



UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS
TUNJA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1732

MAESTRÍA EN INGENIERÍA

LAURA SOFÍA GUÍO CAMARGO
YESICA DANIELA VARGAS ESPITIA

Aquí y
Ahora



**APLICACIÓN WEB PARA LA GESTIÓN INTEGRAL Y LA PREDICCIÓN DEL IMPACTO DEL
RIESGO EN LOS PROCESOS DE NEGOCIO DE LAS PYMES DE TUNJA - BOYACÁ**

LAURA SOFÍA GUÍO CAMARGO
YESICA DANIELA VARGAS ESPITIA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA
DIVISIÓN DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA
TUNJA
2025



APLICACIÓN WEB PARA LA GESTIÓN INTEGRAL Y LA PREDICCIÓN DEL IMPACTO DEL
RIESGO EN LOS PROCESOS DE NEGOCIO DE LAS PYMES DE TUNJA - BOYACÁ

LAURA SOFÍA GUÍO CAMARGO
YESICA DANIELA VARGAS ESPITIA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Magister en Ingeniería

Director
JUAN FRANCISCO MENDOZA MORENO, PhD.

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA
DIVISIÓN DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA
TUNJA
2025



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestro director de trabajo de grado, el Ingeniero Juan Francisco Mendoza Moreno, por su guía y asesoría en estos años de investigación y desarrollo del presente software que fueron fundamentales para alcanzar los objetivos propuestos.

A nuestro compañero, Jaider Nicolás Pérez Molina, por su dedicación y aportes en el desarrollo del front end y la arquitectura del software.

A nuestras familias que acompañaron nuestro proceso para completar esta Maestría en Ingeniería y quienes nos impulsaron.

A todas las empresas que ayudaron ya sea con la encuesta o con entrevistas para la consolidación del dataset.



CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	4
CONTENIDO.....	5
LISTA DE TABLAS	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE ANEXOS	11
RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN	15
ESTADO DEL ARTE.....	17
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	33
JUSTIFICACIÓN	38
OBJETIVOS	40
METODOLOGÍA.....	41
DESARROLLO DE LA APLICACIÓN.....	51
Fase 1 Análisis en los procesos de negocio en Tunja	51
Fase 2. Diseño y Desarrollo de software	63
Fase 3 Desarrollo del software	69
Fase 4: Creación del modelo de ML y entrenamiento	104
Fase 5: Pruebas y Validación del Software	106
Fase 6: Despliegue	146
CONCLUSIONES.....	153
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	157



LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Creación y cancelación de empresas en la ciudad de Tunja	35
Tabla 2 Motivos cierre de empresas	52
Tabla 3 Obstáculos para la implementación de una herramienta tecnológica de gestión de riesgos	114
Tabla 4 Riesgos en las Pymes.....	126
Tabla 5 Riesgos asociados a los procesos de Negocio	130
Tabla 6 Resultados métodos ML	135
Tabla 7 Valores de AP y la forma de las curvas	137
Tabla 8 Desempeño por categoría.....	139
Tabla 9 Valores Rendimiento por Clase	140
Tabla 10 Resultado validación cruzada	143



LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1 Tipos de herramientas IA/BI utilizados en Estados Unidos para el manejo de riesgos. Tomado de (Rahman et al., 2024)	22
Ilustración 2 Red bibliométrica, ecuación de búsqueda (risk AND assessment AND business AND processes)	26
Ilustración 3 Red bibliométrica, clúster – gestión de la información	27
Ilustración 4 Red bibliométrica, clúster – Big Data	28
Ilustración 5 Red bibliométrica, clúster – gestión de recursos empresariales	28
Ilustración 6 Red bibliométrica, clúster - Sistema de apoyo a la toma de decisiones	29
Ilustración 7 Documentos por área temática, ecuación de búsqueda	29
Ilustración 8 Filtrado de papers en Scopus y Web Of Science (ScientoPy)	30
Ilustración 9 10 temas más relevantes en los papers (ScientoPy)	31
Ilustración 10 Gráfica de evolución según palabras clave (ScientoPy)	31
Ilustración 11 Cifras Boyacá, tomada de Boyacá en Cifras 2024, (2025).....	34
Ilustración 12 WBS, vista panorámica de actividades de acuerdo con el planteamiento del problema	41
Ilustración 13 Flujo de trabajo de la metodología Scrum, Tomado de (Ribeiro, Silva, Aguiar. 2024).....	43
Ilustración 14 Tablero Trello Proyecto	45
Ilustración 15 Encuesta 1ra parte	54
Ilustración 16 Encuesta 2da parte	55
Ilustración 17 Encuesta 3ra parte	56
Ilustración 18 Encuesta 4ta parte	57
Ilustración 19 Encuesta 5ta parte	58
Ilustración 20 Encuesta 6ta parte	59
Ilustración 21 Encuesta 7ma parte	60
Ilustración 22 Encuesta 8va parte	61
Ilustración 23 Encuesta 9na parte	62
Ilustración 24 Diagrama Entidad Relación	65
Ilustración 25 Interfaz de inicio de sesión	66
Ilustración 26 Interfaz informe de Riesgos.....	67
Ilustración 27 Interfaz Procesos	68
Ilustración 28 Interfaz Riesgos	69
Ilustración 29 Arquitectura MVC	70
Ilustración 30 Estructura del proyecto.....	71



Ilustración 31 Carpeta Area	72
Ilustración 32 Archivo _ViewStart.cshtml	72
Ilustración 33 Carpeta Models	73
Ilustración 34 Clase de procesos.....	74
Ilustración 35 Carpeta Data	75
Ilustración 36 Clase EntityBaseRepository	75
Ilustración 37 Clase EntityBaseRepository parte 2	76
Ilustración 38 Clase IEntityBase	76
Ilustración 39 Clase IEntityBaseRepository	77
Ilustración 40 Carpeta de Enum	77
Ilustración 41 Entidad CompanySize	78
Ilustración 42 Carpeta Services	79
Ilustración 43 CRUD BProcessService	80
Ilustración 44 CRUD BProcessService Parte 2	81
Ilustración 45 Clase IBProcessService métodos genéricos	82
Ilustración 46 Carpeta de ViewModel	83
Ilustración 47 Clase NewBProcessVM	84
Ilustración 48 Clase clase NewBProcessDropdownsVM	85
Ilustración 49 Carpeta Static	85
Ilustración 50 Clase UserRole	86
Ilustración 51 Archivo AppDbInitializer.cs	86
Ilustración 52 Código clase AppDbInitializer.cs.....	87
Ilustración 53 Código clase AppDbInitializer.cs Parte 2	88
Ilustración 54 Carpeta Controllers	89
Ilustración 55 Controlador BProcessController	90
Ilustración 56 Controlador BProcessController Parte 2.....	91
Ilustración 57 Controlador BProcessController Parte 3.....	92
Ilustración 58 Carpeta Migrations	93
Ilustración 59 Carpeta Properties	93
Ilustración 60 Carpeta Views	94
Ilustración 61 Carpeta Views BProcess	94
Ilustración 62 Interfaz Create.cshtml	95
Ilustración 63 Interfaz Create.cshtml Parte 2	96
Ilustración 64 Delete.cshtml	97
Ilustración 65 Delete.cshtml Parte 2	98
Ilustración 66 Details.cshtml	99
Ilustración 67 Details.cshtml Parte 2.....	100



Ilustración 68 Edit.cshtml.....	100
Ilustración 69 Edit.cshtml Parte 2	101
Ilustración 70 Index.cshtml	102
Ilustración 71 Carpeta Wwwroot.....	103
Ilustración 72 Código ML.....	105
Ilustración 73 Código ML Parte 2.....	106
Ilustración 74 Ciudad Pymes encuestadas	108
Ilustración 75 Tamaño de las empresas	109
Ilustración 76 Importancia sobre la gestión de riesgos en las empresas	109
Ilustración 77 Plan de gestión de riesgos formalizado	110
Ilustración 78 Frecuencia y actualización del plan de gestión de riesgos	110
Ilustración 79 Herramienta tecnológica para la gestión de riesgos	111
Ilustración 80 Herramientas tecnológicas para la gestión de riesgos.....	111
Ilustración 81 Nivel de conocimiento de los colaboradores.....	112
Ilustración 82 ¿Una aplicación específica para predecir y gestionar riesgos podría ser útil para su empresa?	112
Ilustración 83 Característica más importante en una aplicación de gestión de riesgos.....	113
Ilustración 84 ¿Ha enfrentado su empresa algún riesgo significativo en los últimos 5 años? ..	114
Ilustración 85 Resultado Random Forest.....	134
Ilustración 86 Resultado XGBoost.....	134
Ilustración 87 Resultado LightGBM	135
Ilustración 88 Curvas Precision - Recall por clase	138
Ilustración 89 Valores ROC-AUC global	138
Ilustración 90 Curvas de ROC por clase.....	141
Ilustración 92 Validación cruzada	142
Ilustración 93 Resultado validación cruzada.....	142
Ilustración 94 Código matriz de confusión	144
Ilustración 95 Matriz de confusión	145
Ilustración 96 Diagrama de arquitectura. Tomado de (Pérez, 2023)	146
Ilustración 97 Login	147
Ilustración 98 Menú Principal	148
Ilustración 99 Lista Departamentos	148
Ilustración 100 Detalle Departamentos.....	149
Ilustración 101 Crear Departamento.....	149
Ilustración 102 Crear Departamento Parte 2	150
Ilustración 103 Actualizar Departamento	150
Ilustración 104 Eliminar Departamento.....	151





SANTOTOTUNJA.EDU.CO
NIT. 860.012.357-6



Ilustración 105 Dashboard.....	151
Ilustración 106 Reportes.....	152



TUNJA - BOYACÁ · PBX: (608) 744 0404
Campus Centro Histórico: Cll. 19 N° 11 - 64 · Campus Avenida Universitaria:
Edificio Fray Giordano Bruno O.P.: Av. Universitaria Cll. 48 No. 1-235 este.
Edificio Santo Domingo de Guzmán: Av. Universitaria No. 45 - 202
Santoto Services: Centro Comercial Unicentro Tunja, Local 1-106

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Especificación de Requisitos de Software	Link
Anexo 2. Manual de Usuario	Link
Anexo 3. Diseño de Interfaz de usuario	Link
Anexo 4. Manual de Usuario Modelo de Machine Learning	Link
Anexo 5. Reunión Octubre 3,2023 - Ing Carlos Galvis	Link
Anexo 6. Notas Empresa Gateway Innovation Technologies SAS	Link
Anexo 7. COMENTARIOS RISKAPP - Carlos Galvis	Link
Anexo 8. Apuntes Ingeniero Carlos Galvis - Octubre, 2023	Link
Anexo 9. Análisis resultados estadísticos FODEIN	Link
Anexo 10. Dataset	Link



RESUMEN

La aplicación efectiva de la gestión de los procesos de negocio permite cumplir con los objetivos y las metas empresariales. Además, la gestión de los procesos facilita la detección de los riesgos que pueden afectar el desempeño de una organización. Los riesgos, como escenarios de incertidumbre, necesitan de una gestión que mitigue o elimine su efecto negativo. Esta gestión es un proceso sistemático que se aplica al ciclo de vida de la empresa para facilitar la toma de decisiones.

En reuniones llevadas a cabo a lo largo del presente proyecto y encuestas aplicadas tanto a Pymes de la ciudad de Tunja como de otros municipios y ciudades, se identificaron distintos riesgos empresariales de índole tecnológico y organizacional, en muchas ocasiones se presenta la ausencia de objetivos estratégicos y nula acción frente a la identificación de riesgos y su tratamiento; esta falta de seguimiento actúa como blanco clave frente a la flaqueza en los cimientos de las instituciones ya que no se acostumbra a llevar un control histórico de los inconvenientes presentados en los procesos o es un control de carácter arcaico con nula existencia de documentación. En otras ocasiones, se contaba con documentación, matrices de riesgo y tablas de clasificación de riesgos en hojas de Excel, pero que a final de cuentas no eran lo suficientemente completas para manejar la gestión de riesgos como instituciones como ICONTEC lo estipula. Al tener un control limitado de las situaciones que traen consigo riesgos, las empresas se exponen a un peligro latente de pérdidas económicas, reputacionales e incluso ante la consecuencia definitiva de una gestión inadecuada de procesos, la liquidación empresarial.

La gestión integral del riesgo es una magnífica estrategia para evitar la liquidación empresarial, que es muy frecuente en las pymes, en especial en ciudades intermedias y pequeñas. Tunja, Boyacá es una ciudad intermedia que presenta interesantes indicadores de crecimiento urbanístico, sin embargo, el tejido empresarial e industrial no crece de la misma manera; sus pymes, aunque se constituyen de manera formal, carecen de una adecuada gestión de sus procesos internos. Por consiguiente, se hace necesario el diseño e implementación de una aplicación informática de gestión integral del riesgo que detecte, diagnostique y pronostique los riesgos inherentes a los procesos de negocio, para su posterior tratamiento.

Este proyecto de investigación aplica metodologías, técnicas y estrategias ingenieriles para el desarrollo de esta herramienta informática con dos componentes principales: Detección y evaluación del riesgo, y como segundo componente, el pronóstico del impacto del riesgo. Durante la construcción de la herramienta, se evaluó su impacto en una muestra poblacional de las pymes



de la ciudad de Tunja, utilizando instrumentos estadísticos que permitieron analizar su acogida. Uno de los aportes científicos de esta investigación es la consolidación de un dataset de riesgos que fue construido a partir de las encuestas aplicadas. Este fue el conjunto de datos utilizado para entrenar distintos modelos de Machine Learning para elegir el que mayor precisión generara, cabe resaltar que el data se fue complementado con datos sintéticos generados mediante técnicas de inteligencia artificial. Esta combinación permitió que la base de información fuese ampliada y mejorara la precisión del modelo predictivo seleccionado.

Palabras Clave: Riesgo, Indicadores de riesgo, Machine Learning, Pymes, Procesos de negocio.

Abstract

The effective application of business process management enables companies to meet their objectives and goals. In addition, process management facilitates the detection of risks that may affect an organization's performance. Risks, as scenarios of uncertainty, need to be managed in order to mitigate or eliminate their negative effects. This management is a systematic process that is applied to the company's life cycle to facilitate decision-making.

In meetings held throughout this project and surveys conducted with SMEs in the city of Tunja and other municipalities and cities, various technological and organizational business risks were identified. In many cases, there is a lack of strategic objectives and no action is taken to identify and address risks. This lack of follow-up acts as a key target for the weakness in the foundations of institutions, as it is not customary to keep a historical record of the problems encountered in the processes, or the control is archaic in nature with no documentation. In other cases, documentation, risk matrices, and risk classification tables were available in Excel spreadsheets, but ultimately they were not comprehensive enough to manage risk as stipulated by institutions such as ICONTEC. With limited control over situations that entail risks, companies are exposed to a latent danger of economic and reputational losses and even the ultimate consequence of inadequate process management: business liquidation.

Comprehensive risk management is an excellent strategy for avoiding business liquidation, which is very common among SMEs, especially in medium-sized and small cities. Tunja, Boyacá is a medium-sized city with interesting urban growth indicators. However, its business and industrial fabric is not growing at the same rate; although its SMEs are formally established, they lack adequate management of their internal processes. Therefore, it is necessary to design and



implement a comprehensive risk management computer application that detects, diagnoses, and forecasts the risks inherent in business processes for subsequent treatment.

This research project applies engineering methodologies, techniques, and strategies to develop this computer tool with two main components: risk detection and assessment, and risk impact prediction. During the construction of the tool, its impact was evaluated on a sample population of SMEs in the city of Tunja, using statistical instruments that allowed its reception to be analyzed. One of the scientific contributions of this research is the consolidation of a risk dataset that was constructed from the surveys conducted. This was the dataset used to train different machine learning models in order to choose the one that generated the highest accuracy. It should be noted that the data was supplemented with synthetic data generated using artificial intelligence techniques. This combination allowed the information base to be expanded and improved the accuracy of the selected predictive model.

Keywords- Risk, Risk Indicators, Machine Learning, SMEs, Business Processes



INTRODUCCIÓN

En el mundo empresarial, las pequeñas y medianas empresas (PYMES) son un componente fundamental en la economía, ya que genera empleo y contribuyen en el crecimiento económico global. Sin embargo, estas organizaciones diariamente se enfrentan a un conjunto de retos o riesgos asociados a sus procesos de negocio y objetivos estratégicos. Estos procesos de negocio son aquellas actividades que se realizan en la empresa, con el fin de lograr sus objetivos empresariales y son de gran importancia para el correcto funcionamiento de las PYMES, pero a la vez pueden ser puntos críticos de vulnerabilidad si no se manejan adecuadamente.

La implementación de los objetivos estratégicos bien definidos son un pilar fundamental en la gestión de riesgos para las PYMES. No solo contribuyen a determinar áreas críticas que necesitan mejorar estos objetivos, sino que también fijan el camino hacia el cual la organización debe dirigir sus esfuerzos. Estos contribuyen a brindar una dirección para que la organización pueda alcanzar o trasladarse hacia los objetivos más altos de la jerarquía de metas, la visión y la misión.

Las PYMES a menudo, cuentan con recursos limitados para invertir en tecnologías avanzadas, lo que puede exponerlas a riesgos relacionados con ineficiencias operativas, falta de cumplimiento normativo, seguridad de datos, afectar su crecimiento a largo plazo y aumentar su vulnerabilidad ante los posibles riesgos. Para esto es esencial reconocer que una gestión inadecuada de riesgos puede poner en peligro la continuidad de la empresa y su reputación. Sin embargo, para abordar estos riesgos y mitigarlos, es de gran importancia que las PYMES usen una herramienta que aplique técnicas de machine learning, en el cual le sugiera al usuario como puede tratar el riesgo y así facilitar la toma de decisiones.

El machine learning, o aprendizaje automático, es una rama de la inteligencia artificial el cual permite procesar grandes cantidades de datos históricos, con el fin de identificar patrones de datos, tendencias y predicciones a partir de los mismos. Al integrar el machine learning en la toma de decisiones, las PYMES podrán contar con información más precisa y basada en los datos, el cual les permitirá tomar decisiones con el fin de reducir los riesgos inherentes a los procesos de negocio.

Aquí es donde la tecnología y especial el desarrollo del software de evaluación del impacto basado en el riesgo de los procesos de negocio de las pymes en Tunja, desempeña un papel crucial en la mitigación de los riesgos de los procesos de negocio para las PYMES de Tunja, ya



que la creación aborda las necesidades y desafíos que la empresa puede presentar en su gestión de riesgos, que se trata con diagnóstico y predicción de estos.

Durante la elaboración de la documentación tecnológica, los mockups y el modelado, se contó con la participación de expertos en gestión de riesgos, quienes realizaron aportes y sugerencias que permitieron dar al aplicativo un enfoque más realista y actualizado. Asimismo, se llevaron a cabo reuniones con ingenieros industriales, contadores y representantes de la Cámara de Comercio de Tunja, cuya retroalimentación resultó fundamental para evaluar tanto las herramientas estadísticas empleadas como el sistema desarrollado, garantizando que fueran revisados por profesionales directamente vinculados con la gestión de riesgos.

El trabajo se desarrolló en tres capítulos. En el primer capítulo se profundiza lo aspectos funcionales como el levantamiento de requerimientos de las pequeñas, medianas empresas y el diseño del aplicativo.

En el segundo capítulo se trabajó en el desarrollo de la herramienta como la definición de tecnologías a usar, la implementación y las pruebas de este.

En el último capítulo se validó la herramienta por medio de métricas de evaluación del modelo de machine learning y la necesidad del desarrollo de este sistema.



ESTADO DEL ARTE

Independientemente del tamaño o la complejidad de las empresas, toda Pyme necesita analizar, hacer una reingeniería de los procesos que afectan directamente en su rendimiento y desempeño, con el fin de agregar valor y posicionar la marca. La falta de atención en el análisis de procesos significa que una compañía puede presentar retrasos en el cumplimiento de sus objetivos y fines estratégicos. La falta de innovación o de alineación entre los procesos con los objetivos estratégicos conlleva a la necesidad de aplicar nuevas metodologías para la reingeniería de procesos, las cuales brindan técnicas y herramientas para aumentar la productividad y mejorar la gestión empresarial (Al-Anqoudi et al., 2021, p.1).

Un análisis adecuado en cuanto la estructura y flujo de los procesos de las Pymes, permite identificar a priori las posibles anomalías en el cual, dependiendo de su severidad y nivel de gestión, pueden afectar significativamente el desempeño empresarial e incluso conllevar a su posible liquidación. Frente a este panorama, diversas organizaciones han desarrollado marcos normativos con el fin de orientar a las empresas en cuanto la gestión, control y mejora continua de sus procesos, tal es el caso de normas y estándares ISO 27001, COSO y COBIT.

El avance tecnológico ha permitido una mejor supervisión y control de los procesos relacionados con la industria. La integración de técnicas sistematizadas, como el modelado de procesos BPMN, la técnica Delphi, el análisis DOFA y causa-raíz, entre otras, han contribuido de forma positiva para mejorar los procesos, así facilitando y mejorando la toma de decisiones. En cuanto a los aportes más grandes de la informática desde el sector financiero y empresarial, se han tenido desde el desarrollo web (Castro-Rivera et al., 2020) hasta aplicaciones de tecnologías emergentes con temáticas relacionadas al Blockchain (Zheng et al., 2022), que han permitido una gestión integral, más precisa en los procesos y riesgos empresariales.

El estado del arte se estructura en tres apartados, el primero orientado a la identificación de herramientas tecnológicas existentes encargadas de la gestión de riesgos, el segundo resalta la importancia de la Inteligencia Artificial en este campo y, por último, la realización de una vigilancia tecnológica en la cual se identificarán los clústeres más representativos para el proyecto.

Situación actual de la gestión de riesgos empresariales en Pymes.

Los autores destacados en el análisis bibliométrico del capítulo dos coinciden en la necesidad de realizar trabajos científicos para afrontar los desafíos de las pymes en cuanto a la gestión integral de riesgo. Iniciar una trayectoria empresarial requiere de enfrentar ciertos riesgos base de tipo



financieros, tecnológicos y organizacionales. A comparación de las grandes empresas, cuyos procesos han sido estructurados por la experiencia y la construcción de marca, las PYMES enfrentan mayores retos en cuando a sus operaciones debido al reto de resiliencia que enfrenta su cadena de suministros por fallos operacionales, humanos o falta de rotación del conocimiento. Estos retos también se ven influidos a nivel estratégico y legal debido a la falta de recursos y la presencia limitada de las PYMES en el mercado, lo que genera una menor competitividad y mayor riesgo a sanciones debido a una gestión deficiente en términos de cumplimiento normativo (Ahmad and Teo, 2024, pp.294 - 295)

Contar con poco capital y un impacto limitado debido a la novedad del producto o servicio ofrecido, hacen que las Pymes se enfoquen “en factores que contribuyan a su supervivencia, como lo es su presupuesto, y no en el análisis y entendimiento de los procesos de crecimiento y la consecución de una ventaja competitiva sostenible” (Crovini et al., 2021, pp.118 - 119) El ambiente empresarial es de carácter dinámico, por lo que los productos y servicios están en constante cambio al igual que los riesgos que estos enfrentan (Ferreira de Araújo Lima et al., 2020), por esta razón una gestión de riesgos adecuada puede funcionar como un amortiguador estratégico que permita el continuo funcionamiento y mejoramiento de la Pyme, además de guiarla a obtener certificaciones internacionales en calidad como lo es ISO 9001, en la que se describe la pertinencia de las acciones para abordar riesgos en aras de conseguir la calidad esperada (ICONTEC, 2015) y, por tanto, posicionar su marca y su modelo de negocio. Para así enfrentar dos de sus principales factores competitivos, los clientes y la competencia (Dvorsky et al., 2021)

También existen algunas barreras culturales que hacen que las PYMES no consideren la opción de implementar sistemas de gestión de riesgo o modelos ERM, la tradición puede influir ya que muchos empresarios se niegan a modernizar sus procesos debido a que no consideran necesario cambiar procesos u optimizarlos ya que previamente funcionaron en el crecimiento de su empresa, además que se considera un riesgo debido a que se prioriza la agilidad con la que se brinda un servicio que al planeamiento estratégico que trae ventajas a largo plazo (Ahmad and Teo, 2024, pp.296) Esto se vio reflejado en conversaciones llevadas a cabo con algunas empresas tradicionales que consideraban riesgoso modificar su modo de trabajo para implementar un sistema ERM que podían consumir tiempo y recursos pero que cuyos beneficios a futuro no eran considerados.

Dentro de todas estas visiones la que más destaca son los retos internos de las PYMES en cuanto a los recursos financieros limitados, la deficiente gestión y las prácticas ineficaces de gestión de riesgos, lo que evidencia la complejidad de adaptarse a demandas externas. Además, que el



acceso a sistemas sólidos de gestión de datos se ha considerado necesario para adaptarse a la volatilidad de los mercados actuales (Sotamaa, Reiman y Tero, 2024, pp.7)

La implementación exitosa de un modelo de ERM es determinada por factores como “un comité ejecutivo de riesgos, un director de riesgos corporativos (CRO), un departamento de auditoría interna, gestores capacitados en promover y comprometer a los empleados con el ERM, declaraciones de apetito de riesgo, indicadores de riesgo, y la integración del riesgo en la planificación estratégica y empresarial” (Mthiyane et al., 2022, p.2) todo ello se traduce en costos que las Pymes no pueden soportar. Además, cuando se trata de una Pyme organizada en un país en vía de desarrollo, la información disponible no es de vanguardia como sí lo es en el caso de los países desarrollados (Mthiyane et al., 2022). Estos factores, en cuanto a recursos monetarios, humanos e intelectuales, hacen que el camino para implementar un modelo ERM en una Pyme no sea viable, pero a largo plazo las ventajas y ganancias serán evidencia de la importancia de una gestión integral de riesgos en el crecimiento de una pequeña o mediana empresa, estas ventajas se traducen en un aumento de rendimiento financiero, mejoramiento en los productos y servicios para los consumidores y cierta mejora en los índices financieros tanto a nivel micro (A nivel de entidad) como a nivel macro (Indicadores Macroeconómicos del país) (Dvorsky et al., 2021)

¿Cómo se han tecnificado los procesos de gestión de riesgos?

