualmente laboran en la empresa 3.800 trabajadores distribuida entre los diferentes procesos de la empresa, siendo 2.900 trabajadores en el cargo de operadores de vehículos, para el transporte de usuarios del Sitp en la ciudad de Bogotá. Como también se toma la totalidad de los procesos y procedimientos de la empresa.

Según autores Guerrero, R., Prado, M. Lenise, & Ojeda, M (2016) “Los paradigmas que sustentan la investigación cualitativa es el comprensivo mientras que para la cuantitativa es el explicativo. Desde la epistemología de la investigación ambos enfoques poseen características distintas que pueden abonar a un fenómeno por caminos distintos. En realidad, un fenómeno puede ser estudiado desde ambos enfoques y al final se puede complementar bajo miradas fundamentadas en los propios paradigmas que los sustentan” (Investigación Mixta, 2016).

Como lo señala (Salazar, A. (2024) Uno de los avances más significativos proporcionados por la IA es el análisis predictivo de riesgos. Esta tecnología utiliza el procesamiento de grandes volúmenes de datos para identificar patrones y predecir posibles incidentes antes de que ocurran. En Colombia, donde diversas industrias enfrentan riesgos laborales específicos, el análisis predictivo se está convirtiendo en una herramienta esencial para la planificación y prevención.

Método Crisp-Dm

Comprensión del Negocio

Detección temprana e identificación de factores de riesgos laborales, predecir la ocurrencia y apoyar la toma de decisiones orientado a la mejora del sistema de seguridad y salud en el trabajo, de la empresa Etib S.A.S.

Comprensión de los Datos

La recolección de la base de datos Base general de Rehabilitación, seguimiento y reubicación laboral como fuente primaria y resultados de los indicadores de Severidad Y Frecuencia en accidentes de trabajo del año 2025, para el análisis del comportamiento histórico de los datos, permitiendo realizar una Investigación descriptiva con el propósito de identificar las variables y riesgos más representativos del sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo-SST de la empresa.

Preparación de los Datos

Procesar los datos seleccionados mediante el uso de la herramienta de lenguaje de programación Python, con los datos y la contextualización de las variables, se procede a realizar el análisis exploratorio de datos EDA, con la inclusión de gráficos y técnicas estadísticas para examinar y analizar cada una de las variables, permitiendo obtener atributos en calidad y cantidad para el rendimiento del modelo.

Explorar y Procesar los Datos.

Determinar datos necesarios e identificar variables, limpiar datos y eliminar errores o datos duplicados, explorar los datos disponibles archivo csv.

Modelado

Aplicación de técnicas de modelado de predicción en la ciencia de datos y analítica, mediante el uso de aprendizaje automático como lo es machine learning, uso de modelos predictivos supervisados de clasificación y regresión.

Planificar y Elaborar el Modelo

Determinar qué variables explican y cuáles predicen, seleccionar posibles modelos y algoritmos de aprendizaje a utilizar e implementar los modelos supervisados y formular hipótesis

Evaluación

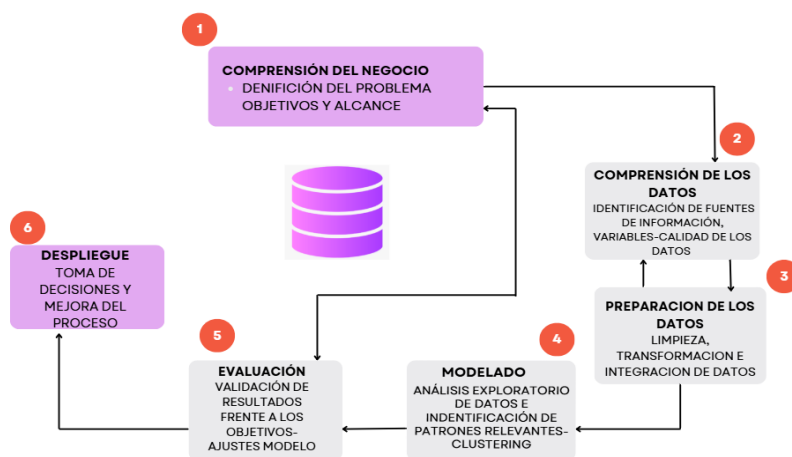
Evaluación del modelo entrenado utilizando los datos históricos, revisión de rendimiento, exactitud, precisión y confiabilidad del modelo

Implementación

Implementación del modelo y comprensión de patrones, tendencias de los datos, seguimiento y evaluación de métricas y estableciendo predicciones

Figura 1

Metodología de Crisp-Dm



Nota. Gráfico de la representación de la Metodología Crisp Dm

Resultados

Descripción de los Datos

La base de datos suministrada en un archivo de Excel el cual se pasa a csv, contiene la información a analizar con relación a los indicadores de frecuencia, severidad de accidentes laborales y recomendaciones médicas, contienen las siguientes características.