Cada Pyme emplea un ciclo de vida para los procesos empresariales, objetivos y una naturaleza particular que hace que su organización y modelo de negocios varíen entorno al sector económico en el que se desenvuelven; por esta razón, la gerencia y el control realizado a las empresas no es estándar y, por tanto, un factor importante como la identificación, análisis y gestión de riesgos cambia según las características empresariales. De la mano con la tecnología, este proceso se vuelve más llevadero debido al mayor control y la predicción del posible rendimiento de la empresa, ya que facilita la toma de decisiones financieras en entornos de completa incertidumbre.

Existen varias herramientas para la gestión del riesgo que son referidas por la comunidad científica. El objetivo de cada herramienta se enfoca en una o varias fases de la gestión del riesgo, desde su implementación hasta su monitoreo.

BPRIM (Business Process Risk-Integrated-Method) (Elyes, 2020) es un framework, basado en el enfoque R-BPM (Risk-aware Business Process Model) (Jakoubi, 2010), que fortalece la gestión de los procesos incluyendo capacidades de gestión del riesgo. Los principales componentes de este framework son: El ciclo de vida, el meta-modelo y el lenguaje de modelado. A su vez, el ciclo



de vida consiste principalmente de cuatro fases: contextualización, evaluación, tratamiento y monitoreo. El meta-modelo contempla los conceptos principales determinados en cada una de las fases del ciclo y establece las relaciones entre ellos. El lenguaje de modelado habilita el modelo, los autores escogieron a eEPC (Extended Event-Driven Process Chain) ya que incluye notaciones gráficas y soporta un enfoque basado en vistas. Además, BPRIM amplía las posibilidades de eEPC con otros constructos especializados en R-BPM, operadores y un soporte gramatical para las relaciones.

R-BPM también usa e-BPRIM como método de modelado de múltiples vistas (Rafika T, 2021). En cuanto al análisis de los modelos de procesos de negocio se usa Hazop (HA Zard OP-erability) (Rafika T, 2021), un método que se usa para analizar e identificar riesgos de proceso. Los sistemas BPM (Business Process Management) traen muchos beneficios para las empresas, en especial la reducción de costos y el mejoramiento continuo de la calidad, a partir del concepto de proceso como punto inicial de entendimiento empresarial. Pero BPM, aún no ofrece una solución completa al problema de la incertidumbre organizacional (riesgo) (Szelągowski & Berniak-Woźny, 2024). De esta forma, se desarrollan principios, frameworks y procesos para la gestión del riesgo. Los autores proponen el sistema R-BPM capaz de analizar el riesgo y de incorporar estrategias de mitigación en el modelo de procesos del negocio.

ADOxx es una plataforma multiusuario o un entorno de modelado y meta-modelado que se utiliza para crear modelos conceptuales y metamodelos personalizados que ayudan en la representación y gestión de las vistas de e-BPRIM, por medio de mecanismos y algoritmos propios de la herramienta. Los modelos de esta herramienta están basados en una base de datos relacional y realiza representaciones gráficas por medio del lenguaje GRAPHREP el cual ayuda a definir las gráficas, por otro lado, el lenguaje ATTRREP se usa para la especificación de visualización de atributos y AdoScript es un lenguaje que se usa para la implementación de los mecanismos y algoritmos que se trabajan en los modelos propuestos (Rafika T, 2021). ADOxx es un kit de herramientas que ofrece recursos para el desarrollo de aplicaciones para modelar procesos de negocio. El entorno de diseño del método de modelamiento especifica la jerarquía, los escenarios de uso y define mecanismos y algoritmos, el soporte de Script de ADO para el desarrollo de la aplicación, servicios de conversión entre formatos ALL (ADOxx Library Language) y ABL, gráficas EMF (Eclipse Modeling Framework) y el formato LEO del lenguaje PRAPHREP, y el servicio de empaquetamiento AutoPDP para construir herramientas de modelamiento (OMILAB Community, 2021).

En cuanto a las herramientas informáticas se destaca software como Odoo (Open Source ERP and CRM | Odoo, n.d.), Oracle E-Business Suite aborda la gestión de proyectos y ofrece varios



módulos para la administración empresarial (ERP Project Management | Oracle Colombia, n.d.), Microsoft Dynamics se centra en la optimización de procesos (Aplicaciones Empresariales | Microsoft Dynamics 365, n.d.) y SAP (Softwares Para La Transformación Digital En Todos Los Sectores | SAP, n.d.), que son relevantes en materia de sistemas ERP (Sistemas de planificación de recursos empresariales), que cuentan con módulos encargados de llevar una gestión general de riesgos organizacionales y software a la medida, enfocado en sectores económicos específicos como las tecnologías de la información, el sector financiero y otros.

Las tecnologías emergentes no quedan al margen de estos procesos de tipo empresarial, herramientas basadas en la tecnología 4.0 como el Machine Learning, Blockchain, Big Data y la computación en la nube, se han visto involucradas en un proceso de análisis para verificar su impacto en la madurez de la transformación digital, la presión del mercado y la utilidad obtenida por las empresas (Rodríguez-Espíndola et al., 2022). En países como China, se ha iniciado a hacer uso del Blockchain para resolver múltiples riesgos empresariales por medio de la trazabilidad, la autenticidad compartida y el control divisible de los procesos (Zheng et al., 2022, p.11)

¿De qué manera influye la inteligencia artificial en la gestión de riesgos empresariales?

Tecnologías como el aprendizaje automático (Machine Learning) y el aprendizaje profundo (Deep Learning) han facilitado distintos procesos empresariales, debido al gran complemento que significan para la toma de decisiones por medio del análisis de datos y estadísticas, mejorando los métodos tradicionales que dependía de la información previamente almacenada y necesitaban de la intervención humana por medio del registro de riesgos, las matrices de riesgo y el FMEA (Análisis de modo y efecto de falla) (Yasdi et al., 2024, p.5)

Existen diversos estudios en los que se comparan ambas metodologías, teniendo en cuenta el monitoreo de procesos de los negocios (Kratsch et al., 2021) en las que entran en juego la homogeneidad de las instancias y la ganancia de información que existe durante la ejecución de las técnicas.

Según estadísticas, las técnicas de Machine Learning son la segunda herramienta más utilizada en Estados Unidos para el manejo de riesgos, encabezado por el análisis predictivo que es el uso de data histórica y actual para pronosticar resultados con ayuda de métodos estadísticos. Tenga en cuenta el siguiente diagrama circular que indica las tendencias en cuanto a métodos para el manejo de riesgos en Estados Unidos.



Types of AI/BI Tools Used in U.S. Risk Management

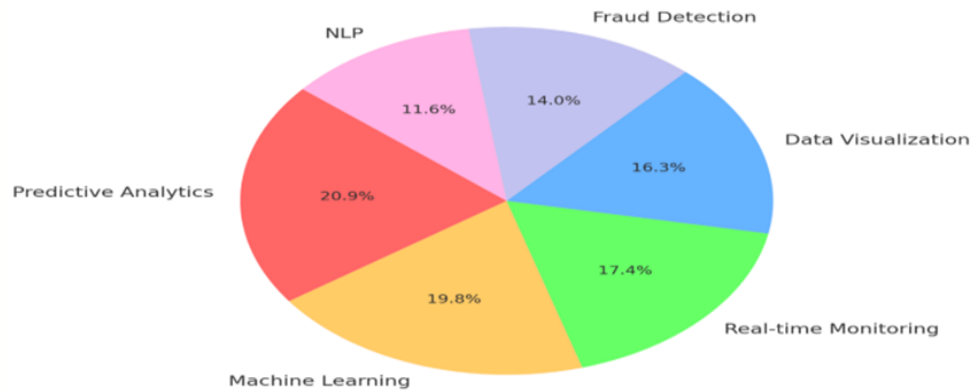


Ilustración 1 Tipos de herramientas IA/BI utilizados en Estados Unidos para el manejo de riesgos. Tomado de (Rahman et al., 2024)

Entrando específicamente en la temática relacionada con la gestión de riesgos, existe bibliografía relacionada tanto con Machine Learning como con Deep Learning, teniendo en cuenta la existencia de una significativa variedad de material enfocada en riesgos de la industria financiera y bancaria. En cuanto al aprendizaje automático, (Jomthanachai et al., 2021) proponen la integración de Machine Learning con el análisis envolvente de datos (con sus siglas en inglés, DEA) por medio del uso de una red neuronal artificial, dando como resultado una mayor eficacia en la aplicación del análisis FMEA (Análisis Modal de Fallos y Efectos) usando herramientas relacionadas con aprendizaje automático.

En cuanto a Deep Learning se hace uso de técnicas como las redes bayesianas impulsadas por la lógica difusa. El objetivo de la investigación es digitalizar completamente la expresión del riesgo, por medio de la formación de un índice basado en lógica difusa que evita la ambigüedad en el proceso de transferencia de una variable lingüística a una digital, este es agregado como índice de tamaño de nodo en una red bayesiana, con el fin de mejorar la visualización del riesgo, su debida gestión y comunicación para la toma de decisiones (Lu et al., 2022).

La aplicación de la inteligencia artificial en la gestión de riesgos ha tenido un impacto relevante en las entidades en donde ha sido aplicada, esto puede ser evidenciado en diversos estudios publicados en los últimos años, de acuerdo a un estudio publicado en la revista International Journal of business and management sciences, el 45% de los encuestados consideran que el manejo de riesgos se ha visto significativamente transformado a causa de distintos métodos de inteligencia artificial, el 42,5% de los encuestados consideran que estas herramientas han

mejorado su capacidad de gestión de riesgos en previsión de los mismos y el 25% afirmó que experimentaron una mejora significativa usando técnicas de IA y BI para identificar riesgos y responder a ellos de manera instantánea (Rahman et al., 2024)

¿Cuáles son los métodos utilizados en materia de Machine Learning para trazar riesgos empresariales?

El Machine Learning (ML) se centra en el desarrollo de algoritmos y modelos que permiten aprender a partir de datos y mejorar su rendimiento de forma autónoma. Por medio de técnicas de análisis de datos, estadísticas y minería de datos, ML permite identificar patrones, relaciones y tendencias en los datos, con el fin de facilitar la toma de decisiones basadas en la información histórica y mejorar su desempeño a medida que se exponen más datos.

En los últimos años, se han aplicado con éxito diversos métodos de aprendizaje automático en el ámbito de la evaluación y predicción de riesgos empresariales. Estos enfoques se destacan por su habilidad y capacidad para procesar grandes volúmenes de datos, identificar patrones y tendencias relevantes, así como clasificar y predecir escenarios de los posibles riesgos. El propósito principal que se tiene con estos métodos es proporcionar herramientas que puedan predecir el impacto de los posibles riesgos para tratarlos y facilitar la toma de decisiones para mitigar los mismos.

Uno de los métodos más utilizados es la Red Neuronal Artificial (ANN) (Jeevith Hegde, Borge Rokseth, 2020), el cual simula el comportamiento del cerebro humano. Este modelo está compuesto por nodos y neuronas artificiales, el cual tienen como objetivo identificar patrones en los datos y entrenar la red para posteriormente generar recomendaciones o soluciones. (Gu et al., 2023) crearon una red neuronal optimizada con el fin de emitir alertas tempranas de riesgo financiero con un alto nivel de precisión y (Ayuni et al., 2024) demostraron la eficiencia que presenta la técnica de ANN en cuanto la predicción de estados de crisis financiera, el cual supero los demás modelos estadísticos tradicionales.

En cuanto los modelos no lineales como algoritmos genéticos, redes neuronales y redes bayesianas han sido pertinentes para la predicción de datos con relaciones complejas, como por ejemplo los de carácter financiero y de seguridad (Broby, 2022). En cuanto a la línea de gestión empresarial y prevención de riesgos, son métodos también eficaces porque posibilitan el tratamiento de problemas utilizando macrodatos, gracias a su dependencia no lineal y su comportamiento entre variables (Lin et al., 2020).



En términos de algoritmos genéticos, estos se caracterizan por su eficiencia resolviendo objetivos que se encuentran en ambientes volubles, como es el caso de la gestión de riesgos en el que múltiples escenarios con múltiples soluciones e impactos son presentados. Los algoritmos genéticos hacen referencia al continuo mejoramiento de una solución teniendo en cuenta operadores como selección, mutación y cruce (Hossam, 2022) este método operacional puede mezclarse con herramientas analíticas como lo es la simulación de Monte Carlo, que permiten explotar los diferentes escenarios que se pueden presentar (Trigkas, Liapis, Thalassinou, 2021)

Los modelos de Ensemble Learning también han sido destacados en el campo de la predicción de riesgos corporativos. Algoritmos como XGBoost, CatBoost y LightGBM se fundamentan en árboles de decisión que han sido potenciados con técnicas de boosting. Esto hace posible que fusionen varios clasificadores débiles en un modelo muy preciso. Estos métodos han mostrado ser muy eficaces al estimar el riesgo de crédito, al predecir los préstamos que no se podrán cobrar y al identificar riesgos en pequeñas y medianas empresas. Por ejemplo, en su estudio (Zeng et al., 2024) fueron capaces de incrementar notablemente la puntuación F1 después de utilizar XGBoost, luego de realizar una selección de características con datos de naturaleza diversa. Asimismo, el artículo (Liu et al., 2022) demuestra la capacidad de LightGBM para sobrepasar a otros modelos convencionales en contextos de riesgo corporativo. Su habilidad para gestionar datos categóricos, numéricos y mixtos, así como su eficiencia en cuanto a computación, los ha hecho herramientas esenciales para los sistemas de administración de riesgos.

En cuanto al método de redes bayesianas, han demostrado ser eficaces al integrar información probabilística para evaluar riesgos bajo condiciones de incertidumbre y que presenta una gran capacidad para unir varias herramientas analíticas y así obtener los resultados deseados. Por ejemplo, el trabajo realizado por Edward Lin (Lin et al, 2020) en donde se incorpora la información de un análisis bayesiano y se describe su comportamiento, de las medidas de riesgo adjuntando a este método la aproximación Corner-Fisher (CF), con un muestreo del método de Monte Carlo basado en cadenas de Markov (MCMC). También hacen uso de técnicas como las redes bayesianas impulsadas por la lógica difusa con el objetivo de digitalizar completamente la expresión del riesgo, por medio de la formación de un índice basado en lógica difusa que evita la ambigüedad en el proceso de transferencia de una variable lingüística a una digital, este es agregado como índice de tamaño de nodo en una red bayesiana, con el fin de mejorar la visualización del riesgo, su debida gestión y comunicación para la toma de decisiones (Lu et al., 2022)

Los procesos de negocio presentan constantes cambios a causa de las oportunidades, por lo que tanto el modelo de procesos como el modelo organizativo no son estándar, es aquí donde se



identifica otro tipo de riesgos que repercute a largo plazo a una entidad: la asignación de roles. Cuestiones como las habilidades, conocimientos y experiencia en la reasignación de roles, no son consideradas a profundidad y desembocan en la ejecución ineficiente de tareas. Para ello, se encontró en el modelo oculto de Markov una posible solución (Koschmider, A et al., 2012) este método es una versión aumentada de la cadena de Markov, en donde no solo se tienen en cuenta eventos observables sino también los ocultos, en este caso el modelo genera recomendaciones para asignar personal según la actividad por medio de una matriz de transición.

Vigilancia tecnológica

A raíz de las temáticas principales a las que el proyecto se encuentra en torno, se realizó la búsqueda de material relacionado con el punto central de la presente investigación, esta se encuentra soportada por bases de datos científicas como Scopus, para generar un panorama investigativo general, en cuanto a la gestión de riesgos en los procesos de negocio. La ecuación de búsqueda generada utiliza palabras clave como riesgo (RISK) evaluación (ASSESSMENT) negocio (BUSINESS) y procesos (PROCESSES), en áreas como la ingeniería, informática y aspectos relacionados con la gestión de negocios. Al realizar un filtrado de la información y con ayuda del software VosViewer se obtiene la siguiente red bibliométrica.



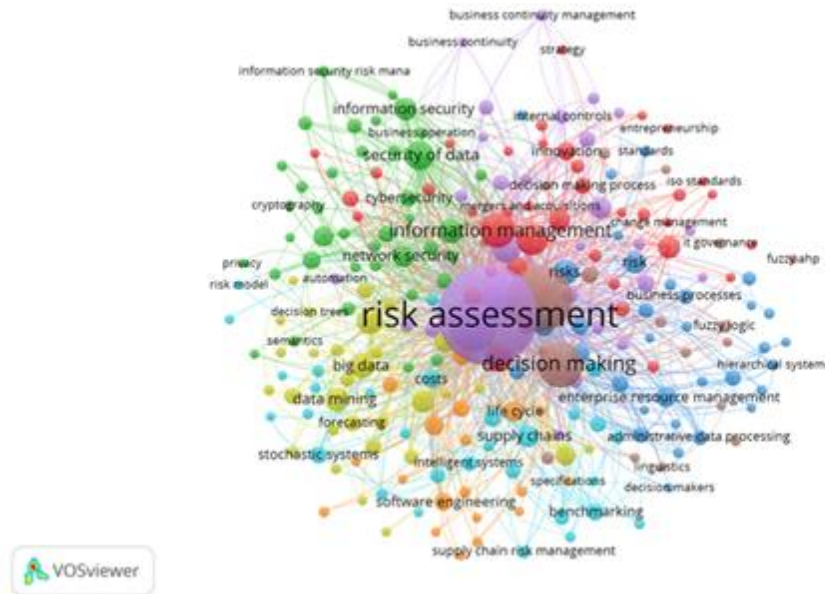


Ilustración 2 Red bibliométrica, ecuación de búsqueda (risk AND assessment AND business AND processes)

Analizando la red generada, se identificaron los siguientes clústeres:

1. **Gestión de la información:** Principalmente comprende temáticas como la seguridad de la información, el proceso de toma de decisiones, Inteligencia Artificial, Big Data, adquisición de datos y redes bayesianas. Algunos artículos científicos que pertenecen a este clúster son: “Simulación de riesgos basada en la variante bayesiana Red neuronal en sistemas de gestión integrados” (Dyakonova & Odinokov, 2021), “Formación de un enfoque integrado para realizar el análisis financiero del Patrimonio de la empresa basado en los aspectos de la gestión de la información” (Kuprina, 2021), “Gestión documental, de información, del conocimiento e inteligencia organizacional: particularidades y convergencia para la toma de decisiones estratégicas” (Rodríguez et al., 2016) y “Ciencia de datos en sistemas de gestión de riesgos: Enfoque hacia la minería de datos” (Juárez, 2024)



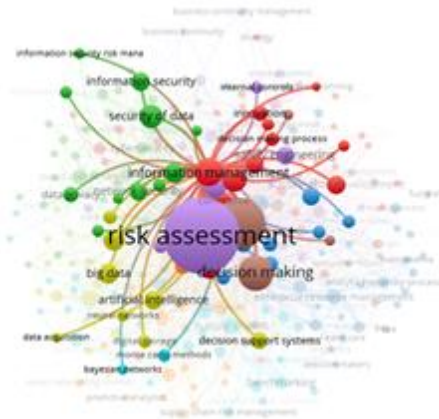


Ilustración 3 Red bibliométrica, clúster – gestión de la información

2. **Big Data:** Este clúster comprende las temáticas de gestión de la información, toma de decisiones, Big Data, minería de datos, sistemas estocásticos, seguridad de datos, operación de negocios, almacenes de datos, analítica avanzada y cadenas de suministro. Algunos artículos científicos que destacan según las anteriores temáticas son: “Aplicación de la analítica de Big Data en la seguridad de los procesos y la gestión de riesgos” (Goel et al., 2017), “Explotación de Big Data en la evaluación de riesgos logísticos a través de la no parametría bayesiana” (Shang et al., 2015), “La aplicación de la tecnología Big Data en el análisis financiero” (Sun, 2020), “Hacia un marco integrador de análisis de big data para la gestión de riesgos basada en datos en la industria 4.0” (Niesen et al., 2016) y “The synergy of generative AI and big data for financial risk: Review of recent developments” (Joshi, 2025)



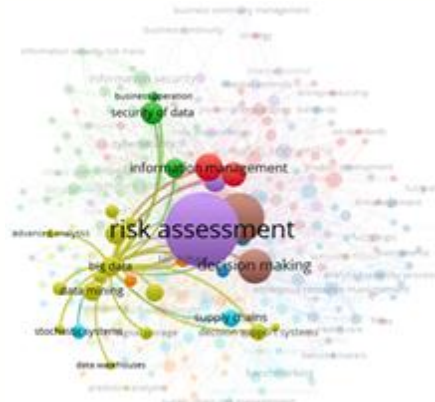


Ilustración 4 Red bibliométrica, clúster – Big Data

3. **Gestión de recursos empresariales:** Comprende temáticas como: sistemas de información, modelado de procesos y gestión de procesos empresariales. Dentro de este cluster se encontraron los siguientes artículos y papers representativos: “Gestión de Procesos de Negocio” (Surkova & Mazhaiskii, 2022), SAP (SAP, 1972), Oracle E-Business Suite (ERP Project Management | Oracle Colombia, n.d.), Microsoft Dynamics (Aplicaciones Empresariales | Microsoft Dynamics 365, n.d.), Odoo (Open Source ERP and CRM | Odoo, n.d.) y “Streamlining enterprise resource planning through digital technologies. Journal of Advanced Engineering Technology” (Mandava, 2024)

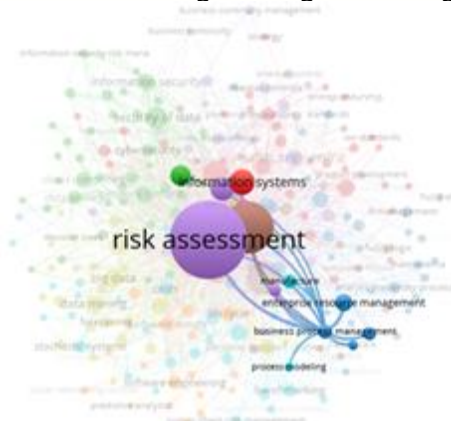


Ilustración 5 Red bibliométrica, clúster – gestión de recursos empresariales



4. **Sistemas de apoyo a la toma de decisiones:** El presente clúster gira en torno a temáticas como: gestión de la información, procesos de toma de decisiones, Big Data, Inteligencia Artificial, indicadores clave de rendimiento y evaluación comparativa. Algunos artículos científicos relacionados con el clúster son: “Análisis basado en datos de comportamiento con el método bayesiano para la gestión del riesgo de los servicios financieros” (Lin et al., 2020), “Control predictivo, planificación empresarial de modelos competitivos y ERP de innovación” (Nourani & Lauth, 2015). También estos sistemas de apoyo a la toma de decisiones han involucrado el uso de la IA (Kaggwa, 2024).

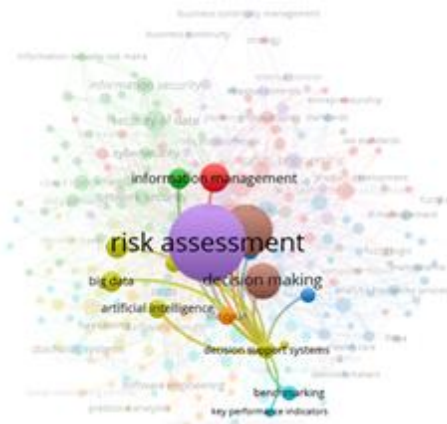


Ilustración 6 Red bibliométrica, clúster - Sistema de apoyo a la toma de decisiones

Entre los papers clasificados según la ecuación de búsqueda, también se agruparon por áreas como se puede observar en la siguiente gráfica:

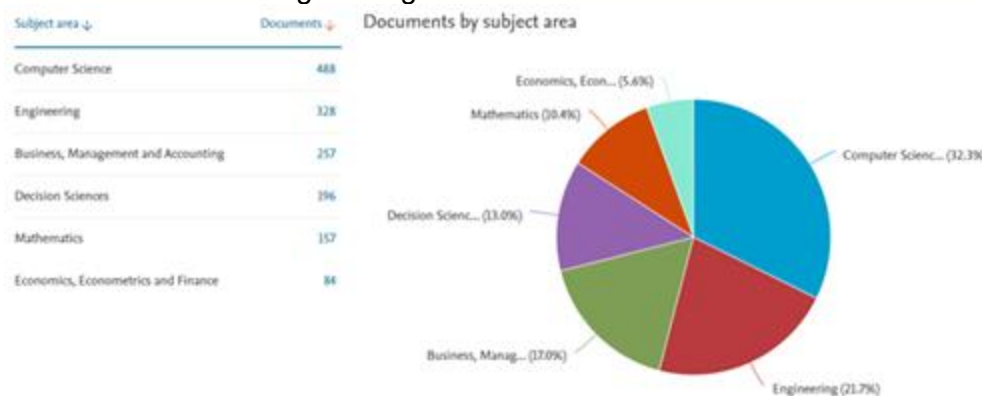


Ilustración 7 Documentos por área temática, ecuación de búsqueda

Considerando el análisis de los gráficos presentados y la identificación de clústeres relacionados con la temática a investigar, se concluye la viabilidad del proyecto en cuanto al estado del arte y la información respecto a las demás investigaciones realizadas, sobre la gestión de riesgos en procesos de negocio.