- Edad: de los colaboradores
- Género: masculino y femenino
- Diagnostico medico: más representativos
- Años de experiencia: con relación a la antigüedad con la empresa
- Severidad y frecuencia ocurrencia: clasificación de kpis 365 días año 2025
- Los datos contienen variables numéricas y categóricas como riesgos.

Proceso de Limpieza y Preparación de Datos

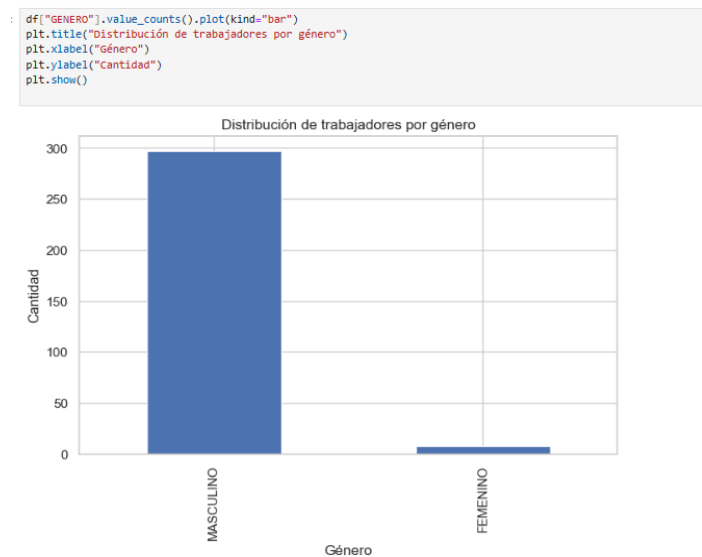
Limpieza de nombres y columnas, se normaliza los nombres de columnas para consistencia de valores nulos, clarificación de variables categóricas y numéricas.

Análisis exploratorio de Datos (EDA)

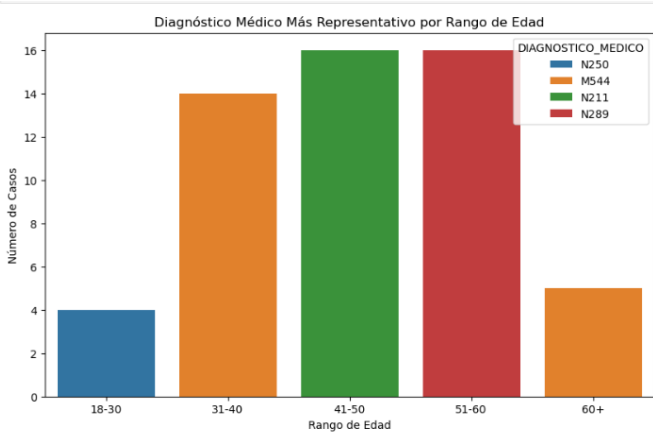
Cargue de cada una de las bases de datos para generar el set de datos de entrenamiento formato csv, cargue de librerías necesarias y definición de rutas de los archivos a usar asegurando la integridad de los datos, posteriormente se genera el Notebook ipynb.

Procesamiento de Datos

Pasada la limpieza de datos y mejoramiento de las características, con el propósito de eliminar las inconsistencias que puedan comprometer el desempeño de los modelos, se obtuvieron las siguientes gráficas y frecuencias.

Figura 2*Distribución de Trabajadores por Género*

Nota. Distribución de la variable de estudio, se aprecia la importancia que tiene la distribución del género.

Figura 3*Distribución de Diagnóstico Médico más Representativo por el Rango de Edad*

Nota. Distribución de la variable de estudio, se aprecia la importancia que tiene la distribución del diagnóstico médico con relaciona al rango de edad.

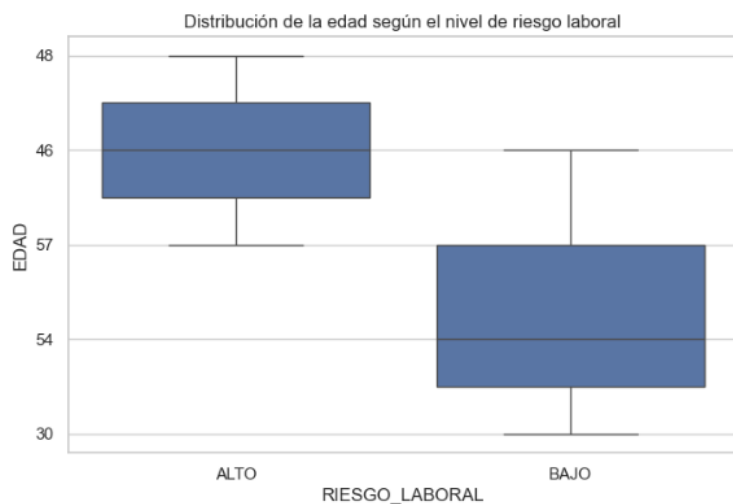
En la figura 2 se observa la prevalencia de distribución de trabajadores en categoría por género, el cual obedece a un efecto relacionado en la barra de Masculino con un 99% en un rango de edad entre los 30 a 50 años, siendo significativamente alto en representación a la Femenina, esta con relación al tipo de actividad económica de la empresa ya que los resultados relacionados son acordes a las condiciones laborales. Por otra parte, hay un 70%, de personal es relativamente joven y es necesario aplicar estrategias de autocuidado para mitigar el impacto de las recomendaciones médicas y enfermedades laborales a corto plazo.

En la figura 3 se observa en la gráfica, el diagnóstico médico varía con relación a la edad, es decir en los rangos de los 18, 30, 41 a 60 años, predominan los Dx N250-N211-N289 (Cálculo renal, Cálculo en la vejiga, problemas ureterales, Trastorno del sistema urinario, infecciones, obstrucciones, enfermedades crónicas, frecuencia urinaria) el cual representa un 70 % de las incapacidades ya sea hombres o mujeres. Seguido en el rango de los 31 a 40 y más de 60 años, se encuentra el diagnóstico M544 (Lumbago no especificado, dolor en región dorsal agudo o crónico, por malas posturas, lesiones y degeneración discal) este abarca un 90% de las principales causas de incapacidades largas, reubicación laboral.

Figura 4

Distribución de la Edad con Relación al Nivel de Riesgo Laboral

```
sns.boxplot(
  x="RIESGO_LABORAL",
  y="EDAD",
  data=df_riesgo
)
plt.title("Distribución de la edad según el nivel de riesgo laboral")
plt.show()
```

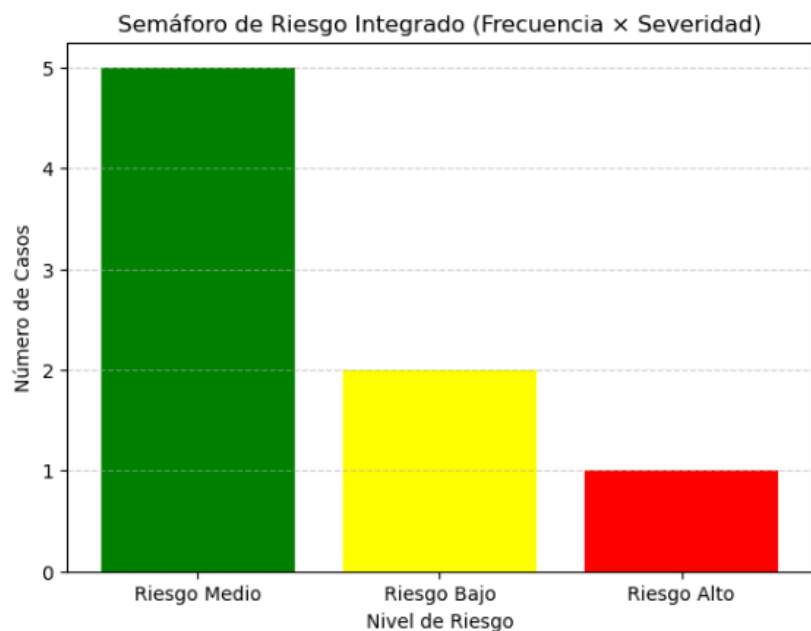


Nota. Distribución de la variable rango de edad y clasificación de riesgo laboral, alto o bajo.