Con el fin de identificar la participación de temáticas estrechamente relacionadas con el objeto de investigación, se hizo uso de la herramienta “ScientoPy”, desarrollada en la Universidad del Cauca, cuyo fin es generar un análisis cientométrico de bases de datos científicas como Scopus y Web Of Science (Ruiz-Rosero et al., 2019). Al realizar el respectivo filtrado, se obtuvo el siguiente número de documentos.

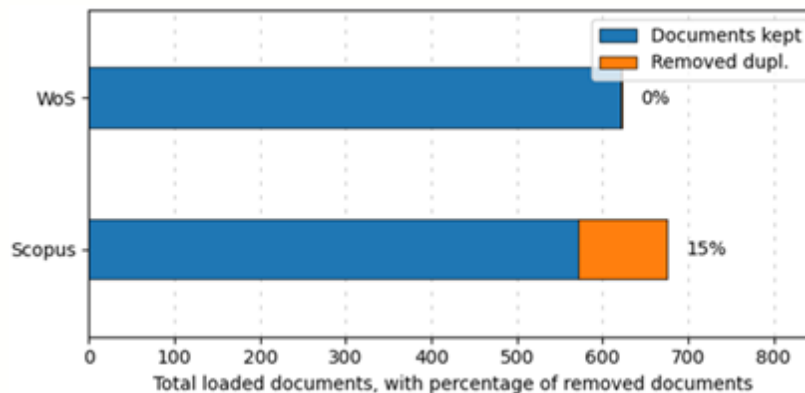


Ilustración 8 Filtrado de papers en Scopus y Web Of Science (ScientoPy)

Posteriormente, al configurar la aplicación para generar una clasificación de los 10 temas más relevantes de los artículos, se obtuvo la siguiente gráfica en donde se evidencia la importancia que está adquiriendo el ámbito de la evaluación, análisis y manejo de riesgos, incluyendo tecnologías como el Big Data y el Machine Learning.

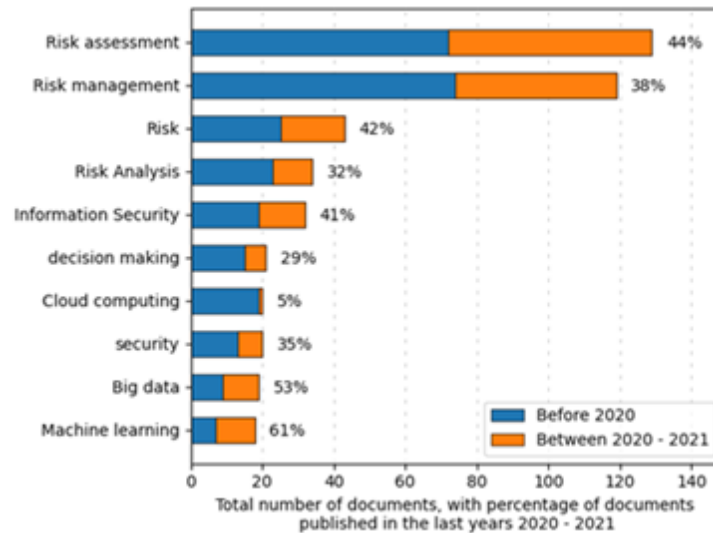


Ilustración 9 10 temas más relevantes en los papers (ScientoPy)

Para evidenciar la evolución que han tenido estos temas en los últimos años, se obtuvo una gráfica de evolución en la que se identificó la tendencia que existe en la aplicación de nuevas tecnologías en temas empresariales.

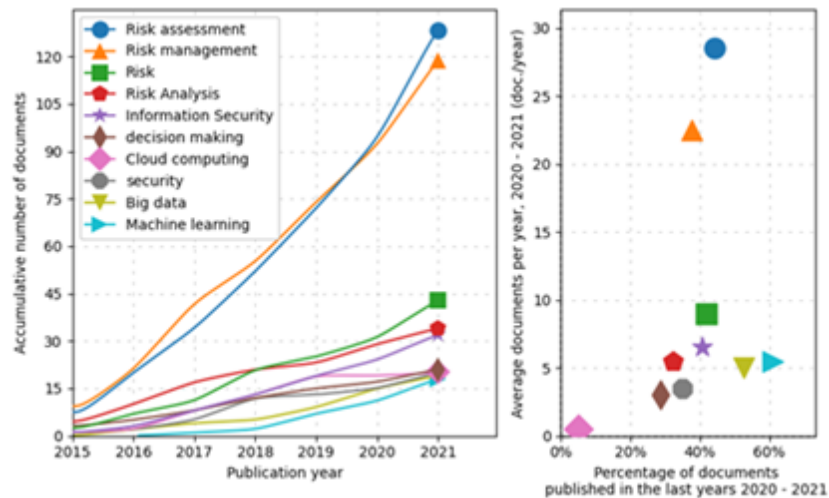


Ilustración 10 Gráfica de evolución según palabras clave (ScientoPy)

Como se puede observar en la Ilustración 10, las tendencias que se han aplicado en los últimos años en herramientas tecnológicas a nivel empresarial han sido con respecto a la gestión, evaluación y análisis de riesgos. En cuanto a las brechas, los investigadores sugieren el uso de tecnologías relacionadas a la seguridad de la información, computación en la nube, Big Data y Machine Learning, para fortalecer la toma de decisiones en los diferentes procesos empresariales.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el país las micro, pequeñas y medianas empresas (PYMES) establecen más del 90 % de la estructura empresarial y generan aproximadamente el 80 % de los empleos a nivel nacional siendo un pilar fundamental en la economía (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2024). No obstante, su sostenibilidad continúa siendo un reto a nivel estructural.

De acuerdo con Confecámaras, la Red de Cámaras de Comercio, el año 2024 se fundaron en el país 297.475 nuevas compañías, lo que supone un descenso del 2,8 % con respecto al año anterior (Confecámaras, 2024). Esta disminución muestra un enfriamiento en la dinámica de las empresas y plantea preguntas sobre las circunstancias del entorno económico y los elementos que influyen en la permanencia de las compañías en el mercado.

A nivel regional, la Cámara de Comercio de Bogotá (Observatorio - Cámara de Comercio de Bogotá, n.d.) realizó un estudio sobre el número de empresas que se crearon en el año 2024, donde se obtuvo un total de 81.618 empresas creadas hasta diciembre del 2024, de las cuales la gran mayoría corresponden a microempresas (81.471), pequeñas con 89, medianas 38 y grandes empresas con 20.

Además de estas cifras, también identificó hubo una reducción del 3,3% en la creación de empresas del 2024, con respecto al año 2023. También se registró un aumento en el número de empresas canceladas en 2024, con un total de 27.738 cancelaciones, lo que representa un incremento del 3,0% frente al año anterior.

A nivel de Boyacá, la Cámara de Comercio de Tunja, Duitama y Sogamoso (Boyacá en Cifras 2024, 2025) realizó un estudio sobre la evolución empresarial, en donde identificaron cifras de las 3 ciudades (Duitama, Tunja y Sogamoso) con respecto a las empresas que fueron matriculadas, renovadas y canceladas en los años 2024 y 2023. A continuación, se podrá observar la gráfica realizada por la cámara de comercio con las cifras mencionadas



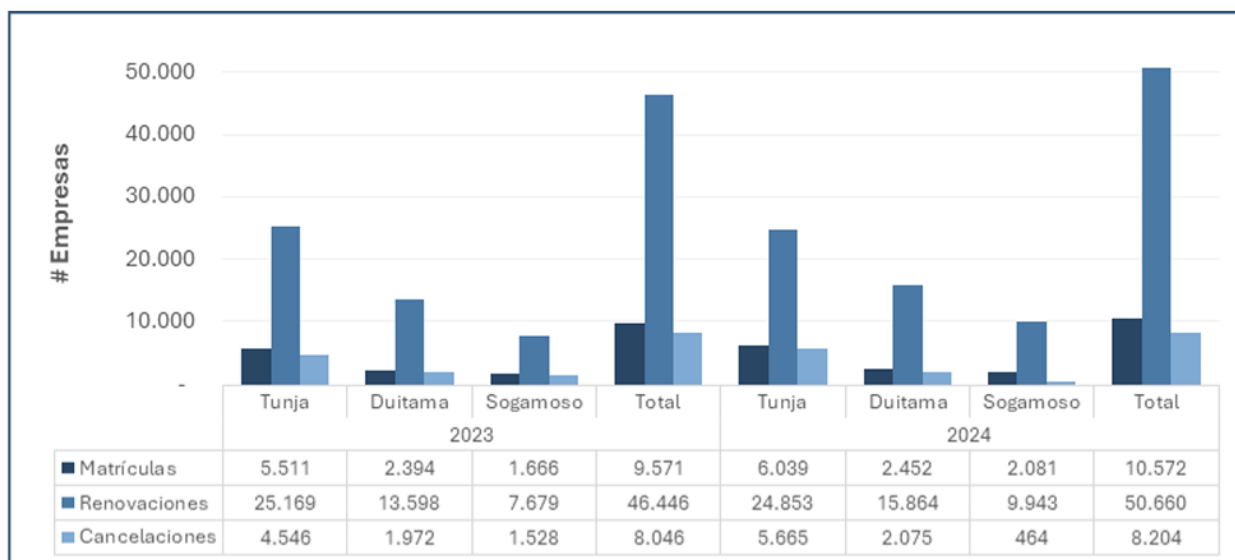


Ilustración 11 Cifras Boyacá, tomada de Boyacá en Cifras 2024, (2025)

En el año 2024 en Tunja se matricularon 6.039 empresas, en Duitama 2.452 y Sogamoso 2.081, siendo Tunja el municipio con mayor participación con un 57% de las empresas creadas. Con respecto a las renovaciones, Tunja presentó un mayor porcentaje con un 49%, al igual que el número de cancelaciones presentó una cifra elevada del 69% sobre Duitama y Sogamoso. Lo que demuestra una alta tasa de mortalidad empresarial en la región.

Desde la Cámara de Comercio de Tunja se solicitó de manera directa información detallada sobre el número de empresas que se crearon (matricularon) y se cerraron en la ciudad. En el cual nos obtuvo un histórico de datos desde el año 2015 hasta 2024, como se puede observar en la siguiente tabla:

Año	Matriculas	Cancelaciones	% Empresas Cerradas VS. Matriculadas
2015	2571	605	24 %
2016	3161	1264	40 %
2017	4448	1613	36 %
2018	4385	1647	38 %
2019	4604	1716	37 %
2020	3763	2335	62 %
2021	5746	2844	49 %
2022	5738	3807	66 %
2023	5511	4546	83 %
2024	6039	5665	94 %

Tabla 1 Creación y cancelación de empresas en la ciudad de Tunja

Como se puede apreciar en la tabla, se identificó que después del año 2020 el número de empresas canceladas presenta un gran incremento en el porcentaje con respecto al número de matrículas, alcanzando un promedio del 70% entre los años 2020 y 2024. Para el año 2024, se observó el mayor número de cancelaciones representando un 94%, reflejando un panorama empresarial preocupante y volátil para la ciudad.

Este tipo de situaciones como se comentó anteriormente ha presentado serias implicaciones sociales y económicas en cuanto la generación de empleo, desarrollo local y estabilidad económica. Estas cifras reflejan carencias en la gestión y tratamiento de los posibles riesgos que se pueden presentar en las Pymes.

Por ello, es fundamental que los empresarios conozcan plenamente el funcionamiento, debilidades y riesgos de sus organizaciones. La gestión anticipada de estos elementos a través de modelos de control puede contribuir a fortalecer la sostenibilidad y la toma de decisiones estratégicas.

La cámara de comercio de Bogotá (Causas de Liquidación de Las Empresas En Bogotá 2018, n.d.) realizó un análisis sobre las causas que han sido originarias en el proceso de liquidaciones de las empresas, donde indican que aproximadamente 18.752 empresas se cierran al año en la ciudad de Bogotá. En la identificación de las causas se obtuvieron las siguientes:



- **Riesgo de pérdida:** Cuando se inició la empresa, estas no consiguieron resultados eficientes, ya que tenían ventas bajas, carecían de demanda en el mercado, presentaban pérdida de clientes y asumían los gastos con el dinero personal y no con el que generaba la empresa, ya que eran muy bajos.
- **Riesgo económico:** Falta de capital en el cual de endeudaban para poder solventar los gastos que requería en el negocio
- **Riesgo de competencia:** Motivos personales, gran variedad de competencia en el mercado, desconocimiento sobre el producto
- **Riesgo de experiencia:** Poca o nula experiencia sobre los procesos para administrar el negocio o falta de tiempo, falta de asesoramiento sobre estos procesos.
- **Riesgo tecnológico:** Falta de adopción, actualización o gestión adecuada de las herramientas.
- **Riesgo logístico:** Fallas en la cadena de distribución, almacenamiento o mala planeación en el inventario.
- **Riesgo financiero:** Desequilibrio económico, mala administración de recursos, adeudamiento, falta de liquidez o incumplimiento tributario.
- **Riesgo operativo:** Mala administración en procesos internos, errores humanos, fallas en la producción o del sistema.
- **Riesgo legal:** Incumplimiento de normas, regulaciones, sanciones, multas o desconocimiento del marco normativo.
- **Riesgo comercial:** Pérdida de posicionamiento en el mercado, baja demanda o competencia desleal o desactualización estrategias de marketing

Estos tipos de riesgo concuerdan con los resultados de las encuestas realizadas a empresarios de la zona, que muestran que los elementos financieros, operativos y comerciales son los más influyentes en la clausura de compañías. Los resultados mencionados indican que, si bien la constitución de empresas se mantiene en cifras importantes, el porcentaje de liquidaciones y cancelaciones continúa creciendo, lo cual pone de manifiesto la apremiante necesidad de poner en práctica procedimientos para diagnosticar y prever riesgos empresariales con el propósito de detectar con antelación las vulnerabilidades críticas y reforzar la toma de decisiones estratégicas.

Según los antecedentes presentados, es evidente la necesidad de implementar una herramienta informática que realice procesos de diagnóstico y predicción sobre los riesgos a los que se enfrentan las empresas, en particular las microempresas, pequeñas y medianas (PYMES). Esta clase de soluciones tecnológicas permitiría detectar a tiempo factores críticos que impactan la



sostenibilidad de las empresas, proporcionando a los empresarios información pertinente para tomar decisiones estratégicas. Así mismo, ayudaría a robustecer los procedimientos de gestión del riesgo y a evitar que las entidades se cierren o liquiden, evaluando el impacto potencial de cada clase de riesgo y elaborando estrategias que mejoren la eficiencia operacional y la competitividad del negocio.

El aporte central y fundamental de este proyecto es el desarrollo de un software que gestiona de forma integral el riesgo y a su vez, ejecuta un modelo de aprendizaje automático orientado a la predicción del impacto de los riesgos en los procesos de negocio de las pymes. Este sistema constituye una herramienta práctica que integra la gestión y la predicción del riesgo, facilitando la toma de decisiones. Adicionalmente, como aporte significativo, se conformó un dataset propio para el entrenamiento del modelo, que ante la escasez de disponibilidad de este tipo de datos, se constituye una herramienta disponible para la comunidad ejecute entrenamientos y predicciones en contextos empresariales. La generación de este conjunto de datos, junto con el diseño del modelo y la implementación del software, representan contribuciones originales que responden directamente a la necesidad de contar con soluciones tecnológicas que permitan anticipar el comportamiento del riesgo y su efecto en el desempeño organizacional.



JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, al nivel mundial y nacional, se han reportado altos índices de creación de empresas, pero así se ha registrado un alto porcentaje en la deserción, cierre o liquidación de estas, como en la ciudad de Tunja, según las cifras de la Cámara de Comercio de Tunja, se observó que en el año 2020 y 2021 entre las cifras de las empresas creadas en estos años y las cerradas se evidenció que un 60% de las empresas están cerradas. De acuerdo a esas cifras preocupantes a nivel nacional, la Cámara de Comercio de Bogotá (Cámara de comercio de Bogotá, 2018) y la Dirección de Estudios e Investigaciones (Cámara de Comercio de Bogotá., 2009) realizaron varios estudios donde reflejaron que el causal de cierre de estas pymes se generan por riegos económicos, de competencia y de experiencia en el área/sector.

Según las causas mencionadas en el documento, se evidencia que las empresas se han cerrado al no identificar los riesgos que puede presentar en un futuro, por el comportamiento de los clientes, las ventas, los ingresos, los gastos, la falta de conocimiento sobre cómo mantener la empresa y el no contar o usar alguna herramienta que les ayude a identificar o predecir estos riesgos de su pyme, se ven obligados a liquidarla.

Por ello, se ve la necesidad de implementar una herramienta informática la cual evalúe riesgos asociados a la gestión de procesos, que valore el impacto de riesgos de negocio, para así reducir el tiempo en la detección e identificación de riesgos y generar un plan de mejora.

Para este proyecto se adecuará el modelo de las Pymes, que tendrá una mezcla de un sistema de información y un sistema de predicción, donde se vio necesario hacer aportes de un desarrollo informático, que estará comprendido por dos componentes principales: el primero enfocado en la gestión y evaluación del riesgo y el segundo en el diagnóstico y predicción de riesgos.

Una de las características que tendrá la herramienta, será evaluar el riesgo de manera que el usuario pueda visualizar fácilmente los tipos de riesgos presentados en la empresa y que la aplicación logre un alto porcentaje de usabilidad, siendo intuitivo para el usuario.

Esta herramienta se desarrollará con la posibilidad de predecir riesgos mediante un algoritmo de aprendizaje según los datos brindados por las pymes. El manejo de riesgos es relevante a la hora de mejorar los procesos empresariales, por esto, cada vez más son las empresas que involucran estas metodologías.

La ERM es un método integrado que aumenta el valor de la organización al disminuir las incertidumbres inherentes al método convencional, reducir la volatilidad del rendimiento de las



acciones, estabilizar los beneficios, mejorar la eficiencia del capital y reducir los costes previstos del capital externo y la inspección reglamentaria, y maximizar el valor de los accionistas (Saeidi et al., 2019, p. 69)

El fin de esta gestión de riesgos es conseguir una continua maduración, pasando de ser un método defensivo a uno ofensivo y calculado (Liebenberg & Hoyt, 2003). Esto genera un mayor conocimiento de la competencia y el potencial de la entidad, permitiendo un continuo ajuste de inconsistencias o el mayor uso de buenas prácticas y generando así una continua competencia basada en la estrategia, que desemboca en la apertura de más empresas y el mantenimiento de estas.

Según el estado del arte y las brechas identificadas en los artículos y trabajos científicos, se identificaron las siguientes:

- Hacer un mayor uso de la computación en la nube, como lo indica el proyecto, (Heredia Guerreros, 2021, p. 71) “pueda tentar la posibilidad de realizar la migración a la nube, la cual sin duda causará grandes beneficios a la organización para el desarrollo de sus modelos como se ve actualmente en muchas organizaciones”, se refleja la importancia de manejar la nube para estos procesos
- Ampliar la aplicación para todo tipo de empresas, como se evidencia en (SAP, 1972) el módulo de predicciones de riesgos no aplica para pymes, solo para macroempresas.
- Cada empresa y sector se desenvuelven de una manera diferente; una de las brechas científicas presentes en varios productos es la gran variedad de procesos y ámbitos empresariales, lo que lleva a cierta exclusividad en el desarrollo de sistemas de gestión de riesgos, como se evidencia en (Imran & Waseem, 2017).

Con el fin de comprender de mejor manera la actualidad de las PYMES colombianas, se realizó una encuesta en el que fueron participes empresas de diversos sectores económicos y regiones del país. Esta encuesta no solo abordó temáticas relacionadas con su situación actual en materia de gestión de riesgos sino sus opiniones respecto a la aplicación de inteligencia artificial en los procesos de predicción de riesgos. Los resultados de la encuesta, que serán analizados a más detalle en posteriores secciones, revelan el interés que existe por parte de las pequeñas y medianas empresas hacia la posibilidad de tener un software encargado de la gestión de riesgos e incluso aplicar inteligencia artificial para el proceso de predicción del impacto de los mismos.



OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar una aplicación web que permita gestionar y predecir el impacto de riesgos en los procesos de negocio de las PYMES de Tunja – Boyacá.

Objetivos específicos

- Caracterizar el comportamiento de los procesos de negocio en las Pymes de la ciudad de Tunja para el planteamiento de documentación tecnológica.
- Desarrollar la herramienta de evaluación, diagnóstico y predicción de riesgos basada en técnicas y métodos de Machine Learning.
- Validar el sistema con ayuda de métricas de evaluación del modelo de machine learning propuesto y observaciones experimentales realizadas por las empresas participantes.



METODOLOGÍA

Para visualizar los procesos necesarios para cumplir los objetivos, se realizó un WBS con evidencias los contenidos y entregables que llevan a la realización de los objetivos. Este diagrama pretende obtener una perspectiva general y amplia del planteamiento del problema, donde se plantean actividades necesarias para cumplir los objetivos.

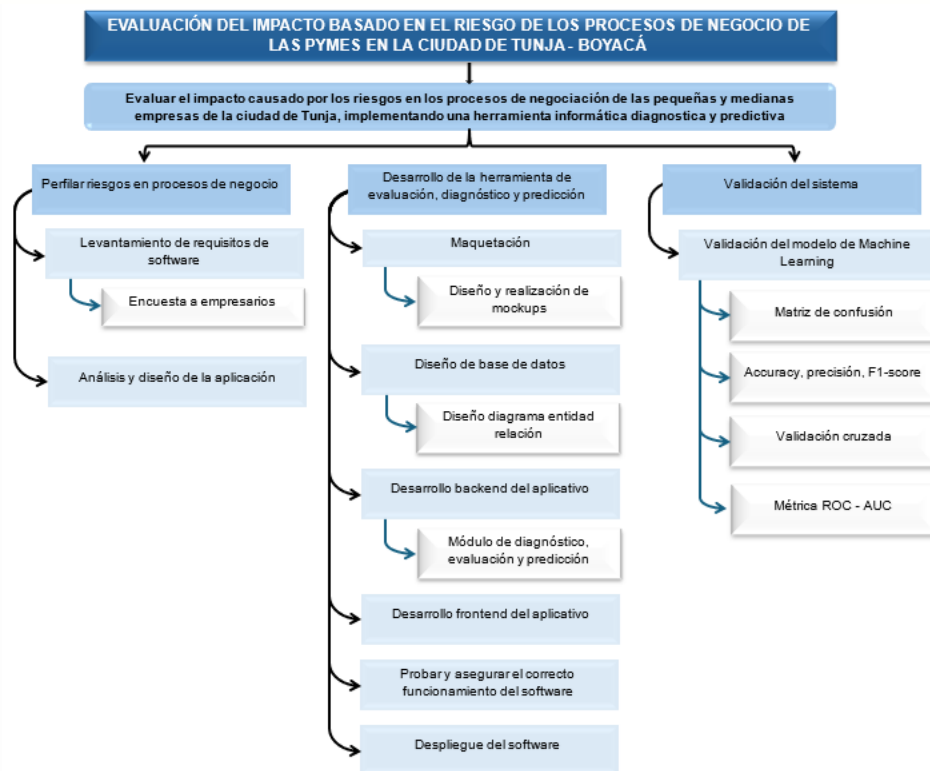


Ilustración 12 WBS, vista panorámica de actividades de acuerdo con el planteamiento del problema

Para la evaluación de riesgos se aplicó una encuesta respondida por pequeñas empresas en Tunja. Además, se recogieron datos similares en otras localidades con el mismo cuestionario, lo cual ayudó a tener más cobertura. El estudio siguió un enfoque descriptivo, basándose en hallazgos previos y casos reales de pymes. Cada situación crítica encontrada fue revisada para ver qué actividad empresarial afectaba. Se escogió este método después de hablar con dueños

de negocios, ya que algunos tuvieron problemas al responder porque no conocían bien los conceptos técnicos sobre manejo de riesgos.

Las entrevistas, hablar con profesionales y sesiones con expertos ayudaron a hacer y revisar los documentos técnicos. Así surgió un modelo que une formación específica con aprendizaje real para manejar peligros y anticipar sus efectos.

Para alcanzar la segunda meta del proyecto, se aplicaron distintos métodos que ayudaron a avanzar de forma rápida y ordenada. Durante el recorrido, hubo tareas específicas junto con herramientas útiles para promover la cooperación entre los miembros y mantener un control constante; esto permitió ajustes rápidos ante imprevistos. Asimismo, se analizaron opciones técnicas, entornos de desarrollo y sistemas disponibles capaces de cubrir las necesidades del resultado esperado. La elección consideró aspectos como capacidad de crecimiento, sencillez al actualizar, tiempo requerido para dominarlas, existencia de guías claras y opiniones consolidadas, todo orientado a asegurar acceso sin complicaciones desde equipos convencionales.

El uso conjunto de estas herramientas con enfoques prácticos hizo posible definir un camino bien estructurado, lo cual ayudó mucho a alcanzar las metas planteadas. Se describen después los métodos y recursos usados, junto con los motivos que respaldan su selección.

Para este proyecto se manejó la metodología Ágil Scrum propuesto por Ken Schwaber y Jeff Sutherland en 1995.

Scrum

Scrum es un marco de trabajo ágil interactivo e incremental utilizado en el desarrollo de software y gestión de proyectos. Scrum se basa en principios de transparencia, inspección y adaptación, y se centra en la colaboración, la entrega de valor y la flexibilidad en el desarrollo de los productos.