En el diagrama de cajas, existe una asociación descriptiva con las categorías de riesgo Alto y Bajo y edad, Q1 rango intercuartílico equivalente al 50% central de los datos, con relación a la mediana de edad con mayor elevación al ser más adultos, en el rango de edades intermedias la distribución resulta ser más homogénea, al estimarse con la antigüedad, experiencia o exposición laboral.

Figura 5

Distribución Nivel de Riesgo con Relación a la Frecuencia y Severidad



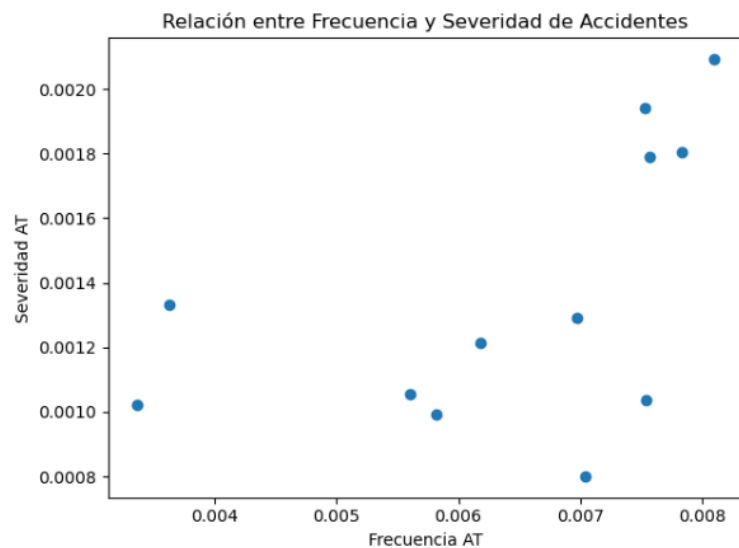
Nota. Distribución semafórica de riesgo medio, bajo y alto, con relación a la frecuencia y severidad de accidentes laborales presentados.

Como se observa en la gráfica de barras categórica, está representada semafóricamente en umbrales de riesgo, Bajo, Medio y Alto, este a partir de la frecuencia y severidad de los eventos presentados, la cual permite identificar la distribución de los riesgos y las acciones a gestionar, riesgo Bajo (impacto poco frecuente, percentil al 33) riesgo Medio (impacto moderado, percentil hasta 66) riesgo Alto (impacto severo, percentil mayor a 66), los puntos de corte se definieron para establecer la diferencia por el nivel de impacto y de mayor relevancia.

Figura 6

Distribución entre la Frecuencia y Severidad de Accidentes

```
plt.figure()
plt.scatter(df["IF"], df["IS"])
plt.title("Relación entre Frecuencia y Severidad de Accidentes")
plt.xlabel("Frecuencia AT")
plt.ylabel("Severidad AT")
plt.tight_layout()
plt.show()
```

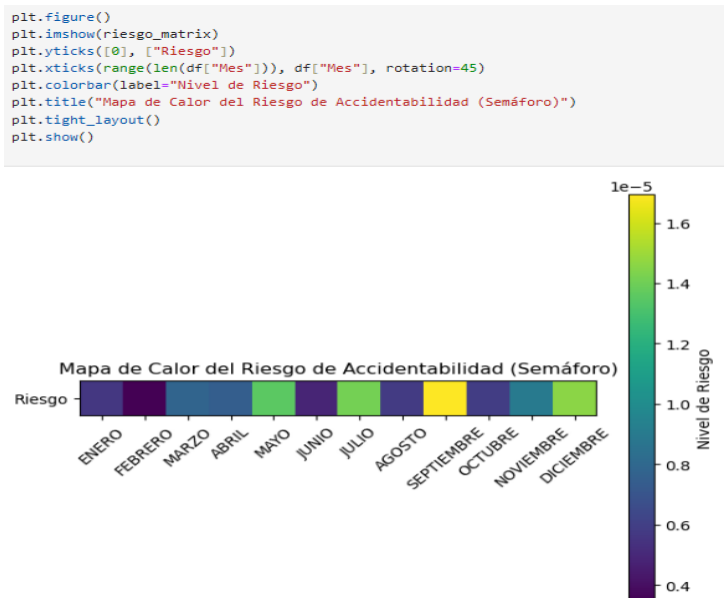


Nota. Dispersión entre las variables frecuencia y severidad de los accidentes laborales presentados.