Esta metodología ágil, se organiza en iteraciones o ciclos de trabajo llamados Sprints, el cual tienen una duración de 1 a 4 semanas. Durante cada Sprint, el equipo tiene que desarrollar y entregar un incremento o parte del producto funcional y potencialmente desplegable. El proceso de Scrum se organiza por medio de roles clave como el Product Owner, Scrum Master y el Equipo de Desarrollo y cuenta con eventos específicos como lo es el Sprint Planning, Daily Scrum, Sprint Review y Sprint Retrospective (Ribeiro, Silva, Aguiar. 2024).



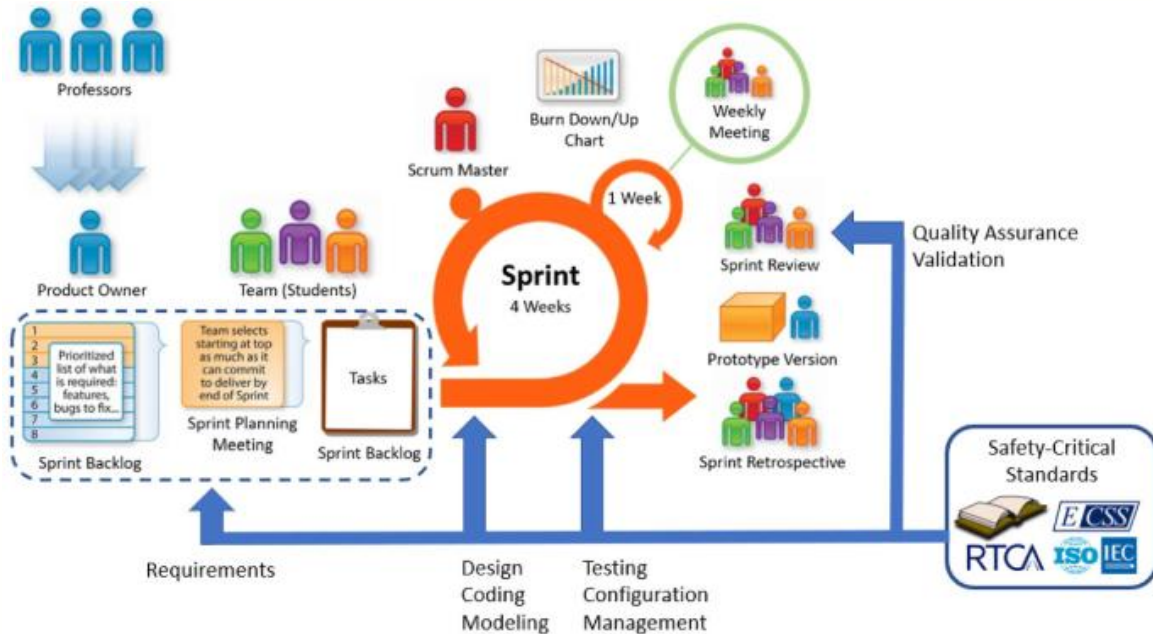


Ilustración 13 Flujo de trabajo de la metodología Scrum, Tomado de (Ribeiro, Silva, Aguiar. 2024).

En la ilustración 13, se puede observar el flujo de trabajo de la metodología en donde se inicia con la visión que tiene el cliente sobre el producto. Esta visión es la base para crear la lista de funcionalidades de la aplicación y es conocida como la Pila del Producto. Cuando ya están bien definidas las funcionalidades, el equipo selecciona las tareas que realizarán y las agregan en la Pila del Sprint. Para ejecutar cada tarea, se debe tener una estimación de duración. Esto posibilita disponer de una proyección minuciosa y clara acerca de cómo se lograrán los objetivos en cada Sprint. En el sprint, se llevan a cabo juntas periódicas, como la Daily Scrum (reuniones diarias), para evaluar los avances y hacer las correcciones necesarias. Al final de cada Sprint, se debe presentar una versión del producto entregable, el cual permitirá que el cliente realice una retroalimentación y así se asegure una entrega continua de valor del producto / funcionalidad. Este ciclo se repite con cada Sprint y permite una adaptación ágil a los cambios y mejora continua en la calidad y funcionalidad del producto. (Ribeiro, Silva, Aguiar. 2024).

A continuación, se nombrarán algunas de las ventajas que tiene esta metodología:

- **Flexibilidad y Adaptabilidad:** Este marco de trabajo permite adaptarse a los cambios rápidamente, ya que pueden ajustarse y medirse en cada uno de los Sprints.
- **Entrega Continua de Valor:** Al finalizar cada Sprint, se tiene una versión entregable del producto, que se puede presentar y evaluar regularmente por el cliente.
- **Transparencia y Comunicación:** Esta metodología promueve transparencia en el proyecto e incentiva la comunicación continua entre los miembros del equipo y las partes interesadas en las reuniones.
- **Mayor compromiso del equipo:** Al asignar cada tarea, promueve la autonomía y la responsabilidad del equipo de desarrollo, lo que fomenta el compromiso y la motivación del equipo.
- **Rápida Identificación de Problemas:** Los controles que se llevan a cabo mediante el Sprint Review o el Daily son útiles para detectar problemas y realizar ajustes en el producto.
- **Cliente Involucrado:** La participación activa del cliente en la planificación y revisión del Sprint garantiza que el producto final cumpla con sus necesidades, por medio de su retroalimentación constante con el fin de mejorar continuamente el producto.
- **Mejora Continua:** El equipo reflexiona sobre la labor realizada al final de cada sprint evaluando su desempeño y buscando maneras de optimizar procesos en los siguientes Sprints.
- **Reducción de Riesgos:** Esta metodología permite identificar y abordar riesgos tempranos, el cual ayuda minimizar posibles retrasos en los tiempos de entrega y mitigar estos.

Se optó por utilizar esta metodología para el desarrollo del proyecto a lo largo de su implementación debido a su eficacia como marco de trabajo ágil, ya que ayuda a mejorar la productividad del equipo y los tiempos. Su enfoque iterativo facilita ajustes rápidos a medida que se clarifican los requisitos, garantizando que el producto final cumpla con las expectativas del cliente. Esta metodología ofrece una entrega continua y adaptativa del producto de alto valor y calidad busca mejorar la satisfacción del cliente de una manera constante.

Para la implementación de este marco de trabajo, se utilizó la herramienta Trello como apoyo fundamental para la gestión de tareas y del cronograma.



Trello

Trello es una plataforma que permite la colaboración visual y simplifica el seguimiento del progreso y desarrollo del proyecto, así como la gestión de tareas y la distribución de las responsabilidades. Esta herramienta en línea integrada facilita una coordinación efectiva entre los integrantes del equipo, al ofrecer una visión nítida de las labores que están pendientes, en proceso o terminadas. La metodología ágil de Scrum se corresponde de manera perfecta con la interfaz intuitiva de Trello, lo que facilita una rápida adecuación a las necesidades del proyecto y fomenta la comunicación efectiva y la transparencia en el equipo. (Baca Valles, 2024).

A continuación, se podrá observar una visual del tablero usado para el proyecto

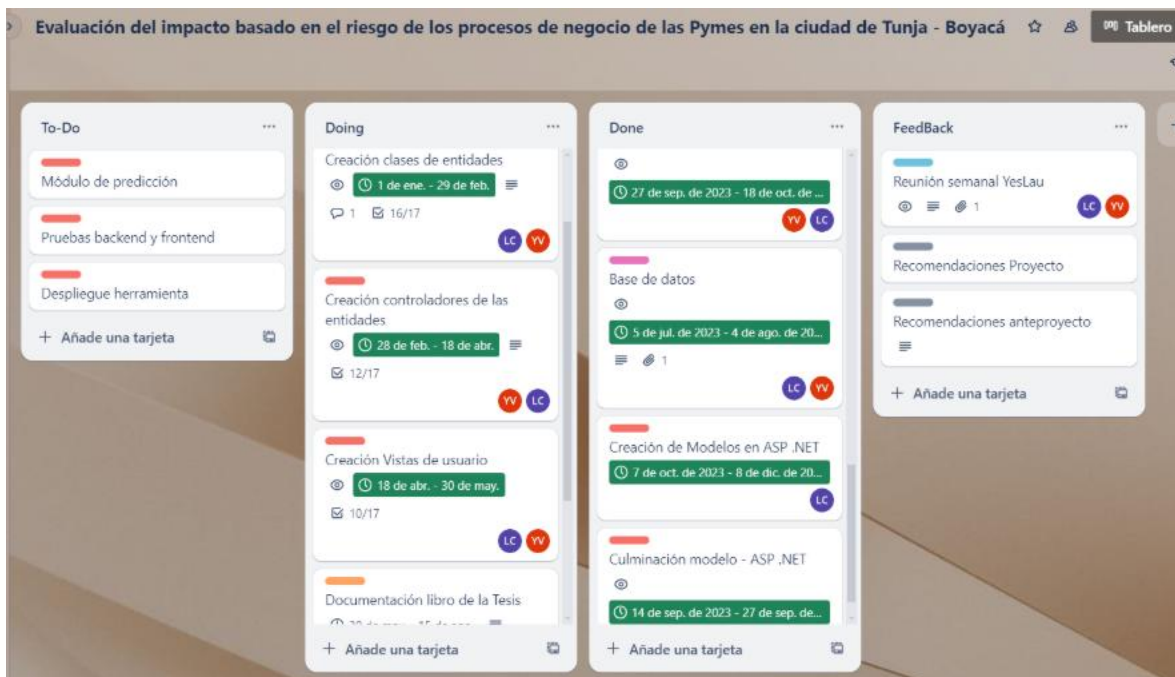


Ilustración 14 Tablero Trello Proyecto

A continuación, se definirán algunas de las herramientas técnicas que se usaron para el desarrollo del proyecto.

ASP.NET Core

Microsoft es la compañía que desarrolló ASP.NET Core, un marco de trabajo para el desarrollo web, y este fue el fundamento para implementar la herramienta. Este marco sobresale por ser de código abierto y multiplataforma, lo cual implica que es capaz de funcionar en sistemas operativos como Linux, Windows y macOS. Esto proporciona versatilidad y sencillez al momento de trasladar el software creado.

Una de las fortalezas fundamentales de ASP.NET Core es su resistencia y estabilidad. Permitiendo desarrollar aplicaciones web de alto rendimiento, está diseñado para ser eficaz y escalable. Este proporciona una implementación adaptable al posibilitar que se escojan componentes y tecnologías particulares para cada proyecto, como diversos sistemas de autenticación, bases de datos y servicios externos.

ASP.NET Core utiliza el patrón de diseño MVC (Modelo-Vista-Controlador) para organizar la aplicación en capas claramente definidas, el cual facilita la mantenibilidad, escalabilidad y la cooperación en el equipo de desarrollo (¿Qué Es ASP.NET Core? | .NET, n.d.).

Durante el desarrollo de la herramienta, se usó otros componentes clave, como:

- ASP.NET Entity Framework: Es un marco de trabajo de ORM (Object-Relational Mapping) que simplifica la comunicación con la base de datos al ofrecer una abstracción en un alto nivel sobre las operaciones para acceder a los datos. Entity Framework posibilita la configuración de modelos de datos a través de clases de entidades y configuraciones de mapeo, lo que hace más fácil la persistencia y recuperación eficiente de los datos. (Tutorial: Introducción a Entity Framework 6 Code First Con MVC 5 | Microsoft Learn, n.d.).
- Pomelo.EntityFrameworkCore.MySql: En ASP.NET Core, es un proveedor de base de datos para MySQL. Esta biblioteca permite que la aplicación se conecte y se comunique con bases de datos MySQL de modo eficaz y seguro, ampliando las habilidades del Entity Framework Core para aceptar bases de datos MySQL de manera nativa. (MySQL Entity Framework Component - .NET Aspire | Microsoft Learn, n.d.).



Pomelo.EntityFrameworkCore.MySql y ASP.NET Entity Framework son herramientas esenciales para el desarrollo de aplicaciones web con ASP.NET Core, que brindan un método eficaz y actual para la gestión de persistencia de datos e interacción con la base de datos MySQL.

ASP.NET Core es una potente plataforma para el desarrollo de páginas web que fusiona la estabilidad, la eficacia y la adaptabilidad requeridas para crear aplicaciones escalables y actuales.

WSL (Windows Subsystem for Linux)

El subsistema de Windows para Linux posibilita que una computadora con sistema operativo Windows funcione con un ambiente Linux. Esta propiedad de Windows permite que sea posible instalar y usar varias distribuciones de Linux, como Debian, Kali o Ubuntu, entre otras. Fue relevante en el proyecto WSL, porque posibilitó que instaláramos Apache y MariaDB para administrar la base de datos de la aplicación y el servidor web.

WSL ofrece versatilidad y compatibilidad, lo que posibilita trabajar en un ambiente Linux sin necesidad de una máquina virtual. Esto simplifica la inclusión de aplicaciones y herramientas de Linux en un ambiente Windows. Una de las ventajas es su rendimiento, que está cercano al nativo gracias a la integración directa con el Kernel de Windows, que tiene una velocidad superior a la de las máquinas virtuales tradicionales (Qué Es El Subsistema de Windows Para Linux | Microsoft Learn, s.f.).

A continuación, se describen los componentes que fueron usados con WSL:

- **Apache:** Este es un servidor web de código abierto que permite manejar solicitudes HTTP para las páginas web. Es compatible con varios lenguajes de programación y es conocido por su estabilidad y fiabilidad. Es perfecto para manejar grandes cantidades de tráfico, conservando un desempeño seguro y constante. Además, proporciona una configuración adaptable que posibilita ajustarse a varios entornos y exigencias de seguridad, asegurando la protección de las aplicaciones web frente a diversas amenazas. (Instalación y configuración de Apache, un servidor Web gratis | Márquez Díaz et al., n.d.).
- **MariaDB:** Este es un sistema de gestión de bases de datos relacional que tiene su origen en MySQL. Este proporciona un rendimiento elevado, que facilita la gestión de grandes cantidades de datos. MariaDB presenta funciones de seguridad avanzadas, como la auditoría de acceso, el cifrado de datos y la validación de usuarios, lo que asegura la protección de los datos. Además, su compatibilidad con MySQL facilita la migración e



integración de las aplicaciones que utilizan esta plataforma. (MariaDB En Resumen - MariaDB.Org, n.d.).

MariaDB y WSL Apache ofrecen un entorno de desarrollo potente y adaptable que simplifica la gestión de bases de datos y servidores web en Windows, sacando partido de las ventajas más destacadas de los dos entornos. Para llevar a cabo la aplicación, esta configuración fue relevante porque posibilitó un desarrollo eficaz y fluido de la herramienta.

GitHub

GitHub es una plataforma que permite desarrollar software de manera colaborativa y emplea el sistema de control de versiones Git. En el proyecto, GitHub fue clave para la coordinación y administración del trabajo en equipo, lo cual posibilitó un desarrollo más ordenado y eficaz.

Con GitHub, se tiene la posibilidad de guardar el código fuente de los proyectos en un repositorio remoto, lo que hace más fácil la cooperación entre todos los integrantes del equipo de desarrollo. Cada programador tiene la posibilidad de duplicar el repositorio en su computadora local, de esta manera puede hacer modificaciones y volver a subirlas a GitHub para garantizar que todos los contribuyentes trabajen con la versión más reciente del proyecto. (Acerca de GitHub y Git - Documentación de GitHub, n.d.).

Una de las principales ventajas de utilizar GitHub incluye:

- **Gestión de versiones:** GitHub posibilita la conservación de un registro completo de todas las modificaciones que se llevan a cabo en el código. Además, es posible revertir versiones anteriores y hacer un seguimiento minucioso de los cambios.
- **Colaboración:** Mediante la creación de ramas, cada miembro del equipo puede trabajar en nuevas funcionalidades o corregir errores sin afectar el código principal. Los cambios, una vez revisados y aceptados, se pueden incorporar a la rama principal.

GitHub fue una herramienta esencial para la organización y la implementación de nuestro proyecto, ya que ofreció un marco colaborativo que elevó notablemente la eficiencia y la calidad del desarrollo.

Visual Studio



Microsoft es la compañía creadora de Visual Studio, que es un entorno integrado de desarrollo (IDE). En nuestro proyecto se empleó este IDE porque sus capacidades y herramientas potentes hacen más fácil el desarrollo, la depuración y la implementación de aplicaciones web. Visual Studio es compatible con diversos lenguajes de programación, como C#, lo que lo convierte en la opción perfecta para trabajar con ASP.NET Core, el marco utilizado para desarrollar la herramienta.

Con Visual Studio, fue posible gestionar de manera eficiente el código fuente y realizar pruebas unitarias. Además, su integración con GitHub permitió una colaboración fluida dentro del equipo de desarrollo junto con el control de versiones (Visual Studio: IDE y Editor de Código Para Desarrolladores de Software y Teams, n.d.).

La integración de Visual Studio con las herramientas anteriormente mencionadas se obtiene la siguiente visión:

- ASP.NET Core: Visual Studio proporciona un entorno robusto y amigable para desarrollar aplicaciones con ASP.NET Core, así facilitando la implementación del patrón MVC y la integración de otros componentes como Entity Framework y la biblioteca Pomelo.EntityFrameworkCore.MySql.
- WSL: A pesar de que Visual Studio se ejecuta en Windows, su compatibilidad con WSL permite a los desarrolladores ejecutar y depurar aplicaciones en un entorno Linux directamente desde el IDE.
- Apache y MariaDB: Visual Studio facilita la configuración de proyectos que interactúan con servidores web como Apache y bases de datos como MariaDB. Gracias a la integración de herramientas y extensiones, es posible administrar estas tecnologías directamente desde el entorno de desarrollo.

Visual Studio fue una herramienta esencial en el desarrollo y despliegue eficiente de nuestro proyecto, proporcionando un entorno unificado para gestionar desarrollo de la herramienta.

Respecto al tercer objetivo, se emplearon metodologías como el benchmarking de modelos, mediante los cuales se entrenaron múltiples algoritmos bajo las mismas condiciones y se realizó una comparación de sus resultados utilizando métricas como la matriz de confusión, F-1 Score y la precisión. Los algoritmos evaluados fueron Random Forest, XGBoost y LightGBM, siendo el



último mencionado el que obtuvo mejores resultados que son analizados en detalle más adelante en el documento.

También se aplicó la metodología de validación cruzada (cross-validation), que permitió obtener una evaluación más estable, evitar el riesgo de overfitting del modelo y realizar una comparación robusta entre los modelos formulados.



DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

El desarrollo de este proyecto se contemplan 6 fases distribuidas de la siguiente manera:

Caracterizar el comportamiento de los procesos de negocio en las Pymes de la ciudad de Tunja para el planteamiento de documentación tecnológica.

Fase 1 Análisis en los procesos de negocio en Tunja

En esta fase, se realizaron investigaciones para analizar las brechas y el comportamiento de los procesos de negocio de Tunja en el que se observó que en los últimos años ha incrementado el porcentaje de pymes liquidadas en la ciudad.

En esta investigación, se analizó un estudio empresarial realizado por la Cámara de Comercio de Tunja, Duitama y Sogamoso. Este estudio abordó las cifras relacionadas con las empresas matriculadas, renovadas y canceladas en el año 2024 en las ciudades de Duitama, Tunja y Sogamoso. Los resultados revelaron que en Tunja se crearon un total de 6039 empresas y se cerraron 5665, lo que representa un 94%, una cifra realmente preocupante.

Además de este análisis, se solicitó directamente a la Cámara de Comercio de Tunja información sobre el número de empresas creadas o matriculadas, así como las que se cerraron, para cada año.

La información proporcionada abarcó desde el año 2015 hasta el 2024, como se detalla en la Tabla 1.

En este análisis, se identificó un notable aumento en el índice de empresas cerradas o liquidadas a partir del año 2020, con un promedio del 60% en relación con el número de empresas matriculadas. Las cifras de 2023, registradas hasta julio, mostraron un preocupante porcentaje del 105%.

Por esta situación, se realizó una introspección mediante una encuesta de la Cámara de Comercio a las pymes cerradas. El objetivo fue comprender las razones detrás de su liquidación, obteniendo un total de 554 respuestas que revelaron los siguientes resultados:



Opción	# respuestas	Porcentaje
Bajas ganancias	102	18,4%
Problemas administrativos, financieros	71	12,8%
Ventas muy bajas	68	12,3%
Falta de capital	39	7,0%
La carga tributaria	37	6,7%
Mucha competencia	32	5,8%
Las deudas	29	5,2%
No tenía la suficiente demanda su negocio	27	4,9%
Pérdida de clientes	25	4,5%
Problemas con el entorno o mercado	23	4,2%
Conflictos con el socio	17	3,1%
Mala administración	17	3,1%
Problemas logísticos y de distribución	16	2,9%
Tenía más egresos que ingresos	15	2,7%
Falta de atención al negocio	12	2,2%
No se cumplían las metas	7	1,3%
Problemas legales	6	1,1%
Cambiaron las tendencias en el mercado	6	1,1%
Falta de experiencia	5	0,9%

Tabla 2 Motivos cierre de empresas

La tabla proporciona una visión detallada de los motivos detrás del cierre de empresas, basada en el número de respuestas con respecto al total. A continuación, se destacan los motivos principales del cierre de las empresas:

- Desafíos Financieros y operativos: Las razones más frecuentes para el cierre de empresas incluyen: Bajas ganancias con un 18.4%, Ventas muy bajas con un 12.3%, y Problemas administrativos, financieros con un 12.8% y Deudas con un 5.2%, en el que se evidencia desafíos económicos y de gestión como factores significativos.
- Problemas Financieros y Administrativos: Se identificaron respuestas relacionadas con problemas financieros, como la Falta de capital con un 7.0% y Tenía más egresos que



- ingresos con un 2.7% y problemas legales con 1.1%, destacan la relevancia de abordar eficientemente la gestión financiera y legal para la sostenibilidad de los negocios.
- Factores Externos: Entre los factores externos la Carga tributaria con un 6.7% y Problemas con el entorno o mercado con un 4.2% y Cambiaron las tendencias en el mercado con un 1.1%, sugieren desafíos relacionados con la adaptación a condiciones externas y la viabilidad del mercado.
 - Competencia y Demanda del Mercado: Se tienen temas como Mucha competencia con el 5.8% y No tenía la suficiente demanda su negocio con un 4.9% y Pérdida de clientes con un 4.5%, sugieren desafíos relacionados con la competitividad del mercado y la falta de demanda. Resaltando la importancia de creación de estrategias de marketing y retención de clientes.
 - Gestión Interna: Los problemas internos como Conflictos con el socio con un 3.1%, Mala administración con un 3.1%, Problemas logísticos y de distribución con 2.9%, y Falta de atención al negocio con 2.2% señalan la necesidad de una gestión interna eficiente y solución rápida de problemas operativos.
 - Desafíos de Rendimiento: La presencia de motivos como No se cumplieron las metas con un 1.3%, indica desafíos en el establecimiento y logro de los objetivos empresariales, sugiriendo la importancia de estrategias claras y un seguimiento adecuado del proceso empresarial.

El análisis destaca la presencia de desafíos económicos, administrativos, externos y factores personales que influyen en el cierre de empresas. A partir de estas observaciones, se identifica la imperante necesidad de desarrollar una herramienta integral que evalúe los riesgos asociados a la gestión de procesos y valore el impacto de los riesgos comerciales. Esta herramienta, al facilitar la detección e identificación de riesgos, permitirá a las empresas generar planes de mejora de manera más eficiente, contribuyendo así al éxito empresarial mediante una gestión proactiva de los desafíos que puedan surgir.

Para analizar la situación y el comportamiento de las Pymes con respecto a los procesos de negocio y gestión de riesgos, se aplicaron encuestas dirigidas a empresarios de diferentes sectores económicos. Estas encuestas nos permitieron recopilar información con respecto al funcionamiento interno de las empresas, herramientas tecnológicas que usan para la gestión de riesgos y la identificación de los principales riesgos que han enfrentado las Pymes encuestadas. A continuación, se adjuntan imágenes de las preguntas que fueron aplicadas en las [encuestas](#) y que nos permitieron obtener la información mencionada anteriormente.





UNIVERSIDAD
SANTOTOMÁS
TUNJA

Evaluación de Riesgos en Procesos Empresariales de PYMEs – Plataforma RiskApp

Esta encuesta forma parte de nuestro proyecto académico desarrollado junto con la Universidad Santo Tomás Seccional Tunja, cuyo objetivo es caracterizar los riesgos en los procesos empresariales en las micro, pequeñas y medianas empresas (PYMEs). La herramienta tecnológica utilizada para este fin es RiskApp, una aplicación diseñada para analizar y predecir los futuros riesgos que se pueden presentar en las Pymes.

Su participación es esencial para construir un diagnóstico riguroso y proponer herramientas útiles y adaptadas a la realidad de las PYMEs.

- ✓ Duración Estimada: 10–15 minutos
- ✓ Confidencialidad: La información será tratada con absoluta confidencialidad y usada exclusivamente con fines académicos
- ✓ Dirigido a: Propietarios, gerentes o responsables de procesos en PYMEs.

Agradecemos su valioso aporte a esta iniciativa universitaria.

* Indica que la pregunta es obligatoria

Nombre de la empresa *

Tu respuesta

Ilustración 15 Encuesta 1ra parte



Ciudad *

Tu respuesta

Actividad Económica *

Tu respuesta

¿Qué cargo desempeña en la empresa? *

Tu respuesta

¿Cuál es el tamaño de su empresa? *

- ☐ Microempresa (1-10 empleados)
- ☐ Pequeña empresa (11-50 empleados)
- ☐ Mediana empresa (51-250 empleados)
- ☐ Grande empresa (más de 250 empleados)

Ilustración 16 Encuesta 2da parte

¿Qué tan importante considera la gestión de riesgos para su empresa? *

- ☐ Muy importante
- ☐ Importante
- ☐ Moderadamente importante
- ☐ Poco importante
- ☐ Nada importante

¿Actualmente su empresa tiene un plan de gestión de riesgos formalizado? *

- ☐ Si
- ☐ No

¿Con qué frecuencia revisa y actualiza su plan de gestión de riesgos? *

- ☐ Mensualmente
- ☐ Trimestralmente
- ☐ Anualmente
- ☐ Nunca

¿Utiliza actualmente alguna herramienta tecnológica para la gestión de riesgos en su empresa? *

- ☐ Si
- ☐ No

Ilustración 17 Encuesta 3ra parte

Si la respuesta anterior es sí, por favor especifique qué tipo de herramientas utiliza (por ejemplo, software de gestión de riesgos, hojas de cálculo como excel, etc.)

Tu respuesta _____

¿Qué nivel de conocimiento tienen los colaboradores sobre la gestión de riesgos? *

- ☐ Alto
- ☐ Medio
- ☐ Bajo
- ☐ Nulo
- ☐ No se ha evaluado

¿Considera que una aplicación específica para predecir y gestionar riesgos podría ser útil para su empresa? *

- ☐ Muy útil
- ☐ Útil
- ☐ Moderadamente útil
- ☐ Poco útil
- ☐ Nada útil

Ilustración 18 Encuesta 4ta parte



¿Qué característica considera más importante en una aplicación de gestión de riesgos? *

- ☐ Predicción de riesgos futuros
- ☐ Alertas y notificaciones tempranas
- ☐ Informes y estadísticas detalladas
- ☐ Visualización de riesgos en los procesos

¿Qué obstáculos ve para la implementación de una herramienta tecnológica de gestión de riesgos en su empresa? *

- ☐ Costos
- ☐ Falta de conocimiento técnico
- ☐ Rechazo al cambio tecnológico
- ☐ Complejidad en la migración del sistema actual a una herramienta tecnológica
- ☐ Otro: _____

¿Ha enfrentado su empresa algún riesgo significativo en los últimos 5 años? *

- ☐ Si
- ☐ No

Ilustración 19 Encuesta 5ta parte



Tipos de riesgos presentados en la empresa

Por favor enumere y describa los principales riesgos enfrentados (por ejemplo: riesgo de pérdida, económico, competencia, experiencia, etc.). Para cada uno, indique brevemente cómo fue el impacto (severo, moderado, leve), como fue gestionado o mitigado, Descripción de riesgo, causas y consecuencias.

Incidente de Riesgo 1

Tipo de riesgo (Operativo, Financiero, Comercial, Legal, Tecnológico, Reputacional, Estratégico) *

Tu respuesta

Descripción del Riesgo *

Tu respuesta

Impacto (Insignificante, Bajo, Moderado, Alto, Crítico) *

Tu respuesta

Gestión del riesgo (Evitar, Reducir, Transferir, Aceptar, Contingencia, Monitorear, Tolerar, Prever) *

Tu respuesta

Ilustración 20 Encuesta 6ta parte



Causas *

Tu respuesta

Consecuencias *

Tu respuesta

Observaciones (¿Cómo mitigó el riesgo?) *

Tu respuesta

Ilustración 21 Encuesta 7ma parte



Participación - Piloto en la aplicación de gestión de riesgos

¿Le gustaría participar en un piloto de una nueva aplicación de gestión de riesgos?

Si su Pyme se encuentra localizada en Tunja ¿Le gustaría participar en un piloto de una nueva aplicación de gestión de riesgos? *

- ☐ Si
- ☐ No
- ☐ Tal vez
- ☐ Soy de otra Ciudad

Ilustración 22 Encuesta 8va parte



Datos de Contacto

Por favor proporcione sus datos de contacto para poder comunicarnos con usted:
(Esta información será tratada con confidencialidad y solo se usará para fines relacionados con este proyecto académico)

Su participación es esencial para construir un diagnóstico riguroso y proponer herramientas útiles y adaptadas a la realidad de las PYMEs.

Número de Celular

Tu respuesta

Correo electrónico *

Tu respuesta

Ilustración 23 Encuesta 9na parte

1.1. Fase Análisis de requerimientos

Durante esta etapa, el modelo de análisis y recopilación de requisitos se enfocó en seguir las mejores prácticas establecidas para el desarrollo de especificaciones de software (López, Pedro, 2015).



Con el objetivo de obtener una comprensión integral de las necesidades, se llevó a cabo entrevistas y sesiones de trabajo con los ingenieros industriales del grupo de investigación de Fodein de la Universidad Santo Tomás, seccional Bogotá. Esta elección se basó en el valor agregado que este proyecto aportaría al trabajo de investigación en general.

Este proceso permitió concretar las exigencias y componentes esenciales para la gestión de procesos en las pymes, con un enfoque específico en la identificación y predicción de riesgos. Como resultado de estas interacciones, se generó el documento de Especificación de Requisitos de Software, cuyos detalles se presentan en el Anexo 1. Este documento servirá como una guía detallada que fundamentará el desarrollo de la herramienta, asegurando la alineación precisa con las necesidades identificadas durante este proceso de análisis y relevamiento de requisitos.

Fase 2. Diseño y Desarrollo de software

Para desarrollar esta fase se creó el diagrama de clases y Mockups para cada componente clave de la herramienta. Durante esta etapa, se creó la estructura de cada clase y se diseñaron representaciones visuales preliminares de la interfaz de la plataforma. Este enfoque integral en el diseño y desarrollo sienta las bases esenciales para la implementación de la herramienta, garantizando una arquitectura sólida.

2.1. Diagrama de clases

En esta etapa se contemplaron las siguientes clases:

- Departamentos: Esta clase permite gestionar información sobre los departamentos como el identificador y el nombre de este.
- Ciudades: Facilita la gestión de información relacionada con ciudades.
- Compañías: Posibilita la gestión de información sobre compañías.
- Dependencias: Permite la gestión de información sobre las dependencias de la Pyme.
- Posiciones: Facilita la gestión de información sobre cargos o posiciones.
- Tipo de Proceso: Permite la gestión de información sobre los tipos de procesos en la Pyme
- Procesos: Facilita la gestión de información sobre todos los procesos de la Pyme.



- Responsables: Permite gestionar información sobre las responsabilidades de los usuarios en la Pyme
- Objetivos Estratégicos: Permite la gestión de información sobre los objetivos estratégicos de la Pyme.
- Responsables por Objetivo Estratégico: Permite gestionar los actores responsables de cada objetivo estratégico.
- KPIs: Facilita la gestión de indicadores clave de rendimiento.
- Objetivos - Procesos - KPIs: Permite vincular procesos con objetivos estratégicos y KPIs.
- Actividades: Permite operaciones relacionadas con actividades de la empresa, considerando datos como nombre, fechas, descripción, presupuesto y el proceso asociado.
- Riesgos: Permite gestionar los riesgos, considerando datos como nombre, probabilidad, severidad y descripción.
- Riesgos - Actividades: Permite asignar riesgos a actividades, almacenando la fecha de detección y el KRI correspondiente.
- KRIs: Facilita las operaciones en relación con los KRIs teniendo en cuenta datos como nombre, dependencias afectadas, número de usuarios afectados y la meta del indicador.
- Rutas Predictivas: Muestra la predicción del impacto según los riesgos que el usuario desee analizar. En esta tabla se almacenarán estos resultados.

En la ilustración 24, se puede observar las clases anteriormente descritas con sus respectivas relaciones



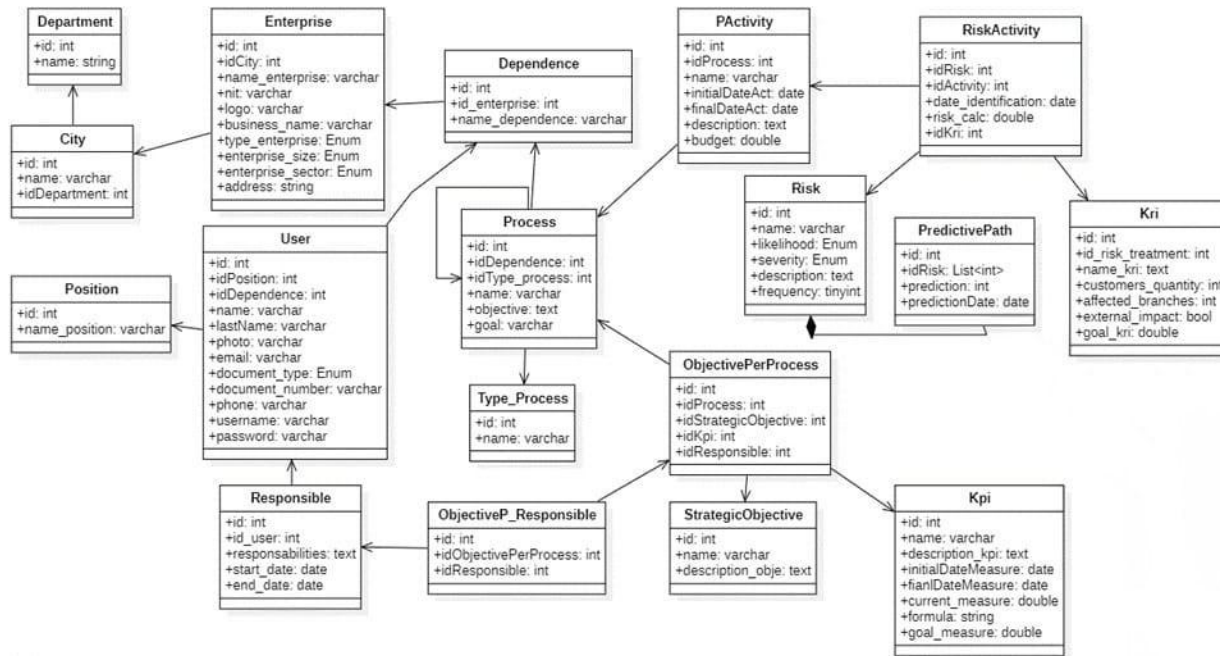
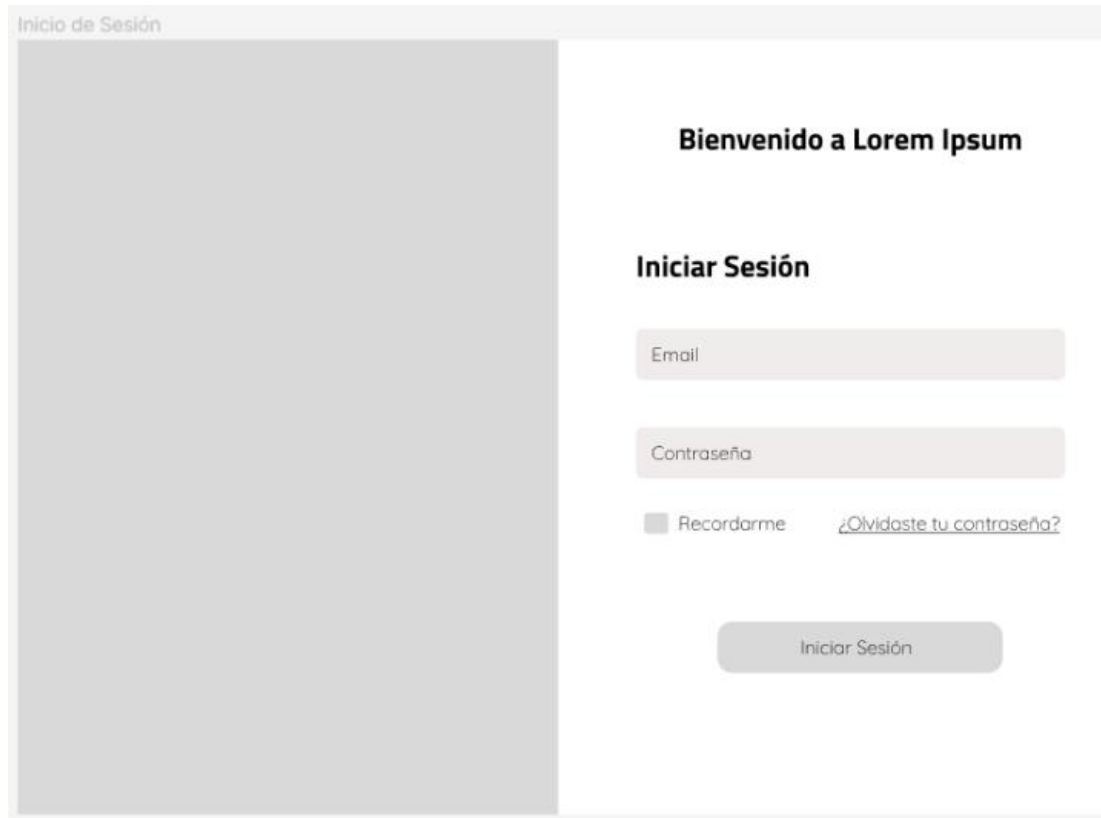


Ilustración 24 Diagrama Entidad Relación

2.2. Diseño Interfaz de Usuario

En cuanto al diseño, durante esta fase se llevaron a cabo los diseños de interfaz de usuario de la herramienta. A continuación, se podrá observar el detalle de algunos de los diseños, para poder observar todos los wireframes por favor revisar el anexo 3.

- Interfaz de inicio de sesión:



Inicio de Sesión

Bienvenido a Lorem Ipsum

Iniciar Sesión

Email

Contraseña

☐ Recordarme [¿Olvidaste tu contraseña?](#)

Iniciar Sesión

Ilustración 25 Interfaz de inicio de sesión

- Interfaz informe de Riesgos:



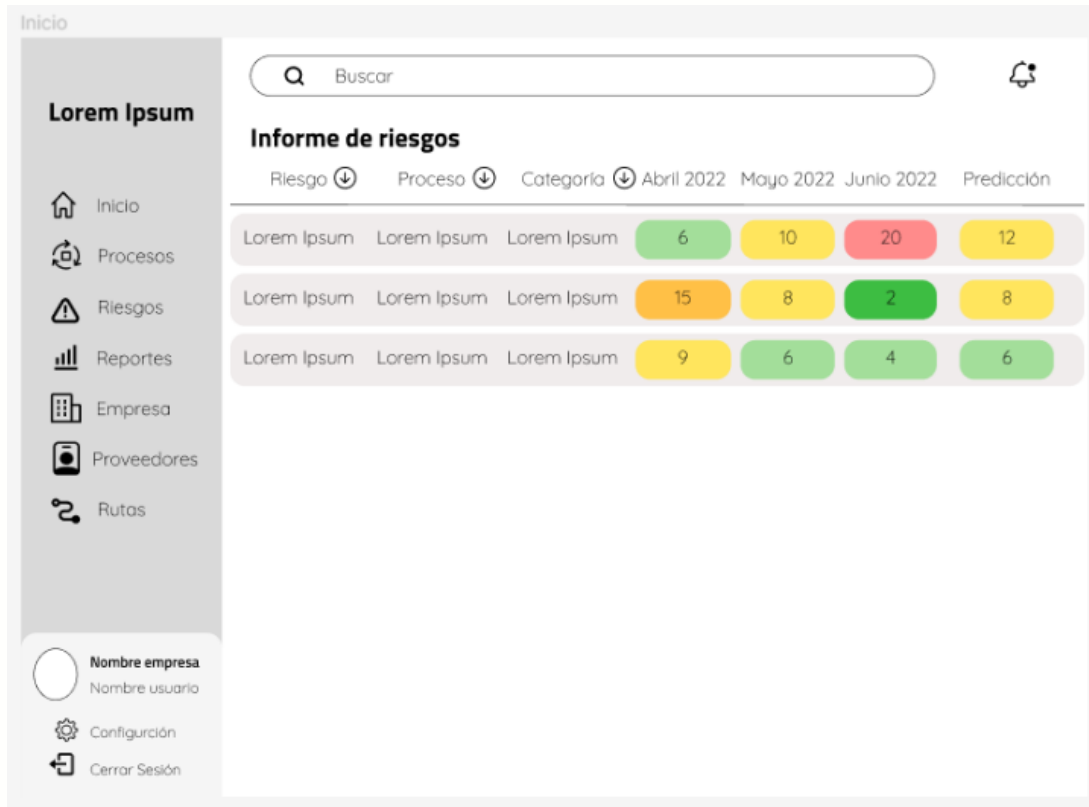


Ilustración 26 Interfaz informe de Riesgos

- Interfaz Procesos:

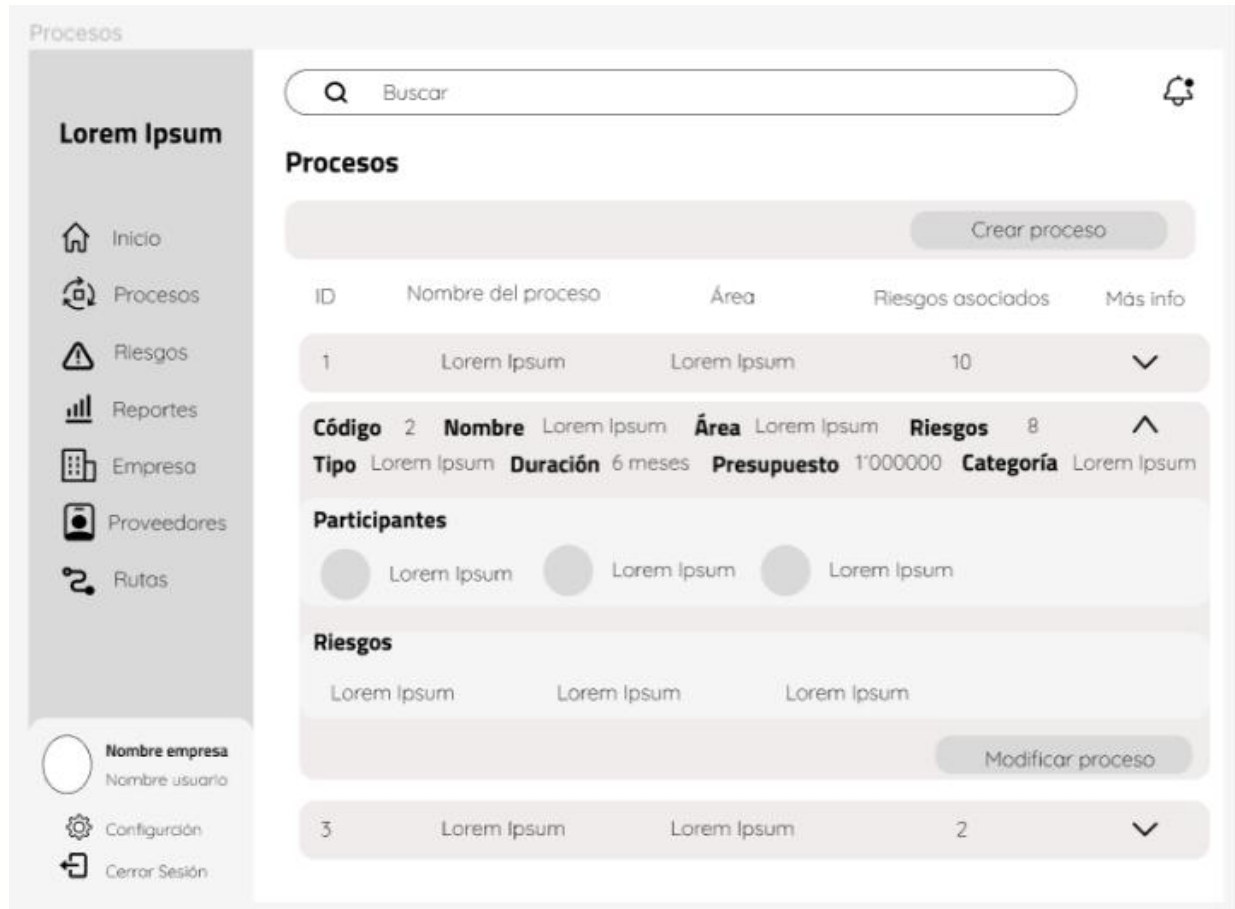


Ilustración 27 Interfaz Procesos

- Interfaz Riesgos:

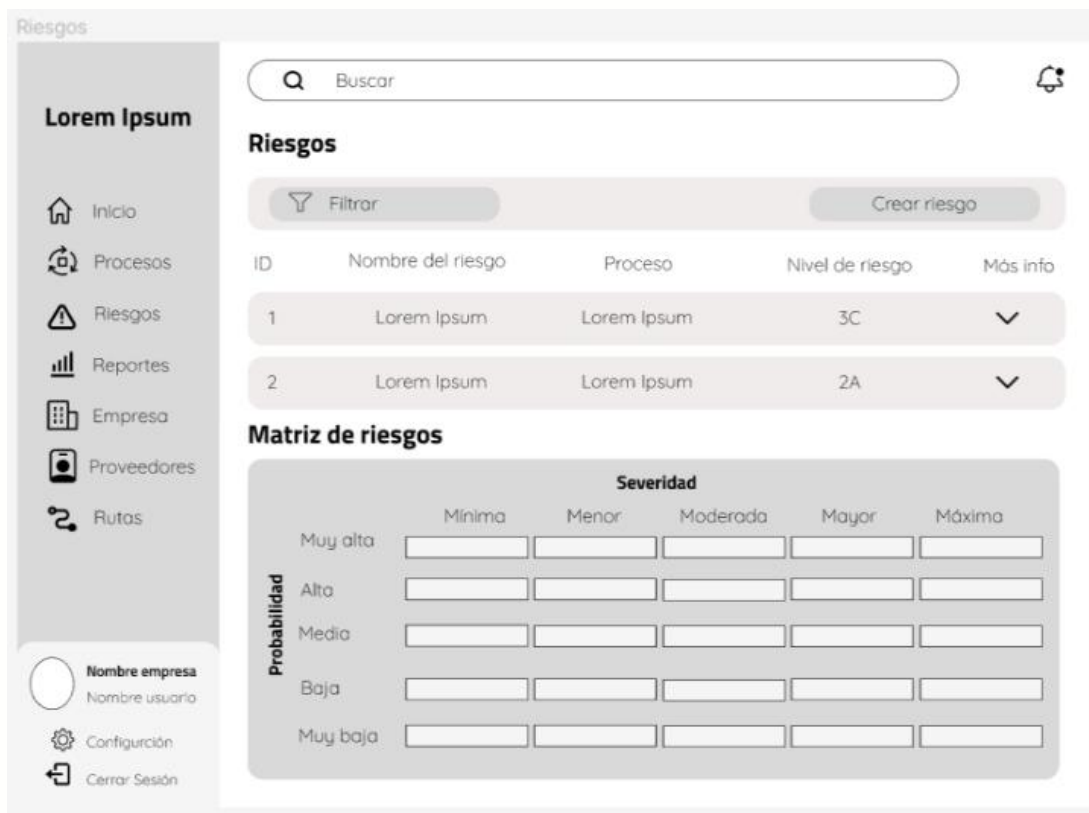


Ilustración 28 Interfaz Riesgos

Fase 3 Desarrollo del software

3.1 Arquitectura MVC (Modelo-Vista-Controlador)

La arquitectura MVC (Modelo-Vista-Controlador) fue utilizada en el desarrollo de este software; es un patrón que permite la segmentación de la aplicación en tres partes fundamentales: el modelo, la vista y el controlador. Esta estructura encamina las peticiones del usuario final por medio de un controlador que se comunica con el modelo para dar una respuesta al usuario

dependiendo de la acción o consulta efectuada (Información General de ASP.NET Core MVC | Microsoft Learn, s. f.). Esta arquitectura ofrece una estructura modular y ordenada que optimiza la capacidad de mantenimiento y escalabilidad del software. Vamos a describir cada uno de estos elementos a continuación:

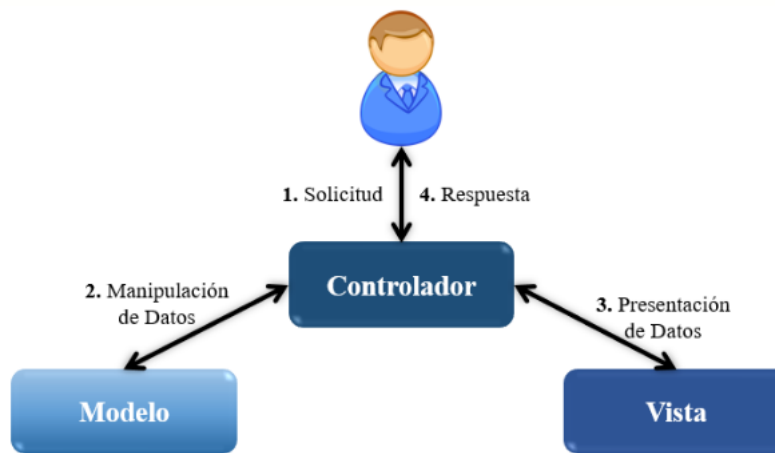


Ilustración 29 Arquitectura MVC

Modelo:

El componente del modelo es donde se encuentran las operaciones fundamentales para la herramienta o la lógica del negocio. La conexión con la base de datos, las reglas del negocio y las estructuras de cada clase se definen en esta parte, lo que permite enviar información a la vista y al controlador. El modelo se enlaza con la capa de datos para obtener y manejar información, lo que posibilita un manejo y una actualización consistentes de los datos.

Vista:

La vista tiene la responsabilidad de mostrarle al usuario final la información visualmente, utilizando interfaces de usuario. Emplea tecnologías como JavaScript, CSS y HTML para determinar la forma en que se presentarán los datos y crear la interfaz de usuario.

Controlador:

Este componente se encarga de procesar las solicitudes del usuario, supervisar su interacción y decidir qué vista y modelo emplear en función de la acción ejecutada. Cuando recibe desde la interfaz la entrada del usuario, gestiona las operaciones necesarias en el modelo y posteriormente muestra al usuario final la respuesta por medio de la vista.