En el análisis exploratorio la tendencia de dispersión entre frecuencia y severidad en eventos laborales son altos con frecuencia entre $\approx 0.007 - 0.008$, es decir los eventos más frecuentes tienden a aumentar la severidad.

Figura 7

Distribución Mapa de Calor Nivel de Riesgo



Nota. Mapa de calor del nivel del riesgo por cada mes en el año 2025.

Modelado

Modelos de predicción utilizados

- Regresión Logística
- Árbol de Decisión
- Random Forest

Tabla 4

Distribución de Datos

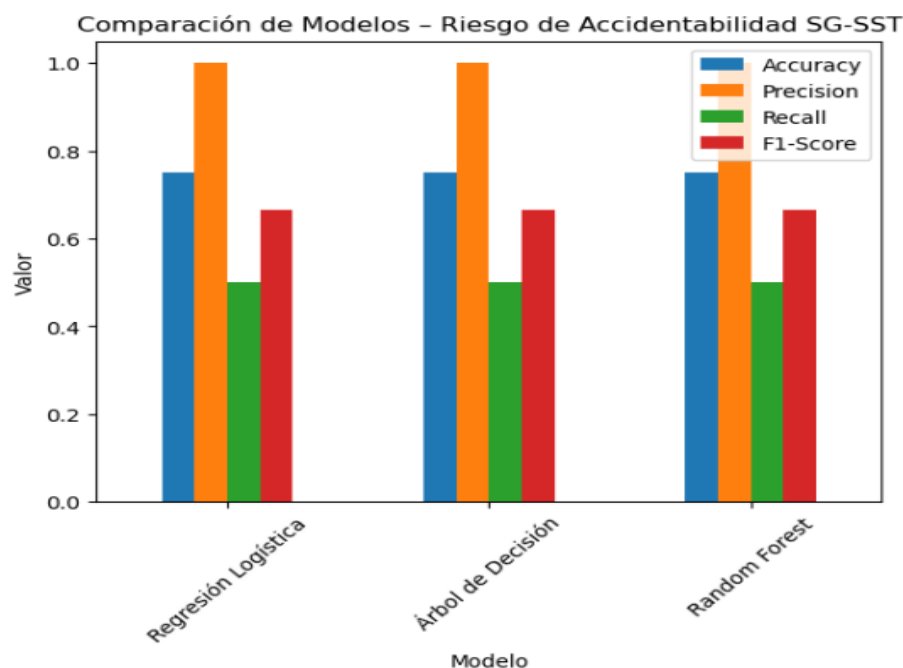
Concepto	% de Datos
prueba	20%
Entrenamiento	80%

Nota. Distribución de los datos para el modelamiento

Figura 8

Comparación de Modelos y Riesgo de Accidentalidad

```
resultados.set_index("Modelo").plot(kind="bar")
plt.title("Comparación de Modelos - Riesgo de Accidentalidad SG-SST")
plt.ylabel("Valor")
plt.xticks(rotation=45)
plt.show()
```



Nota. Comparación de modelos, Regresión logística, Árbol de decisión y Random forest, evaluar el nivel de rendimiento.

Dentro del proceso de modelamiento, los modelos seleccionados, para validar el desempeño de los modelos de clasificación y el uso de métricas, se logra interpretar. El Accuracy (~ 0.75) en la cual los tres modelos se clasificaron en un 75% de los casos presentados. Una precisión (≈ 1.0) modelos con optima presión, no se generó falsos positivos. El Recall ≈ 0.5 evidencia que los modelos no detectaron todos los casos de riesgo alto, es decir existen falsos negativos al ser tan bajo. El F1-Score (~ 0.66) refleja un equilibrio aceptable entre precisión y capacidad de detección. El modelo de Random Forest mostro un desempeño ligeramente más

estable, lo que justifica su uso como modelo principal., por otra parte, el Árbol de Decisión fue seleccionado por la facilidad de interpretación en resultados, mientras que el modelo Random Forest se utilizó por su mayor capacidad predictiva y robustez frente a datos complejos.

Evaluación

La evaluación de los modelos se realizó mediante métricas de desempeño como la exactitud y el análisis comparativo entre algoritmos. Los resultados evidenciaron que el modelo Random Forest presentó el mejor desempeño predictivo, mientras que el Árbol de Decisión permitió identificar de forma clara las variables más influyentes en el riesgo laboral, tales como la edad, la antigüedad, el diagnóstico médico, la criticidad en los meses del año 2025 en ciertos picos de mes, frecuencia y severidad. Es decir, no hay diferencias significativas entre los modelos, ante la falencia de los datos no representación diferencial y de robustes en los modelos, dificultando la capacidad predictiva de los modelos.

Conclusiones

El modelo Random Forest, fue el más efectivo para predecir la ocurrencia en presentar un riesgo de tipo laboral, las variables de severidad y frecuencia son clave en este proceso.

En el modelo de árbol de decisiones por la facilidad en la interpretación en el Accuracy y balance entre la precisión y recuperación, capaz de capturar parte significativa de los datos con relación a las variables

Esta estrategia de modelado permitió identificar la precisión en la clasificación de riesgos, pese a trabajar con el 50% de la información a analizar, destacando la efectividad de los modelos en los cortes de datos y encontrar un equilibrio en la predicción de los factores de riesgo

Se logro identificar un alto número de falsos negativos, lo que trajo condigo, información no detectada, resaltando las consecuencias en la falta de identificación y detección oportuna, surge la necesidad que el modelo detecte la mayor cantidad de ocurrencia de riesgos posibles

El presente proyecto aplicado demostró que la utilización de la ciencia de datos en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) de ETIB S. A. S. es una herramienta útil y eficaz para la identificación y predicción en materia de riesgos laborales. Mediante el análisis de datos y las variables identificadas en donde se hallaron patrones relevantes en la incidencia de accidentes, especialmente entre el personal operativo de la empresa, lo que subraya necesidad de establecer estrategias preventivas más efectivas.

Se concluye, en el análisis acerca de los incidentes laborales estos están vinculados a la falta de atención a las recomendaciones médicas, la no presentación y realización de exámenes periódicos, las largas jornadas laborales y la escasa percepción del autocuidado entre los empleados. En este contexto, la implementación de modelos predictivos permite ofrecer una perspectiva más proactiva tanto en los riesgos como en los factores identificados, facilitando a la

empresa la administración más eficaz del recurso humanos y financieros, así como las mejoras en el entorno laboral y de clima organizacional

Finalmente, se reafirma que la adopción de herramientas tecnológicas de análisis en la ciencia de datos y la analítica en el presente contexto de la problemática no solo ayuda a disminuir la frecuencia de accidentes, sino que también contribuye a la sostenibilidad de la organización, fomentando una cultura de prevención y protección integral para los trabajadores, en consonancia con la normativa vigente, mejorando la toma de decisiones permitiendo evitar sanciones y multas administrativas.

Recomendaciones

A partir del análisis y los resultados obtenidos en el proyecto, desde el punto de vista del modelamiento para potenciar las métricas de los modelos, sería óptimo incorporar información adicional, como la cantidad de días, diagnóstico médico por separado, resultados de exámenes periódicos entre otras, puesto que estas variables proporcionarían un contexto más explícito para mejorar significativamente la precisión de los modelos predictivos, así mismo garantizar la seguridad, privacidad y confidencialidad de los datos para proyectos futuros.

Desde el tratamiento de datos y su estructura inicial, el procesamiento de la data histórica de la empresa, contó con variaciones, afectando la estructura y calidad de los datos, afectando la detección en el análisis y evaluación de los modelos.

Al aplicar los modelos de analítica descriptiva, se logró identificar la importancia del proyecto para la empresa, en el predecir las variables de probabilidad y ocurrencia, ya que la tener una correlación alta con respecto a los riesgos, puede generar orientación, priorización y planificación en gestión de ocurrencia con relación a la frecuencia y severidad.