La arquitectura MVC promueve la modularidad y el uso de código reciclado, lo que facilita un desarrollo más ordenado y fácil de mantener a lo largo del ciclo de vida del software. Esto permite que el código esté más ordenado y que la actualización y el desarrollo sean más sencillos.

3.2 Implementación del software

El proyecto contiene 8 carpetas las cuales hacen parte para el funcionamiento de la herramienta y está estructurado de la siguiente manera:

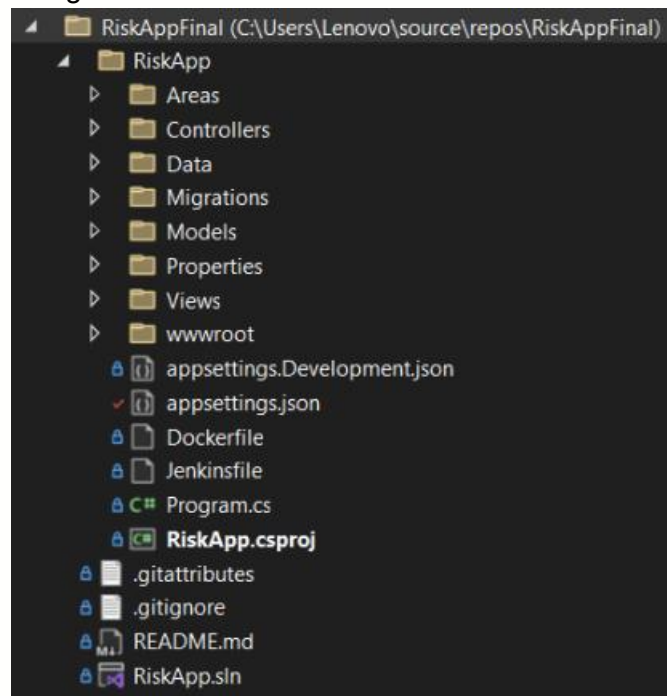


Ilustración 30 Estructura del proyecto

En esta sección se podrán observar algunos ejemplos de archivos del desarrollo, para poder todo el código y demás componentes realizados podrán ser detallados a través del repositorio (<https://github.com/jfmendozam/RiskApp/tree/deploy>)

A continuación, se describe cada carpeta:

- Area

En esta carpeta se crea un archivo. cshtml en el cual se define cual es la clase principal o la vista que se le mostrará al usuario una vez ingrese a la herramienta

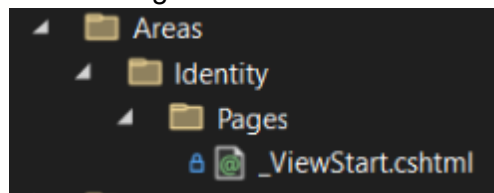


Ilustración 31 Carpeta Area

En esta carpeta se encuentra el archivo _ViewStart.cshtml, el cual tiene la función de llamar a la plantilla inicial de nuestra aplicación. Esta plantilla contiene la estructura que se utilizará en todas las interfaces de la herramienta, como por ejemplo el menú. En este caso, se utilizará la interfaz denominada _Layout.cshtml, como se puede observar a continuación:

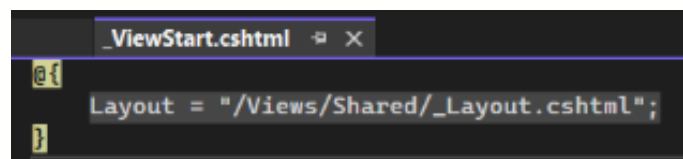


Ilustración 32 Archivo _ViewStart.cshtml

- Models

En la carpeta Models se encuentran las clases de modelo de datos que representan la estructura y relaciones de los objetos en la aplicación ASP.NET. Cada clase del modelo define los atributos

y relaciones que serán utilizados en el proyecto. Estas clases representan los datos que manipulará la aplicación, incluyendo validaciones y relaciones con otras clases de modelo para reflejar la estructura de la base de datos (como relaciones uno a uno, uno a muchos o muchos). Esta carpeta es fundamental para el desarrollo de aplicaciones ASP.NET, ya que proporciona la estructura y comportamiento de los datos que serán utilizados en la aplicación.

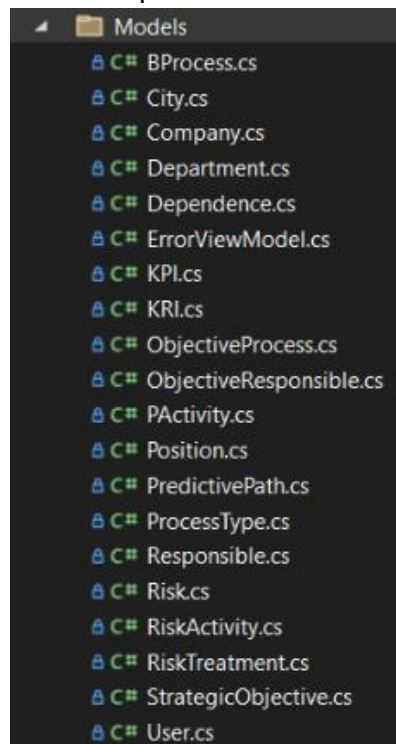


Ilustración 33 Carpeta Models

A continuación, se podrá observar la clase de procesos (BProcess) con sus respectivos atributos y relaciones

```
public class BProcess : IEntityBase
{
    [Key]
    public int Id { get; set; }

    [Required(ErrorMessage = "Process name is required"), StringLength(200, MinimumLength = 4)]
    [Display(Name = "Process name")]
    public string Name { get; set; }

    [Required(ErrorMessage = "Process goal is required"), StringLength(100, MinimumLength = 4)]
    [Display(Name = "Process goal")]
    public string Goal { get; set; }

    // Relationships
    [Display(Name = "Parent process")]
    public int? ParentProcessId { get; set; }
    [ForeignKey("ParentProcessId")]
    public virtual BProcess ParentProcess { get; set; }

    [Required(ErrorMessage = "Relationship condition is required"), StringLength(255, MinimumLength = 4)]
    [Display(Name = "Relationship condition")]
    public string RelationshipCondition { get; set; }

    public int DependenceId { get; set; }
    [ForeignKey("DependenceId")]
    public Dependence Dependence { get; set; }

    public int ProcessTypeId { get; set; }
    [ForeignKey("ProcessTypeId")]
    public ProcessType ProcessType { get; set; }

    public List<PActivity> PActivities { get; set; }

    public List<ObjectiveProcess> ObjectiveProcesses { get; set; }
}
```

Ilustración 34 Clase de procesos

- Data

En este módulo se ha implementado la lógica CRUD (Create, Read, Update, Delete) para cada una de las clases. Este componente está compuesto por las siguientes carpetas:



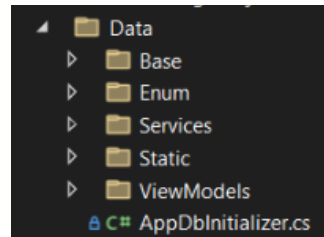


Ilustración 35 Carpeta Data

La carpeta Base Contiene la lógica generada para los procesos CRUD, como se puede observar a continuación:

Clase EntityBaseRepository: Esta clase implementa de manera genérica los métodos para realizar operaciones CRUD en las entidades específicas de la base de datos. A continuación, se muestra el código correspondiente:

```
using Microsoft.EntityFrameworkCore;
using Microsoft.EntityFrameworkCore.ChangeTracking;
using System.Linq.Expressions;

namespace RiskApp.Data.Base
{
    public class EntityBaseRepository<T> : IEntityBaseRepository<T> where T : class, IEntityBase, new()
    {
        private readonly ApplicationDbContext _context;

        public EntityBaseRepository(ApplicationDbContext context)
        {
            _context = context;
        }

        public async Task AddAsync(T entity)
        {
            await _context.Set<T>().AddAsync(entity);
            await _context.SaveChangesAsync();
        }

        public async Task DeleteAsync(int id)
        {
            var entity = await _context.Set<T>().FirstOrDefaultAsync(e => e.Id == id);
            EntityEntry entityEntry = _context.Entry<T>(entity);
            entityEntry.State = EntityState.Deleted;
            await _context.SaveChangesAsync();
        }

        public async Task<IEnumerable<T>> GetAllAsync() => await _context.Set<T>().ToListAsync();

        public async Task<IEnumerable<T>> GetAllAsync(params Expression<Func<T, object>>[] includeProperties)
        {
            IQueryable<T> query = _context.Set<T>();
            query = includeProperties.Aggregate(query, (current, includeProperty) => current.Include(includeProperty));
            return await query.ToListAsync();
        }
    }
}
```

Ilustración 36 Clase EntityBaseRepository




```

    }

    public async Task<T> GetByIdAsync(int id) => await _context.Set<T>().FirstOrDefaultAsync(e => e.Id == id);

    public async Task UpdateAsync(int id, T entity)
    {
        EntityEntry entityEntry = _context.Entry<T>(entity);
        entityEntry.State = EntityState.Modified;
        await _context.SaveChangesAsync();
    }
}

```

Ilustración 37 Clase EntityBaseRepository parte 2

Clase IEntityBase: Esta interfaz es una base que define la propiedad común que debe implementarse en todas las entidades del modelo de datos. En nuestro caso, esta propiedad es el Id de cada entidad, como se puede observar a continuación:

```

namespace RiskApp.Data.Base
{
    public interface IEntityBase
    {
        int Id { get; set; }
    }
}

```

Ilustración 38 Clase IEntityBase

Clase IEntityBaseRepository: Esta interfaz define los métodos genéricos del repositorio que fueron creados en la clase EntityBaseRepository para realizar operaciones CRUD relacionadas con entidades específicas en la base de datos, como se puede observar a continuación:



```
using System.Linq.Expressions;

namespace RiskApp.Data.Base
{
    public interface IEntityBaseRepository<T> where T : class, IEntityBase, new()
    {
        Task<IEnumerable<T>> GetAllAsync();
        Task<IEnumerable<T>> GetAllAsync(params Expression<Func<T, object>>[] includeProperties);
        Task<T> GetByIdAsync(int id);
        Task AddAsync(T entity);
        Task UpdateAsync(int id, T entity);
        Task DeleteAsync(int id);
    }
}
```

Ilustración 39 Clase IEntityBaseRepository

Carpeta de Enum:

En esta carpeta se encuentran las enumeraciones que representan entidades utilizadas como listas desplegables, donde se definen las opciones disponibles para cada una de ellas.

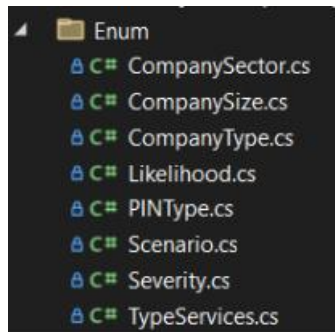


Ilustración 40 Carpeta de Enum

A continuación, se podrá observar la entidad CompanySize, el cual contiene los tamaños de las compañías que se manejan en esta herramienta



```
namespace RiskApp.Data.Enum
{
    public enum CompanySize
    {
        Micro = 1,
        Pequeña,
        Mediana,
        Grande
    }
}
```

Ilustración 41 Entidad CompanySize

Carpeta de Services:

Las clases que representan los servicios de la aplicación, conforme al diagrama de clases, están en esta carpeta. Se generan archivos .cs en los que se declaran los métodos CRUD que se van a emplear. Para cumplir con la lógica de los servicios, es posible también, en ciertas situaciones, establecer las claves foráneas y primarias de las entidades.

Se generarán dos clases para cada entidad: una será de tipo IEntityBaseRepository y la otra será de tipo EntityBaseRepository. Estas clases posibilitan que se manejen las operaciones CRUD de forma genérica para las entidades correspondientes, lo cual hace más sencillo el desarrollo y la conservación del sistema.



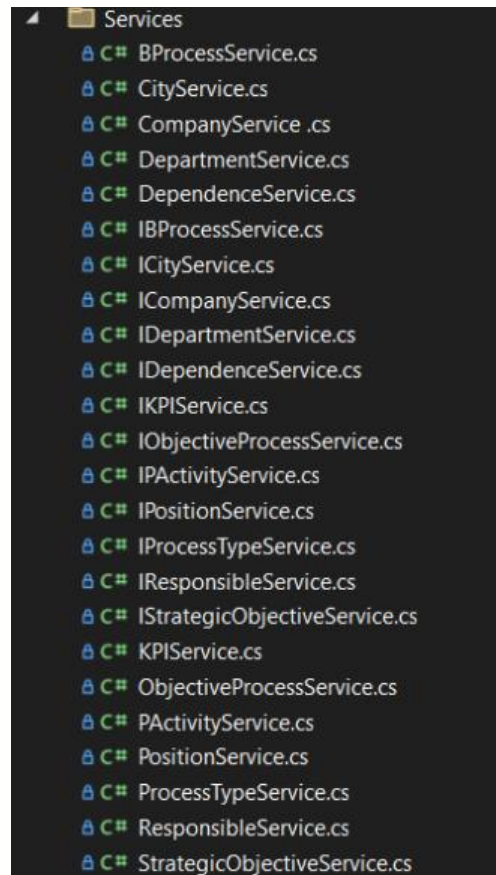


Ilustración 42 Carpeta Services

A continuación, se muestra un ejemplo que utiliza la clase BProcessService. Esta incluye los métodos CRUD genéricos mencionados antes y define las características específicas de la entidad de procesos:

```
-using Microsoft.EntityFrameworkCore;
using RiskApp.Data.Base;
using RiskApp.Data.ViewModels;
using RiskApp.Models;

namespace RiskApp.Data.Services
{
    public class BProcessService : EntityBaseRepository<BProcess>, IBProcessService
    {
        private readonly ApplicationDbContext _context;

        public BProcessService(ApplicationDbContext context) : base(context)
        {
            _context = context;
        }

        public async Task AddNewBProcessAsync(NewBProcessVM data)
        {
            var newBProcess = new BProcess()
            {
                Name = data.Name,
                Goal = data.Goal,
                ParentProcessId = data.ParentProcessId,
                RelationshipCondition = data.RelationshipCondition,
                DependenceId = data.DependenceId,
                ProcessTypeId = data.ProcessTypeId,
            };
            await _context.BProcess.AddAsync(newBProcess);
            await _context.SaveChangesAsync();
        }
    }
}
```

Ilustración 43 CRUD BProcessService


```
public async Task<BProcess> GetBProcessByIdAsync(int id)
{
    var bProcessDetails = await _context.BProcess
        .Include(d => d.Dependence)
        .Include(t => t.ProcessType)
        .Include(p => p.ParentProcess)
        .FirstOrDefaultAsync(bp => bp.Id == id);

    return bProcessDetails;
}

public async Task<NewBProcessDropdownsVM> GetNewBProcessDropdownsValues()
{
    var response = new NewBProcessDropdownsVM()
    {
        Processes = await _context.BProcess.OrderBy(bp => bp.Name).ToListAsync(),
        Dependences = await _context.Dependence.OrderBy(d => d.Name).ToListAsync(),
        ProcessTypes = await _context.ProcessType.OrderBy(pt => pt.Name).ToListAsync(),
    };
    return response;
}

public async Task UpdateBProcessAsync(NewBProcessVM data)
{
    var dbBProcess = await _context.BProcess.FirstOrDefaultAsync(bp => bp.Id == data.Id);
    if (dbBProcess != null)
    {
        dbBProcess.Name = data.Name;
        dbBProcess.Goal = data.Goal;
        dbBProcess.ParentProcessId = data.ParentProcessId;
        dbBProcess.RelationshipCondition = data.RelationshipCondition;
        dbBProcess.DependenceId = data.DependenceId;
        dbBProcess.ProcessTypeId = data.ProcessTypeId;

        await _context.SaveChangesAsync();
    }
}
```

Ilustración 44 CRUD BProcessService Parte 2

En la interfaz IBProcessService se definen los métodos genéricos del repositorio que fueron creados en la clase BProcessService, como se puede observar a continuación:



```
using RiskApp.Data.Base;
using RiskApp.Data.ViewModels;
using RiskApp.Models;

namespace RiskApp.Data.Services
{
    public interface IBProcessService : IEntityBaseRepository<BProcess>
    {
        Task<BProcess> GetBProcessByIdAsync(int d);
        Task<NewBProcessDropdownsVM> GetNewBProcessDropdownsValues();
        Task AddNewBProcessAsync(NewBProcessVM data);
        Task UpdateBProcessAsync(NewBProcessVM data);
    }
}
```

Ilustración 45 Clase IBProcessService métodos genéricos

Carpeta de ViewModel:

En esta carpeta están los modelos de datos que se utilizan para transferir información desde el controlador a la vista, específicamente en la creación de un nuevo proceso de negocio.

Dentro de esta se pueden encontrar dos tipos de archivos. El primero es el ViewModel, el cual contiene mensajes de error para cada atributo de las entidades, así como también especifica las longitudes máximas y mínimas permitidas para dichos atributos. El segundo tipo de archivo hace referencia a los DropdownsVM, los cuales contienen listas de elementos que se utilizarán en menús desplegables en la interfaz de usuario. Estos menús desplegables permiten al usuario seleccionar la opción deseada.



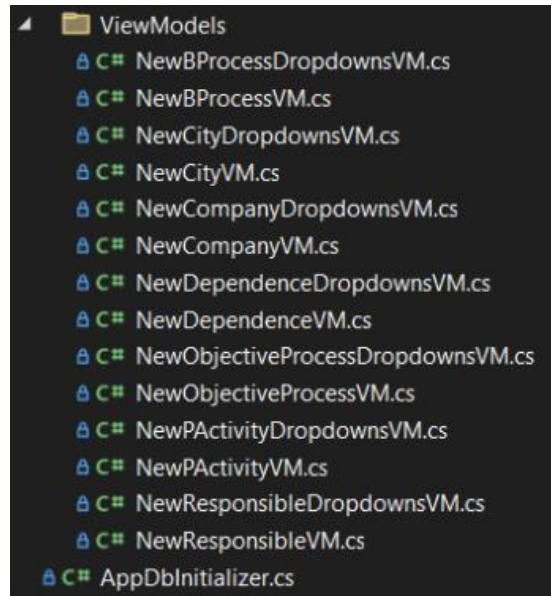


Ilustración 46 Carpeta de ViewModel

A continuación, se podrá detallar las clases ViewModel (NewBProcessVM) que representa la entidad de procesos junto con sus mensajes de error y longitudes máximas y mínimas permitidas.



```
namespace RiskApp.Data.ViewModels
{
    public class NewBProcessVM
    {
        public int Id { get; set; }

        [Required(ErrorMessage = "Process name is required"), StringLength(200, MinimumLength = 4)]
        [Display(Name = "Process name")]
        public string Name { get; set; }

        [Required(ErrorMessage = "Process goal is required"), StringLength(100, MinimumLength = 4)]
        [Display(Name = "Process goal")]
        public string Goal { get; set; }

        [Display(Name = "Parent process")]
        [Required(ErrorMessage = "Parent process is required")]
        public int ParentProcessId { get; set; }

        [Required(ErrorMessage = "Relationship condition is required"), StringLength(255, MinimumLength = 4)]
        [Display(Name = "Relationship condition")]
        public string RelationshipCondition { get; set; }

        [Display(Name = "Dependence")]
        [Required(ErrorMessage = "Dependence is required")]
        public int DependenceId { get; set; }

        [Display(Name = "Process type")]
        [Required(ErrorMessage = "Process type is required")]
        public int ProcessTypeId { get; set; }
    }
}
```

Ilustración 47 Clase NewBProcessVM

En la clase NewBProcessDropdownsVM se envía el listado de las llaves foráneas que se manejan en cada clase, como se puede observar en la entidad de procesos. Esta clase proporciona las listas de elementos que se utilizarán en los menús desplegables de la interfaz de usuario para seleccionar las opciones deseadas.




```
using RiskApp.Models;

namespace RiskApp.Data.ViewModels
{
    public class NewBProcessDropdownsVM
    {
        public List<BProcess> Processes { get; set; }
        public List<Dependence> Dependences { get; set; }
        public List<ProcessType> ProcessTypes { get; set; }

        public NewBProcessDropdownsVM()
        {
            Processes = new List<BProcess>();
            Dependences = new List<Dependence>();
            ProcessTypes = new List<ProcessType>();
        }
    }
}
```

Ilustración 48 Clase clase NewBProcessDropdownsVM

Carpeta Static

Esta carpeta contiene una clase de UserRoles en el cual se define dos roles estáticos de usuario, Admin y User. Estos roles se usan en la aplicación para asignar permisos y roles a los usuarios.

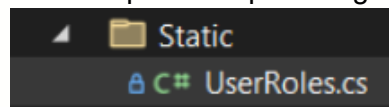


Ilustración 49 Carpeta Static

A continuación, se puede observar el código de esta clase:


```
namespace RiskApp.Data.Static
{
    public class UserRoles
    {
        public const string Admin = "admin";
        public const string User = "user";
    }
}
```

Ilustración 50 Clase UserRole

Clase AppDbInitializer:

En el archivo AppDbInitializer.cs es responsable de inicializar y sembrar datos en la base de datos de la aplicación si no existen registros previos en las entidades propuestas en la base de datos

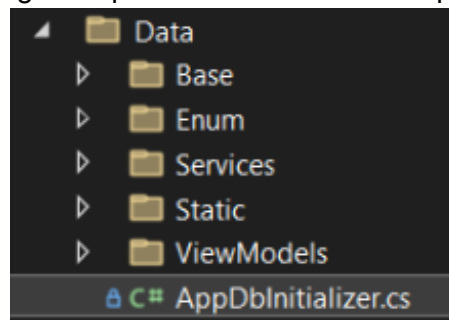


Ilustración 51 Archivo AppDbInitializer.cs

A continuación, se podrá ver un ejemplo donde se define los datos de los usuarios iniciales, incluyendo sus atributos como nombres, correos electrónicos, roles asignados, entre otros.



```
using RiskApp.Models;
using RiskApp.Data.Enum;
using RiskApp.Data.Static;
using Microsoft.AspNetCore.Identity;

namespace RiskApp.Data
{
    public class AppDbInitializer
    {
        public static async Task SeedUserAndRolesAsync(IApplicationBuilder applicationBuilder)
        {
            using (var serviceScope = applicationBuilder.ApplicationServices.CreateScope())
            {
                var services = serviceScope.ServiceProvider;
                var context = services.GetRequiredService<ApplicationDbContext>();

                // Roles
                var roleManager = services.GetRequiredService<RoleManager<IdentityRole>>();
                if (await roleManager.FindByNameAsync(UserRoles.Admin) == null)
                {
                    await roleManager.CreateAsync(new IdentityRole(UserRoles.Admin));
                }
                if (await roleManager.FindByNameAsync(UserRoles.User) == null)
                {
                    await roleManager.CreateAsync(new IdentityRole(UserRoles.User));
                }
            }
        }
    }
}
```

Ilustración 52 Código clase AppDbInitializer.cs



```
string password = "R1sk.4pp";
var userManager = services.GetRequiredService<userManager<User>>();

string email = "juan.mendoza@usantoto.edu.co";
if (await userManager.FindByNameAsync(email) == null)
{
    var user = new User()
    {
        Id = "8451438e-4151-4ef2-a5ff-f6fe94580039",
        FirstName = "JF",
        LastName = "Mendoza",
        PINType = PINType.Cedula,
        PIN = "123456",
        PhotoURL = "http://localhost/images/jf.jpg",
        TypeServices = TypeServices.Proveedor_de_Bienes,
        NotificationAddress = "Av.Universitaria No. 45 - 202",
        NotificationPhone = "6087440404",
        NotificationEmail = email,
        CIU = 1236,
        CIUActivity = "Ingeniero TI",
        HiringDate = Convert.ToDateTime("1990-05-08"),
        Register = "documentos.pdf",
        //DependenceId = 1,
        //PositionId = 1,

        UserName = email,
        Email = email,
        PhoneNumber = "6087440404",
        EmailConfirmed = true,
    };
    var result = await userManager.CreateAsync(user);
    if (result.Succeeded)
    {
        await userManager.AddPasswordAsync(user, password);
        await userManager.AddToRoleAsync(user, UserRoles.Admin);
    }
}
```

Ilustración 53 Código clase AppDbInitializer.cs Parte 2

- Controllers

En esta sección se configuran los controladores, clases intermediarias entre las interfaces y el modelo de datos, para recibir las solicitudes del usuario y verificar la lógica del negocio para



generar una respuesta. Estos controladores tienen métodos que definen como responder a las diferentes solicitudes HTTP ya sean Get, Post o Delete y así devolver la vista correspondiente.

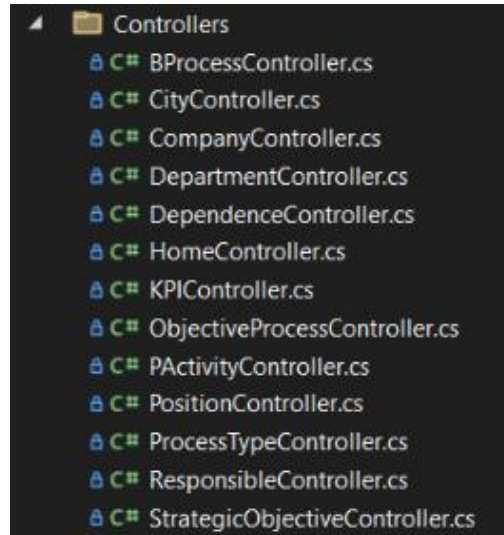


Ilustración 54 Carpeta Controllers

En este ejemplo se puede observar el controlador de la clase de procesos en el cual se definieron los métodos para mostrar la lista de los procesos, crear, editar o eliminar un proceso




```
using Microsoft.AspNetCore.Mvc;
using Microsoft.AspNetCore.Mvc.Rendering;
using RiskApp.Data.Services;
using RiskApp.Data.ViewModels;

namespace RiskApp.Controllers
{
    public class BProcessController : Controller
    {
        private readonly IBProcessService _service;

        public BProcessController(IBProcessService service)
        {
            _service = service;
        }

        public async Task<IActionResult> Index()
        {
            var data = await _service.GetAllAsync(bp => bp.ParentProcess, d => d.Dependence, pt => pt.ProcessType);
            return View(data);
        }

        public async Task<IActionResult> Details(int id)
        {
            var data = await _service.GetBProcessByIdAsync(id);
            return View(data);
        }

        public async Task<IActionResult> Create()
        {
            var bProcessDropdownsData = await _service.GetNewBProcessDropdownsValues();
            ViewBag.Processes = new SelectList(bProcessDropdownsData.Processes, "Id", "Name");
            ViewBag.Dependences = new SelectList(bProcessDropdownsData.Dependences, "Id", "Name");
            ViewBag.ProcessTypes = new SelectList(bProcessDropdownsData.ProcessTypes, "Id", "Name");
            return View();
        }
    }
}
```

Ilustración 55 Controlador BProcessController




```
[HttpPost]
public async Task<IActionResult> Create(NewBProcessVM data)
{
    if (!ModelState.IsValid)
    {
        var bProcessDropdownsData = await _service.GetNewBProcessDropdownsValues();
        ViewBag.Processes = new SelectList(bProcessDropdownsData.Processes, "Id", "Name");
        ViewBag.Dependences = new SelectList(bProcessDropdownsData.Dependences, "Id", "Name");
        ViewBag.ProcessTypes = new SelectList(bProcessDropdownsData.ProcessTypes, "Id", "Name");
        return View(data);
    }
    await _service.AddNewBProcessAsync(data);
    return RedirectToAction(nameof(Index));
}

public async Task<IActionResult> Edit(int id)
{
    var bProcessDetails = await _service.GetBProcessByIdAsync(id);
    if (bProcessDetails == null) return View("NotFound");

    var data = new NewBProcessVM()
    {
        Id = bProcessDetails.Id,
        Name = bProcessDetails.Name,
        Goal = bProcessDetails.Goal,
        ParentProcessId = (int)bProcessDetails.ParentProcessId,
        RelationshipCondition = bProcessDetails.RelationshipCondition,
        DependenceId = bProcessDetails.DependenceId,
        ProcessTypeId = bProcessDetails.ProcessTypeId,
    };

    var bProcessDropdownsData = await _service.GetNewBProcessDropdownsValues();
    ViewBag.Processes = new SelectList(bProcessDropdownsData.Processes, "Id", "Name");
    ViewBag.Dependences = new SelectList(bProcessDropdownsData.Dependences, "Id", "Name");
    ViewBag.ProcessTypes = new SelectList(bProcessDropdownsData.ProcessTypes, "Id", "Name");
}
```

Ilustración 56 Controlador BProcessController Parte 2



```

        return View(data);
    }

    [HttpPost]
    public async Task<IActionResult> Edit(int id, NewBProcessVM data)
    {
        if (id != data.Id) return View("NotFound");

        if (!ModelState.IsValid)
        {
            var bProcessDropdownsData = await _service.GetNewBProcessDropdownsValues();
            ViewBag.Processes = new SelectList(bProcessDropdownsData.Processes, "Id", "Name");
            ViewBag.Dependences = new SelectList(bProcessDropdownsData.Dependences, "Id", "Name");
            ViewBag.ProcessTypes = new SelectList(bProcessDropdownsData.ProcessTypes, "Id", "Name");
            return View(data);
        }

        await _service.UpdateBProcessAsync(data);
        return RedirectToAction(nameof(Index));
    }

    public async Task<IActionResult> Delete(int id)
    {
        var data = await _service.GetBProcessByIdAsync(id);
        return View(data);
    }

    [HttpPost, ActionName("Delete")]
    public async Task<IActionResult> DeleteConfirmed(int id)
    {
        var data = await _service.GetByIdAsync(id);
        if (data == null) return View("NotFound");

        await _service.DeleteAsync(id);
        return RedirectToAction(nameof(Index));
    }

```

Ilustración 57 Controlador BProcessController Parte 3

- Migrations

El módulo de Migrations encapsula la información relacionada con la estructura de datos, migración y esquema de la base de datos, incluyendo las entidades que componen el modelo de datos.



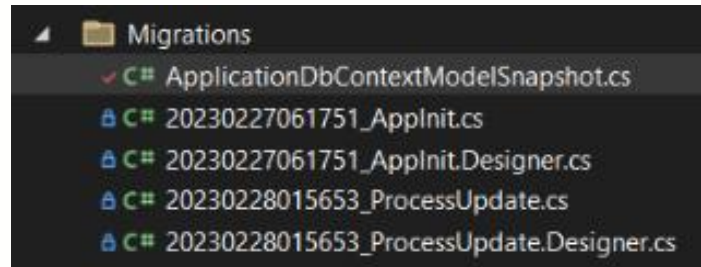


Ilustración 58 Carpeta Migrations

- Properties

La carpeta Properties contiene la información relacionada con las dependencias de la aplicación como la configuración de la conexión al servidor, la base de datos y configuraciones de los entornos.

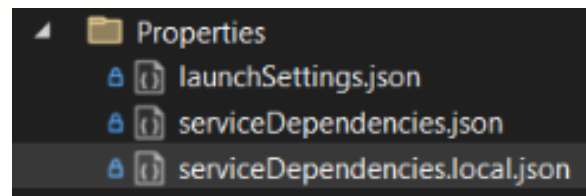


Ilustración 59 Carpeta Properties

- Views

En esta sección se encuentran todas las interfaces o vistas que comprende la herramienta. Cada interfaz representa una página o parte de interfaz del usuario, el cual permite la interacción entre el usuario y la herramienta.

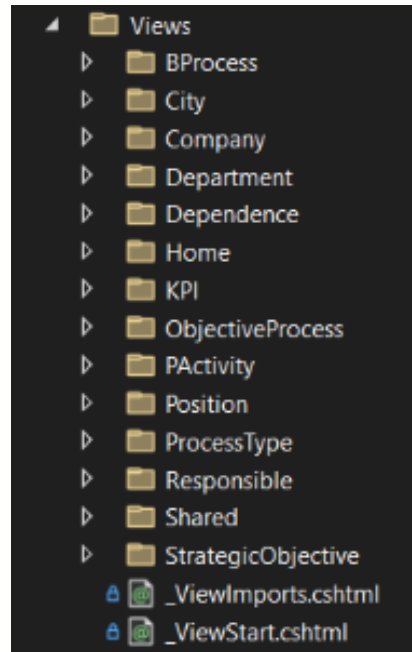


Ilustración 60 Carpeta Views

Cada una de las clases anteriormente descrita cuenta con interfaz para ver la data (Index), ver el detalle de algún dato (Details), interfaz para crear (Create), vista para editar (edit) y finalmente la vista para eliminar algún registro (Delete)

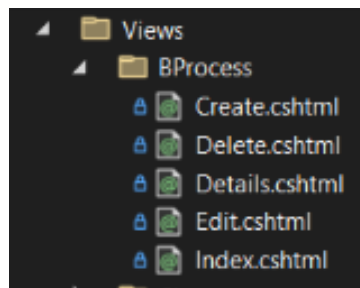


Ilustración 61 Carpeta Views BProcess

A continuación, se puede ver el ejemplo de las interfaces de la clase de procesos Create.cshtml: En este formulario el usuario podrá crear un proceso

```

@using RiskApp.Data.ViewModels;

@model NewBProcessVM

 ViewData["Title"] = "Add a new process";

<div class="row text">
    <div class="col-md-8 offset-2">
        <h1>Add a new process</h1>
        <div class="row">
            <div class="col-md-8 offset-2">
                <form asp-action="Create">
                    <div asp-validation-summary="ModelOnly" class="text-danger"></div>

                    <div class="form-group">
                        <label asp-for="Name" class="control-label"></label>
                        <input asp-for="Name" class="form-control" />
                        <span asp-validation-for="Name" class="text-danger"></span>
                    </div>
                    <div class="form-group">
                        <label asp-for="Goal" class="control-label"></label>
                        <input asp-for="Goal" class="form-control" />
                        <span asp-validation-for="Goal" class="text-danger"></span>
                    </div>
                    <div class="form-group">
                        <label asp-for="ParentProcessId" class="control-label"></label>
                        <select asp-for="ParentProcessId" class="form-control" asp-items="ViewBag.Processes"></select>
                        <span asp-validation-for="ParentProcessId" class="text-danger"></span>
                    </div>
                    <div class="form-group">
                        <label asp-for="RelationshipCondition" class="control-label"></label>
                        <input asp-for="RelationshipCondition" class="form-control" />
                        <span asp-validation-for="RelationshipCondition" class="text-danger"></span>
                    </div>
                    <div class="form-group">
                        <label asp-for="DependenceId" class="control-label"></label>

```

Ilustración 62 Interfaz Create.cshtml




```
<select asp-for="DependenceId" class="form-control" asp-items="ViewBag.Dependences"></select>
<span asp-validation-for="DependenceId" class="text-danger"></span>
</div>
<div class="form-group">
  <label asp-for="ProcessTypeId" class="control-label"></label>
  <select asp-for="ProcessTypeId" class="form-control" asp-items="ViewBag.ProcessTypes"></select>
  <span asp-validation-for="ProcessTypeId" class="text-danger"></span>
</div>

<div class="form-group mt-2">
  <input type="submit" value="Create" class="btn btn-outline-success float-end" />
  <a class="btn btn-outline-secondary" asp-action="Index">Show all</a>
</div>
</form>
</div>
</div>
</div>
</div>
```

Ilustración 63 Interfaz Create.cshtml Parte 2

Delete.cshtml: El usuario podrá eliminar un proceso



```
using RiskApp.Data.ViewModels;

model BProcess

{
    ViewData["Title"] = "Delete process";
}

<div class="row text">
    <div class="col-md-8 offset-2">
        <h1>Delete process</h1>
        <div class="row">
            <div class="col-md-8 offset-2">
                <div class="form-group">
                    <label asp-for="Name" class="control_label"></label>
                    <input asp-for="Name" class="form-control" readonly />
                </div>
                <div class="form-group">
                    <label asp-for="Goal" class="control_label"></label>
                    <input asp-for="Goal" class="form-control" readonly />
                </div>
                <div class="form-group">
                    <label asp-for="ParentProcessId" class="control_label"></label>
                    <input asp-for="ParentProcess.Name" class="form-control" readonly />
                </div>
                <div class="form-group">
                    <label asp-for="RelationshipCondition" class="control_label"></label>
                    <input asp-for="RelationshipCondition" class="form-control" readonly />
                </div>
                <div class="form-group">
                    <label asp-for="Dependence.Name" class="control_label"></label>
                    <input asp-for="Dependence.Name" class="form-control" readonly />
                </div>
                <div class="form-group">
                    <label asp-for="ProcessType.Name" class="control_label"></label>
                    <input asp-for="ProcessType.Name" class="form-control" readonly />
                </div>
            </div>
        </div>
    </div>
</div>
```

Ilustración 64 Delete.cshtml



```
<div class="form-group mt-2">
  <form asp-action="Delete">
    <input type="hidden" asp-for="Id" />
    <input type="submit" value="Confirm" class="btn btn-danger float-end" />
  </form>
  <a class="btn btn-outline-secondary" asp-action="Index">Show all</a>
</div>
</div>
</div>
</div>
```

Ilustración 65 Delete.cshtml Parte 2

Details.cshtml: Esta vista muestra los detalles del proceso seleccionado por el usuario



```

@model BProcess

@{
    ViewData["Title"] = Model.Name;
}

<div class="row text">
    <div class="col-md-8 offset-md-2">
        <h1>Details for @Model.Name</h1>
        <div class="row">
            <div class="col-md-8 offset-md-2">
                <div class="form-group">
                    <label asp-for="Name" class="control_label"></label>
                    <input asp-for="Name" class="form-control" readonly />
                </div>
                <div class="form-group">
                    <label asp-for="Goal" class="control_label"></label>
                    <input asp-for="Goal" class="form-control" readonly />
                </div>
                <div class="form-group">
                    <label asp-for="ParentProcessId" class="control_label"></label>
                    <input asp-for="ParentProcess.Name" class="form-control" readonly />
                </div>
                <div class="form-group">
                    <label asp-for="RelationshipCondition" class="control_label"></label>
                    <input asp-for="RelationshipCondition" class="form-control" readonly />
                </div>
                <div class="form-group">
                    <label asp-for="Dependence.Name" class="control_label"></label>
                    <input asp-for="Dependence.Name" class="form-control" readonly />
                </div>
                <div class="form-group">
                    <label asp-for="ProcessType.Name" class="control_label"></label>
                    <input asp-for="ProcessType.Name" class="form-control" readonly />
                </div>
            </div>
        </div>
    </div>
</div>

```

Ilustración 66 Details.cshml




```
<div class="form-group mt-2">
  <a class="btn btn-outline-success float-end" asp-action="Edit" asp-route-id="@Model.Id">Edit</a>
  <a class="btn btn-outline-secondary" asp-action="Index">Show all</a>
</div>
</div>
</div>
```

Ilustración 67 Details.cshtml Parte 2

Edit.cshtml: Aquí se podrá editar la información de un proceso

```
using RiskApp.Data.ViewModels;

@model NewBProcessVM

@{
    ViewData["Title"] = "Update process";
}

<div class="row text">
  <div class="col-md-8 offset-2">
    <h1>Update process</h1>
    <div class="row">
      <div class="col-md-8 offset-2">
        <form asp-action="Edit">
          <div asp-validation-summary="ModelOnly" class="text-danger"></div>

          <div class="form-group">
            <label asp-for="Name" class="control-label"></label>
            <input asp-for="Name" class="form-control" />
            <span asp-validation-for="Name" class="text-danger"></span>
          </div>
          <div class="form-group">
            <label asp-for="Goal" class="control-label"></label>
            <input asp-for="Goal" class="form-control" />
            <span asp-validation-for="Goal" class="text-danger"></span>
          </div>
          <div class="form-group">
            <label asp-for="ParentProcessId" class="control-label"></label>
            <select asp-for="ParentProcessId" class="form-control" asp-items="ViewBag.Processes"></select>
            <span asp-validation-for="ParentProcessId" class="text-danger"></span>
          </div>
          <div class="form-group">
            <label asp-for="RelationshipCondition" class="control-label"></label>
            <input asp-for="RelationshipCondition" class="form-control" />
            <span asp-validation-for="RelationshipCondition" class="text-danger"></span>
          </div>
        </form>
      </div>
    </div>
  </div>
</div>
```

Ilustración 68 Edit.cshtml




```
<select asp-for="DependenceId" class="form-control" asp-items="ViewBag.Dependences"></select>
<span asp-validation-for="DependenceId" class="text-danger"></span>
</div>
<div class="form-group">
<label asp-for="ProcessTypeId" class="control-label"></label>
<select asp-for="ProcessTypeId" class="form-control" asp-items="ViewBag.ProcessTypes"></select>
<span asp-validation-for="ProcessTypeId" class="text-danger"></span>
</div>

<div class="form-group mt-2">
<input type="submit" value="Update" class="btn btn-outline-success float-end" />
<a class="btn btn-outline-secondary" asp-action="Index">Show all</a>
</div>
</form>
</div>
</div>
</div>
</div>
```

Ilustración 69 Edit.cshtml Parte 2

Index.cshtml: Esta vista es la interfaz principal de los procesos en el cual se podrá observar el listado de los procesos creados.



```

@model IEnumerable<BPProcess>

ViewData["Title"] = "List of processes";

<div class="row">
  <div class="col-md-12">
    <h1>List of processes</h1>
    <table class="table">
      <thead>
        <tr class="text-center">
          <th>@Html.DisplayNameFor(bp => bp.Name)</th>
          <th>@Html.DisplayNameFor(bp => bp.Goal)</th>
          <th>@Html.DisplayNameFor(bp => bp.ParentProcessId)</th>
          <th>@Html.DisplayNameFor(bp => bp.RelationshipCondition)</th>
          <th>@Html.DisplayNameFor(bp => bp.Dependence.Name)</th>
          <th>@Html.DisplayNameFor(bp => bp.ProcessType.Name)</th>
          <th>Actions</th>
        </tr>
      </thead>
      <tbody>
        @foreach (var item in Model)
        {
          <tr class="text-center">
            <td class="text-start small">@item.Name</td>
            <td class="text-start small">@item.Goal</td>
            <td class="text-start small">@item.ParentProcess.Name</td>
            <td class="text-start small">@item.RelationshipCondition</td>
            <td class="text-start small">@item.Dependence.Name</td>
            <td class="text-start small">@item.ProcessType.Name</td>
            <td class="align-middle justify-content-around">
              <a class="btn btn-outline-primary btn-sm" asp-action="Edit" asp-route-id="@item.Id"><i class="bi bi-pencil-square"></i> Edit</a>
              <a class="btn btn-outline-info btn-sm" asp-action="Details" asp-route-id="@item.Id"><i class="bi bi-eye"></i> Details</a>
              <a class="btn btn-danger btn-sm" asp-action="Delete" asp-route-id="@item.Id"><i class="bi bi-trash"></i> Delete</a>
            </td>
          </tr>
        }
      </tbody>
    </table>
  </div>
</div>

```

Ilustración 70 Index.cshtml

- Wwwwroot

En esta carpeta se manejan archivos que contienen los recursos necesarios que dan estilos a la interfaz de usuario de la aplicación, como los archivos css, imágenes y bibliotecas externas



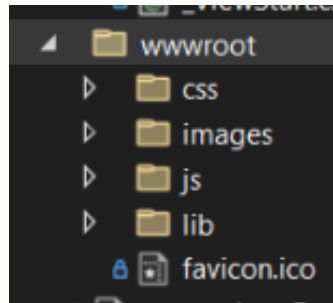


Ilustración 71 Carpeta Wwwwroot

A continuación, se describen las carpetas contenidas en Wwwwroot

- **CSS:** Un archivo CSS que establece los estilos fundamentales para los documentos HTML de la aplicación está contenido en esta carpeta. Estos estilos abarcan tanto el tamaño de fuente por defecto como los estilos del encabezado y el cuerpo.
- **Imágenes:** Todas las imágenes que se emplean en la aplicación, incluyendo iconos, logotipos, fondos y otros elementos gráficos que aparecen en la interfaz de usuario, se almacenan aquí. Estas imágenes contribuyen a que la aplicación tenga una mejor apariencia visual.
- **Lib:** Las bibliotecas externas que se emplean en la aplicación, como jQuery Validation, jQuery Validation Unobtrusive, Bootstrap y jQuery, están ubicadas en esta sección. Las bibliotecas añaden características extra a la aplicación web, como validación de formularios, diseño responsivo e interactividad, mejorando la funcionalidad de la aplicación y experiencia del usuario.

En cuanto al componente frontend se desarrolló en tres fases:

1. **Definición de requisitos:** se identificaron los respectivos casos de uso a partir de diversas reuniones con los stakeholders del proyecto.
2. **Construcción del component frontend:** se realizó la construcción de los mockups, una vez definidos, se desarrolló el dashboard, panel de control de riesgos y el mapa de procesos.
3. **Desarrollo de plan de pruebas:** teniendo en cuenta la metodología Design Thinking se realizaron entrevistas, encuestas y test de prototipo para obtener retroalimentación de los usuarios finales, este feedback fue utilizado para la posterior mejora de la aplicación.



Este componente se explica a detalle en el documento titulado “Front-end del sistema de Gestión Integral del Riesgo de Procesos de Negocio para el sector productivo colombiano” (Pérez, 2023) Este proyecto fue desarrollado en paralelo con el presente, dividiendo los componentes front end y backend.

Fase 4: Creación del modelo de ML y entrenamiento

Para el desarrollo de los modelos de predicción de impacto de riesgos para PYMES, se utilizaron dos tipos de datos. El primero hace parte de datos sintéticos que fueron generados artificialmente y el segundo son datos reales los cuales fueron recolectados mediante encuestas empleadas a Pymes de diferentes sectores económicos. Estos datos obtenidos de las empresas se usaron para complementar el dataset junto con los datos sintéticos. Estas encuestas recopilaban información acerca de las medidas de mitigación implementadas en cada Pyme, los impactos experimentados y los riesgos percibidos. Esto proporcionó un apoyo significativo para guiar y validar los modelos de Machine Learning desarrollados, mejorando la capacidad predictiva y la validez práctica de los algoritmos.

Se utilizaron tres algoritmos de aprendizaje automático supervisado para prever los riesgos: XGBoost, Random Forest y LightGBM. Estos modelos se entrenaron y evaluaron con el conjunto de datos previamente creado, el cual incorpora diferentes características vinculadas al impacto del riesgo, el cual cuenta con cinco categorías (0 a 4).

Procesamiento de Datos

Para el procesamiento de los datos se realizaron los siguientes pasos

- Se cargó el dataset y se tomó como variable objetiva el Impacto, el cual fue se convirtió el formato numérico con valores de 0 a 4 para su uso en modelos.
- Las variables categóricas fueron identificadas y codificadas correctamente para cada modelo. Se empleó la codificación one-hot para transformar las variables categóricas en binarias a nivel numérico, en el caso de Random Forest. Respecto a XGBoost y LightGBM,



se determinó que las variables categóricas fueran tratadas como "categoría", lo que facilitó su gestión interna.

- Se separó el conjunto de datos en un 80% para la capacitación y se utilizó un 20% de los datos de prueba. Esta separación asegura que los modelos se adapten a un conjunto de datos y luego se evalúen con datos no utilizados anteriormente, lo que posibilita la evaluación de la habilidad de generalización y previene el sobreajuste (overfitting).

A continuación, se adjunta el código usado para el entrenamiento de los modelos anteriormente mencionados:

```
# ===== #
# Creación del modelo de ML y entrenamiento #
# ===== #

import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import classification_report, accuracy_score
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
from xgboost import XGBClassifier
import lightgbm as lgb

# Cargar dataset generado
data = pd.read_csv("/content/dataset_sintetico_riesgos_pymes_grande.csv")

# Convertir 'Impacto' de [1,2,3,4,5] a [0,1,2,3,4]
data['LikelihoodId'] = data['LikelihoodId'] - 1

# Separar variables categóricas y numéricas para codificación
cat_cols = data.select_dtypes(include=['object']).columns.tolist()

# Las filas de datos que vamos a convertir
X = data.drop(columns=['Id', 'LikelihoodId'])
y = data['LikelihoodId']

# Para XGBoost: convertimos las columnas categóricas en tipo 'category' para que acepte las categorías directamente
for col in cat_cols:
    X[col] = X[col].astype('category')
```

Ilustración 72 Código ML




```
# Dividir conjunto en train/test
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

# Random Forest (requiere variables numéricas, hacemos one-hot encoding)
X_train_rf = pd.get_dummies(X_train)
X_test_rf = pd.get_dummies(X_test)

# Alinear las columnas por si faltan algunas en test o train
X_test_rf = X_test_rf.reindex(columns = X_train_rf.columns, fill_value=0)

rf = RandomForestClassifier(n_estimators=100, random_state=42)
rf.fit(X_train_rf, y_train)
rf_pred = rf.predict(X_test_rf)
print("Random Forest Accuracy:", accuracy_score(y_test, rf_pred))
print(classification_report(y_test, rf_pred))

# XGBoost (usa las columnas categóricas como categorías)
xgb = XGBClassifier(use_label_encoder=False, eval_metric='mlogloss', random_state=42, enable_categorical=True)
xgb.fit(X_train, y_train)
xgb_pred = xgb.predict(X_test)
print("XGBoost Accuracy:", accuracy_score(y_test, xgb_pred))
print(classification_report(y_test, xgb_pred))

# LightGBM (también acepta variables categóricas)
lgbm = lgb.LGBMClassifier(random_state=42)
lgbm.fit(X_train, y_train, categorical_feature=cat_cols)
lgbm_pred = lgbm.predict(X_test)
print("LightGBM Accuracy:", accuracy_score(y_test, lgbm_pred))
print(classification_report(y_test, lgbm_pred))
```

Ilustración 73 Código ML Parte 2

Fase 5: Pruebas y Validación del Software

Resultados de las encuestas

Durante la fase de análisis en los procesos de negocio, se realizó la recolección de información por medio de la aplicación de encuestas a un total de 90 Pymes de diferentes sectores económicos. El cual se tuvo como resultado que el 96.6% fueron contestadas por empresas nacionales y el 3.33% por empresas internacionales.

Para validar el tamaño muestral, se utilizó un instrumento de estimación estadística que permitió obtener un tamaño representativo y confiable de la muestra. Se tuvo en cuenta la población de empresas que fueron consolidadas en el año 2023 (5511 Pymes) Se llevaron a cabo encuestas adicionales hasta llegar a las 90 empresas para mejorar la fiabilidad de los resultados y reducir el margen de error. Este muestreo fue diseñado con el fin de obtener un 95% de nivel de confianza. Para calcular el margen de error, se utilizó la fórmula asociada a la estimación de proporciones en poblaciones finitas:

$$E = Z * n * p * (1 - p)$$

En donde:

- Z es 1.96, que es un valor estándar para garantizar un nivel de confianza del 95% en una distribución normal estándar
- p es 0.5, valor que se emplea porque es el más conservador; este maximiza la varianza y, por lo tanto, el margen de error si no se tiene conocimiento sobre la proporción real de la población.
- n es 90 (Tamaño de la muestra)

El margen de error fue del 10,33% en base a estos valores, lo que se considera adecuado para una investigación exploratoria y diagnóstica destinada a identificar tendencias y patrones generales en la administración de riesgos de las Pymes.