La empresa ETIB S. A. S. tendría un mejor manejo operativo y de cumplimiento en los Kpis del sistema de seguridad y salud en el trabajo, como lo refleja el modelo Random forest, siendo capaz de predecir de manera correcta los factores de riesgos expuestos en accidentes laborales, tomar decisiones basados en los datos.

Mediante la efectividad de los modelos de predicción, se evidenciando que, aunque todos presentan alta precisión, su capacidad de detección de eventos de riesgo fue limitada, lo que representa un reto y riesgo para empresa ante la proporción significativa de trabajadores clasificados con riesgo laboral alto, lo que confirma la pertinencia de implementar estrategias de prevención basadas en datos.

Del mismo modo, se recomienda que la empresa fortalezca los mecanismos de seguimiento a las limitaciones y recomendaciones médicas, asegurando que los procesos de reubicación laboral se realicen con un enfoque preventivo y humano, respetando las capacidades físicas y mentales de cada empleado. Es esencial mejorar los programas de capacitación y sensibilización sobre el autocuidado y el uso correcto de equipos de protección personal, promoviendo una cultura organizacional en la que cada miembro se vea como un actor fundamental en la prevención de riesgos.

Se sugiere que la alta dirección mantenga un papel activo y comprometido en la implementación de acciones para la mejora continua, fomentando la utilización sistemática de indicadores de severidad y frecuencia para evaluar el desempeño en materia de seguridad y salud en el trabajo. En este contexto, la empresa debe considerar llevar a cabo auditorías internas de manera regular y establecer estrategias de retroalimentación que permitan medir la efectividad de las acciones adoptadas y ajustar las políticas cuando sea necesario.

Referencias Bibliográficas

- Arango, M., & Echeverry M., C. (2021). Diseño del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo para la empresa Carrocerías y Furgones San Lázaro de la ciudad de Dosquebradas
- Crudy Alfaro, L. C., & Díaz Severiche, J. M. (2022). Análisis del impacto de la seguridad y salud en el trabajo en pequeñas y medianas empresas (PyMES) del sector productivo en Colombia (Trabajo de grado). Unidades Tecnológicas de Santander.
- Colombia. Ministerio del Trabajo. (2015). *Decreto 1072 de 2015*, por el cual se expide el *Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo*. <https://www.mintrabajo.gov.co/>
- Colombia. Congreso de la República. (2012). *Ley 1562 de 2012*, por la cual se modifica el Sistema de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=48365>
- Departamento Nacional de Planeación. (2023). *Plan de trabajo anual de seguridad y salud en el trabajo 2023*
- Datos.gob.es. (2023, 28 de abril). Cómo preparar un conjunto de datos para aprendizaje automático y análisis. <https://datos.gob.es/es/blog/como-preparar-un-conjunto-de-datos-para-machine-learning-y-analisis>
- D. Fan, C. J. Zhu, A. R. Timming, Y. Su, X. Huang, Y. Lu *International Journal of Human Resource Management*, 31: 90-127, 2020
- Estirado, S. (2021, 28 de abril). Análisis de datos en la gestión de la seguridad y salud en el trabajo de Ingeniería del Conocimiento. <https://www.iic.uam.es/rr-hh/analisis-de-datos-en-gestion-seguridad-y-salud-trabajo/>
- Fabián Barriga, N., & Hernández, C. (2022). Análisis del desarrollo de calidad en seguridad y salud en el trabajo mediante una matriz de riesgos sobre la ejecución de proyectos

- multifamiliares: *Caso de estudio proyecto "Punto 53"*, ubicado en Tunja - Boyacá (Trabajo de grado). Universidad Católica de Colombia
- Felknor, S. A., Streit, J. M. K., McDaniel, M., Schulte, P. A., Chosewood, L. C., & Delclos, G. L., on behalf of the workshop presenters and participants. (2021). How will the future of work influence OSH research and practice? Workshop summary. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11), 5696.
<https://doi.org/10.3390/ijerph18115696>
- Ferreira, L. D., & Cabrera, M. S. (2020). Propuesta estratégica de mejora en la implementación de los estándares mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) en la empresa Oxymaster para el año 2020 (Trabajo de grado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).
- Galeano Buenaventura, J. V., Gómez Rúa, N. E., Montenegro Martínez, G., & Cuervo Díaz, D. E. (2022). Reglamentación de piso de protección social: *Desigualdades desde los riesgos laborales y la salud laboral*. *CES Derecho*, 13(3), 6–30.
<https://doi.org/10.21615/cesder.6928>
- Hinojoza Montañez, S. D. (2023). Aplicabilidad de la inteligencia artificial en Colombia para prevenir los riesgos laborales: revisión sistemática.
- Jurado Saavedra, W. (2024). Incidencia de enfermedades metabólicas que generan restricciones de trabajadores que realizan trabajos en alturas y realizan exámenes ocupacionales evaluados en la *IPS Fisiohealth*. *Punto de Vista*, 14(21), 153–165.
- López-Toro, A. A., Pardo-Ferreira, M. C., Martínez-Rojas, M., Carrillo-Castrillo, J. A., & Rubio-Romero, J. C. (2021). *Analysis of occupational accidents during chainsaw use in Andalucía*. *Safety Science*, 143, 105436. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105436>

- López Arboleda, M. P., & Peña Arbeláez, L. B. (2019). Evaluación del personal con restricciones médicas de origen laboral y común que requieren ser reubicados en la empresa Tahami & Cultiflores S. A. en reorganización en el año 2019 (Trabajo de grado). Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- Menéndez de Lucas, J. A., & Castell Navarro, A. (2020). Incapacidades laborales permanentes de causas visuales: Revisión de 321 casos. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología (English Edition)*, *95(3)*, 130–137.
<https://doi.org/10.1016/j.oftal.2019.12.013>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (s. f.). *Indicadores de riesgos laborales*.
<https://www.minsalud.gov.co/proteccionsocial/RiesgosLaborales/paginas/indicadores.aspx>
- Ministerio de Trabajo. (2025). Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.
<https://www.mintrabajo.gov.co/relaciones-laborales/riesgos-laborales/sistema-de-gestion-de-seguridad-y-salud-en-el-trabajo>
- Pacheco, I. C. V. (2024). Salud y seguridad en el trabajo: Aproximaciones, perspectivas y reflexiones (Universidad Nacional de Colombia, Ed.).
- Palacio, O., & Molina, M. (2023). *Departamento de Finanzas. Instituto Tecnológico Metropolitano*.
- Propuesta del diseño de un programa de reubicación laboral para la empresa TVS. Universidad ECCI (2019). Resolución 0312 de 2019. (2019, febrero 13). SafetYA.
<https://safetya.co/normatividad/resolucion-0312-de-2019/>

- Sánchez-Herrera, I. S., & Donate, M. J. (2019). Occupational safety and health (OSH) and business strategy: The role of the OSH professional in Spain. *Safety Science*, 120, 206–225. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.06.037>
- Schulte, P. A., Delclos, G. L., Felknor, S. A., Streit, J. M. K., McDaniel, M., Chosewood, L. C., Newman, L. S., Bhojani, F. A., Pana-Cryan, R., & Swanson, N. G. (2022). Broadening the approach to occupational safety and health: Lessons from a series of interrelated scientific meetings. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 15381. <https://doi.org/10.3390/ijerph192215381>
- Safetya. (2019, julio 21). *Tabla de enfermedades laborales*. <https://safetya.co/tabla-de-enfermedades-laborales/>
- Salazar, A. (2024, mayo 7). Tecnología y seguridad en el trabajo: Innovaciones para un entorno laboral más seguro en Colombia. *GEI; GEI SAS - Gestión Empresarial Integral*. <https://geisas.com.co/blogs/seguridad-y-salud-en-el-trabajo/tecnologia-y-seguridad-en-el-trabajo-innovaciones-para-un-entorno-laboral-mas-seguro-en-colombia/>
- Teran, A., & colaboradores. (2020). Propuesta estratégica de mejora en la implementación de los estándares mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) en la empresa Komatsu Colombia S.A.S para el año 2020 [Proyecto aplicado]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/31682>
- Urrutia, D. (2020, enero 28). Qué es analítica descriptiva: Definición, significado y para qué sirve. Arimetrics. <https://www.arimetrics.com/glosario-digital/analitica-descriptiva>