Este análisis permitió confirmar que la magnitud de la muestra es estadísticamente apropiada para respaldar los resultados obtenidos a través de las encuestas y justificar las conclusiones del proyecto.

A continuación, se podrán observar los resultados de estas:

- Ciudad: Dentro de las ciudades que participaron en las encuestas se evidenció que la mayor población corresponde a la ciudad de Tunja con 38 empresas representando un 42%, como segundo lugar se encuentra Bogotá representado el 24% con 22 empresas, con un porcentaje de participación del 2% se encuentran municipios como Chía, Cota, Duitama, Guacamayas y Salamanca Guanajuato de la ciudad de México. Con un 1.11 se encontraron varios municipios de Boyacá como Tibasosa, Samacá, Socha, Nobsa, Tópaga, Ramiriquí, Villa de Leyva y Umbita y también una empresa de Chile. Dentro del departamento de Boyacá se evidenció una participación del 64.4% con 58 empresas.
A continuación, se podrá observar un gráfico con los resultados de este ítem.



Ciudad Pymes encuestadas

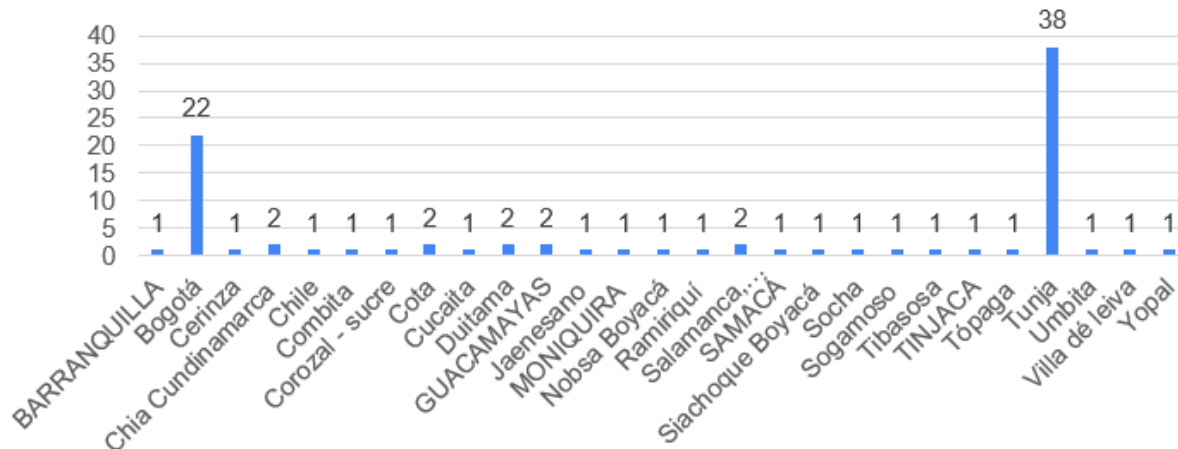


Ilustración 74 Ciudad Pymes encuestadas

- **Tamaño de la empresa:** En esta parte se pudo evidenciar que la mayoría de las empresas encuestadas corresponden a microempresas, estas representaron un 77.8% con 70 encuestas. En segundo lugar, están las pequeñas empresas con 9 registros para un 10%, después las empresas grandes con un 8.9% para un total de 8 y finalmente las medianas empresas con 3.3% con 3 empresas

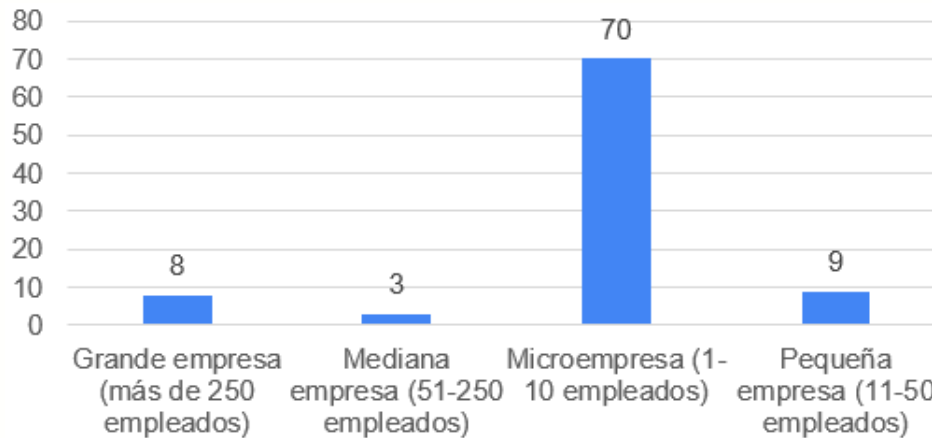


Ilustración 75 Tamaño de las empresas

- ¿Qué tan importante considera la gestión de riesgos para su empresa?: Con respecto a percepción que tienen las empresas sobre la importancia de la gestión de riesgos se evidencio que es alta. Un 60% selecciono que es Muy importante, un 24,4% eligieron importante, el 10% moderadamente importante, el 4,4% poco importante y finalmente el 1,1% nada importante.

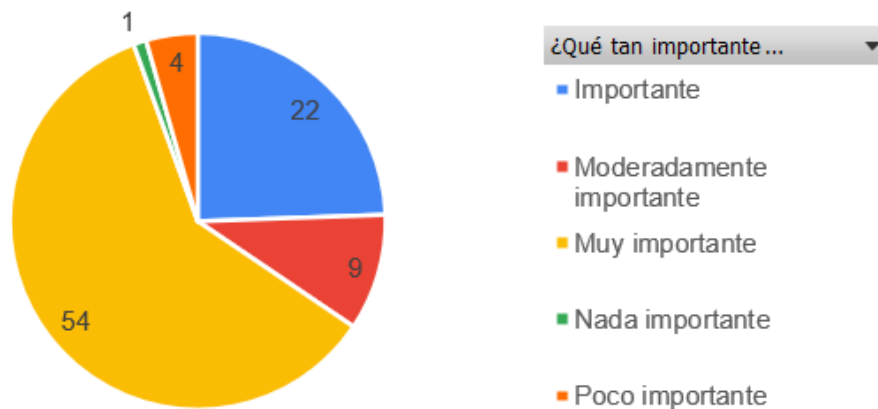


Ilustración 76 Importancia sobre la gestión de riesgos en las empresas

- ¿Actualmente su empresa tiene un plan de gestión de riesgos formalizado?: Con respecto a la existencia de un plan de gestión de riesgos, las encuestas mostraron que el 65,6% no cuenta con un plan de gestión de riesgos y el otro 34,4 afirmaron contar con un plan formalizado para el mismo.

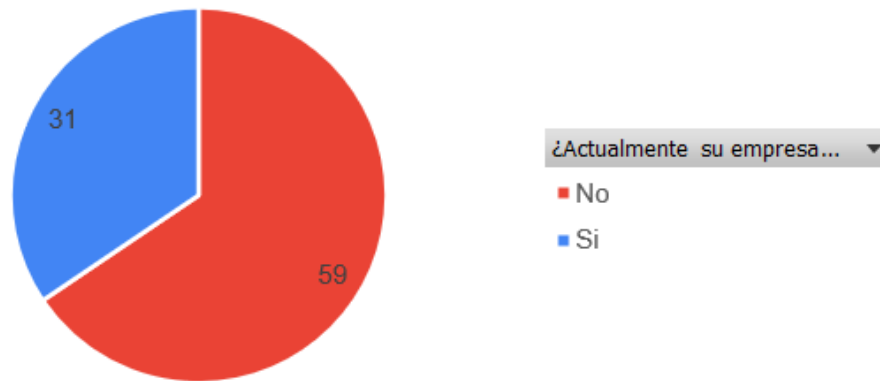


Ilustración 77 Plan de gestión de riesgos formalizado

- ¿Con qué frecuencia revisa y actualiza su plan de gestión de riesgos? En este ítem se obtuvo que el 54,4% de las empresas encuestadas nunca revisan ni actualizan el plan de gestión de riesgos. Solo el 24,4 iniciaron que lo revisan de manera anual, el 15,6% lo hacen trimestral y finalmente el 5.4 lo hacen de manera mensual.

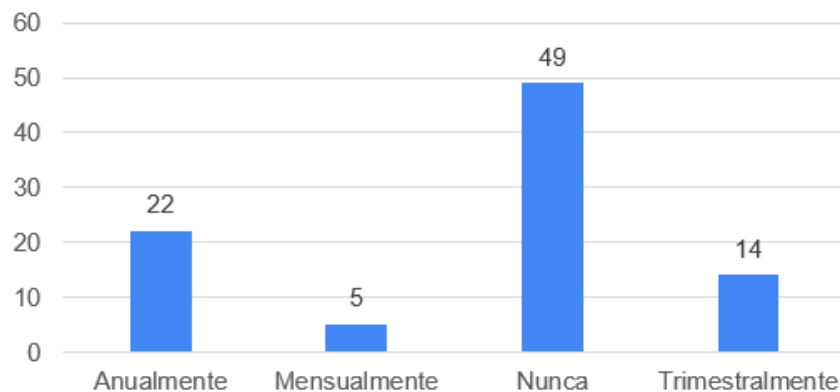


Ilustración 78 Frecuencia y actualización del plan de gestión de riesgos

- ¿Utiliza actualmente alguna herramienta tecnológica para la gestión de riesgos en su empresa? En esta pregunta se evidencio que la mayoría de las empresas encuestadas no utilizan ninguna herramienta tecnológica para la gestión de riesgos, representando un 82,2% y el otro 17,8% afirmo que si usa una herramienta tecnológica.

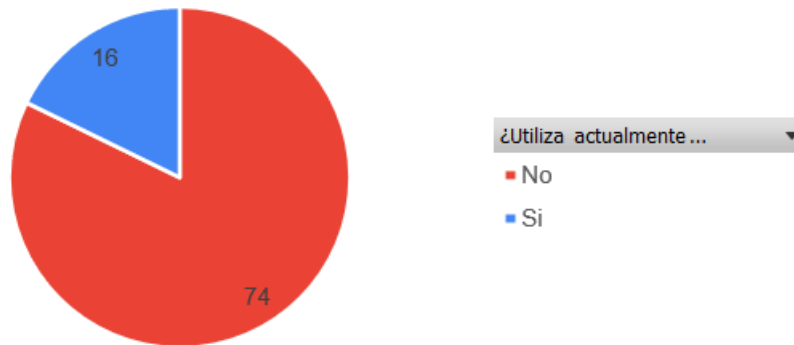


Ilustración 79 Herramienta tecnológica para la gestión de riesgos

- De las 16 empresas que respondieron que, si usaban una herramienta tecnológica para la gestión de riesgos, 10 informaron que usan Excel, por otra parte 2 empresas respondieron que usan software de gestión de riesgos, pero no especificaron cual, 1 empresa informo que usa Kawak, otra empresa plan de contingencia y otra usa software, matrices y bases de riesgos.



Ilustración 80 Herramientas tecnológicas para la gestión de riesgos

- ¿Qué nivel de conocimiento tienen los colaboradores sobre la gestión de riesgos? Con respecto a esta pregunta se obtuvo el mismo porcentaje de 27,8% para los niveles bajo y medio. Por otro lado, el 24,4% informaron que no se ha evaluado el nivel de conocimiento en los empleados, un 13,3% reportaron que los colaboradores tienen un nivel alto y finalmente el 6,7% reconocieron que tienen un nivel nulo de conocimiento en este ítem.

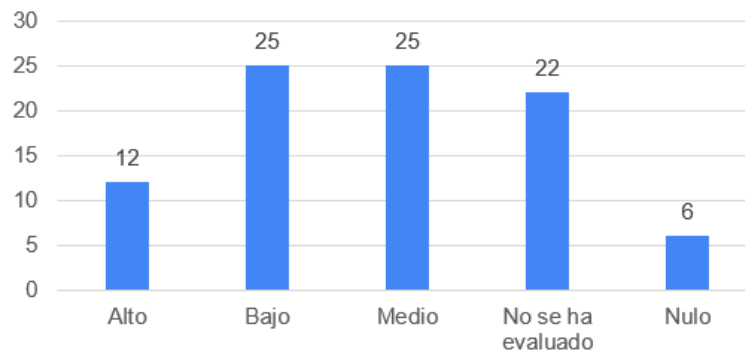


Ilustración 81 Nivel de conocimiento de los colaboradores

- ¿Considera que una aplicación específica para predecir y gestionar riesgos podría ser útil para su empresa? La percepción de las empresas con respecto a esta pregunta fue positiva ya que el 52,2% consideran que la herramienta sería Muy Útil, el 34,4 lo califican como Útil, el 8.9% lo consideran como modernamente Útil, el 3,3% Nada Útil y el 1,1% Poco Útil.

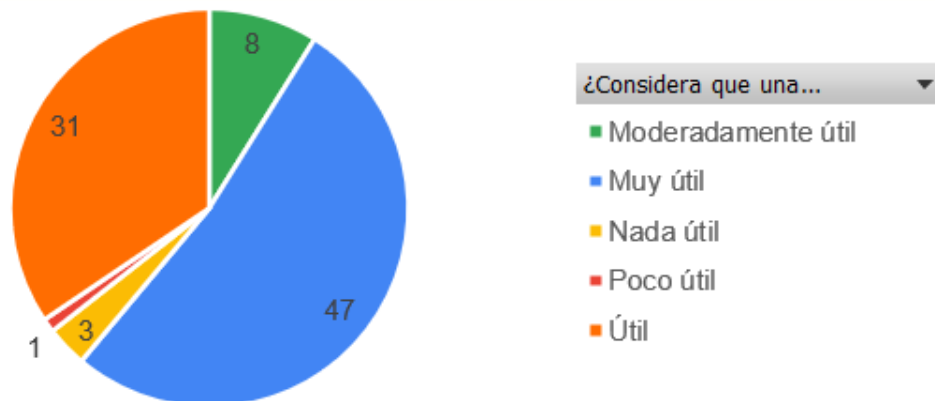


Ilustración 82 ¿Una aplicación específica para predecir y gestionar riesgos podría ser útil para su empresa?

- ¿Qué característica considera más importante en una aplicación de gestión de riesgos? Con respecto a esta pregunta el 35,6% respondió que consideran más importante la alertas y notificaciones para la gestión de riesgos, el 31,1% seleccionó la predicción de riesgos futuros, el 23,3% tomo la visualización de riesgos en los procesos y finalmente el 10% seleccionó informes y estadísticas detalladas.

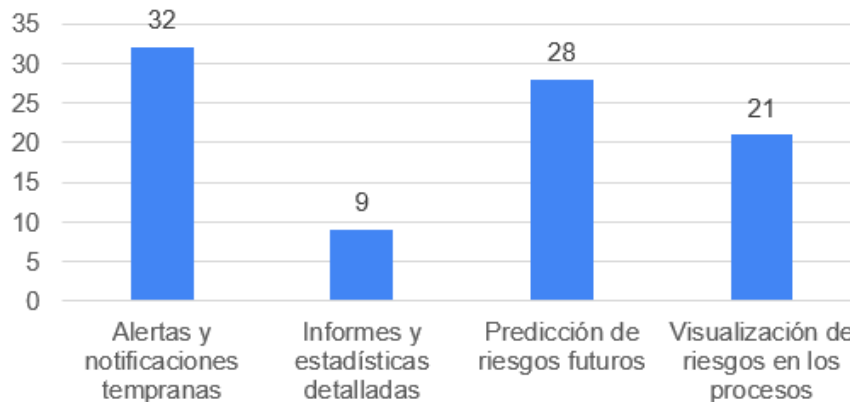


Ilustración 83 Característica más importante en una aplicación de gestión de riesgos

- ¿Qué obstáculos ve para la implementación de una herramienta tecnológica de gestión de riesgos en su empresa? En los resultados de esta pregunta se evidencio que el 43,3% identificaron que el mayor obstáculo está asociado a los costos y complejidad de la migración a una nueva herramienta. El 26,7% manifestó la falta de conocimiento técnico, un 14% selecciono los costos y falta de conocimiento. Los obstáculos que obtuvieron menor porcentaje hacen referencia a el rechazo del cambio tecnológico, evaluar los riesgos que tienen los procesos o porque son prácticamente nulos los riesgos en mi modelo de negocio.

Respuesta	Num. de Respuestas
Complejidad en la migración del sistema actual a una herramienta tecnológica	3
Costos	39
Costos, Complejidad en la migración del sistema actual a una herramienta tecnológica	1

Costos, Data de los parámetros de esta evaluación para el nicho de trabajo que tiene la empresa en sus áreas de enfoque.	1
Costos, Falta de conocimiento técnico	14
Costos, Rechazo al cambio tecnológico, Complejidad en la migración del sistema actual a una herramienta tecnológica	1
Evaluar los diferentes riesgos que tienen los procesos	1
Falta de conocimiento técnico	24
Falta de conocimiento técnico, Complejidad en la migración del sistema actual a una herramienta tecnológica	2
Falta de conocimiento técnico, Rechazo al cambio tecnológico, Complejidad en la migración del sistema actual a una herramienta tecnológica	1
Rechazo al cambio tecnológico	2
Son prácticamente nulos los riesgos en mi modelo de negocio	1

Tabla 3 Obstáculos para la implementación de una herramienta tecnológica de gestión de riesgos

- ¿Ha enfrentado su empresa algún riesgo significativo en los últimos 5 años? De las 90 empresas encuestadas el 21,1% respondieron que, si han enfrentado algún riesgo en los últimos 5 años y el otro 78,9%, indicaron que no han presenciado ninguna experiencia de este tipo.

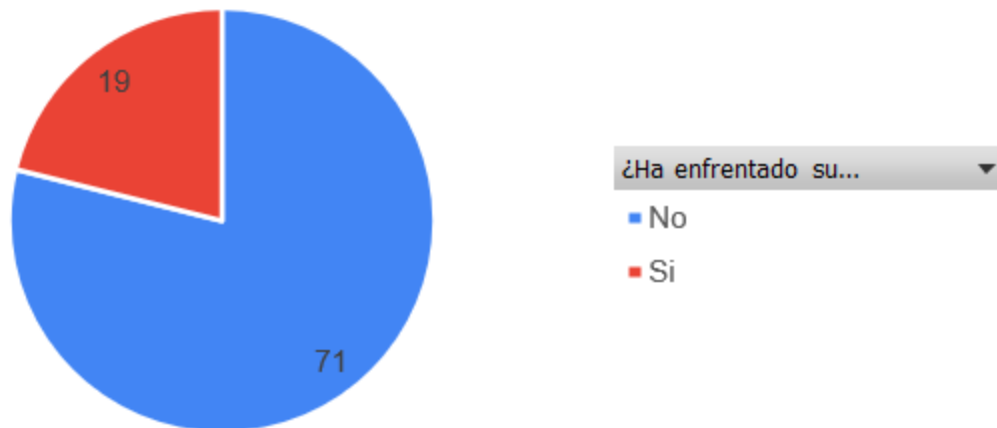


Ilustración 84 ¿Ha enfrentado su empresa algún riesgo significativo en los últimos 5 años?



- Para las empresas que respondieron que si habían enfrentado algún riesgo significativo en los últimos 5 años se les pregunto que cuales fueron esos riesgos, en donde se obtuvo los siguientes resultados:

Riesgo	Tipo de riesgo	Gestión del riesgo	Impacto	Causas	Consecuencias	Cómo se mitigó/gestión
Perdida de información	Tecnológico	Reducir	Alto	Ataques cibernéticos (ransomware, virus, hacking)	Costos elevados para intentar recuperar o reconstruir la información. Sanciones legales por incumplimiento de normas de protección de datos. Deterioro de la imagen institucional.	Implementación de copias de seguridad en la nube, firewalls avanzados, capacitación en ciberseguridad
Perdida de material durante el transporte de mercancía	Logístico	Monitorear	Critico	Falta de control durante la carga y descarga, embalaje inadecuado, deficiencias en el seguimiento del transporte	Pérdida económica directa, retrasos en entregas, posibles devoluciones o reclamos	Protocolos de embalaje, auditorías de carga



Cartera que no puede ser cobrada	Financiero	Evitar	Critico	Otorgar crédito sin evaluación de riesgo, incumplimiento de contratos por parte de clientes	Pérdidas económicas, reducción del capital de trabajo, afectación de liquidez	Evaluación crediticia previa, pólizas de seguro de cartera
Recepción de autopartes defectuosas o incompatibles desde proveedores.	Operativo	Evitar	Moderado	Ausencia de controles de calidad en la recepción	Costos adicionales por devoluciones	Inspección de calidad al recibir, contratos con especificaciones técnicas
Fallo en la cadena de frío durante el almacenamiento o transporte de productos cárnicos.	Operativo	Reducir	Alto	Falta de mantenimiento preventivo en los equipos de frío.	Pérdida de mercancía y materias primas.	Mantenimiento preventivo, sensores de temperatura con alarmas
Mora en el pago de matrículas y otros servicios por parte de los estudiantes.	Financiero	Prever	Critico	Falta de seguimiento y políticas claras de cobranza.	Disminución del flujo de caja disponible para operaciones diarias.	Implementación de recordatorios automáticos y planes de pago
Pérdida de información académica y administrativa por fallos en el respaldo de datos.	Tecnológico	Reducir	Alto	Fallos técnicos en los servidores o sistemas de almacenamiento.	Pérdida de expedientes académicos, calificaciones y documentos administrativos.	Respaldo automático en servidores externos y nube



Cambios normativos en materia tributaria, laboral y de seguridad y salud en el trabajo.	Legal	Monitorear	Alto	Reformas legales emitidas por el gobierno o autoridades competentes.	Aumento en los costos operativos para adaptarse a los nuevos requisitos. Necesidad de reestructurar procesos internos o contratos laborales.	Contratar asesoría legal permanente, capacitaciones
Cambio en el actual sistema Financiero	Financiero	Aceptar	Moderado	Políticas gubernamentales	Afectación en la planeación presupuestal y flujos de caja. Mayor incertidumbre en la toma de decisiones estratégicas.	Ajustes periódicos en proyecciones financieras
Desactualización frente a nuevas tendencias y canales de marketing comercial	Estratégico	Contingencia	Moderado	Falta de conocimiento o capacitación en herramientas digitales modernas. Competencia más ágil en el uso de medios digitales y redes sociales. Estrategia	Disminución del alcance y visibilidad de la marca o servicios. Baja captación de nuevos clientes o usuarios.	Cursos en marketing digital, contratación de especialista



				de marketing no actualizada o no alineada con nuevas tendencias.		
Desactualización frente a los avances en inteligencia artificial	Tecnológico	Aceptar	Alto	Escaso conocimiento técnico del equipo sobre aplicaciones de IA en el análisis ambiental. Avances acelerados en IA que requieren constante actualización.	Pérdida de competitividad frente a empresas que usan IA para análisis predictivos y modelación. Menor eficiencia en la recolección y procesamiento de datos ambientales. Pérdida de oportunidades en licitaciones o contratos que exigen tecnología avanzada.	Alianzas con empresas tecnológicas, capacitación
Dificultad para contratar y retener personal operativo técnico especializado para trabajos de campo	Operativo	Contingencia	Alto	Baja motivación o interés del personal en trabajos técnicos de campo	Incremento en costos operativos por rotación o capacitación constante. Sobrecarga del personal existente, generando	Mejora de condiciones laborales, incentivos



				por condiciones laborales o percepción del trabajo. Competencia con otras industrias que ofrecen mejores condiciones o perfiles laborales.	desgaste y posible desmotivación.	
Errores menores en la instalación de señales viales debido a falta de supervisión puntual.	Operativo	Evitar	Bajo	Falta de inspección continua durante la instalación. Procedimientos incompletos o mal comunicados al equipo de campo.	Instalación incorrecta de señales que puede requerir ajustes menores. Retrasos leves en la entrega del proyecto.	Supervisión diaria, checklist de instalación
Incumplimiento de contratos con clientes o proveedores debido a cláusulas ambiguas o	Legal	Reducir	Moderado	Redacción imprecisa o incompleta de contratos.	Penalizaciones económicas por incumplimiento. Retrasos en la ejecución de proyectos.	Contratos revisados por abogados, software de seguimiento



falta de seguimiento.				Falta de monitoreo y control del cumplimiento de términos y plazos.		
Contratación de personal no calificado o no idóneo para cargos críticos, generando incumplimiento o normativo y riesgos legales.	Legal	Prever	Moderado	Falta de verificación adecuada de referencias y certificaciones. Presión por cubrir vacantes rápidamente.	Riesgo de accidentes laborales o errores operativos por falta de capacitación. Deterioro de la reputación empresarial.	Verificación de antecedentes, pruebas de idoneidad
Fallas en los procesos operativos críticos que afectan la continuidad del servicio o producción.	Operativo	Monitorear	Alto	Fallas técnicas en maquinaria o infraestructura. Deficiencias en la capacitación del personal.	Interrupciones en la producción o prestación de servicios. Pérdidas económicas significativas.	Planes de contingencia, mantenimiento preventivo
Falta de diferenciación frente a la competencia en productos o servicios ofrecidos.	Comercial	Reducir	Alto	Estrategia comercial poco innovadora o estancada. Escasa	Mayor presión para competir por precio, reduciendo márgenes de ganancia.	Desarrollo de nuevos productos, campañas creativas



				inversión en desarrollo de nuevos servicios o mejora de los existentes		
Fallas en la gestión y cumplimiento de los procesos de entrega de productos	Operativo	Reducir	Alto	Planificación logística deficiente o mal coordinada. Falta de personal o recursos en momentos críticos.	Insatisfacción del cliente por retrasos o errores en la entrega. Pérdida de ventas por falta de disponibilidad de productos en tienda.	Optimización logística, rutas inteligentes
Insuficiencia de liquidez y dificultad para evidenciar el flujo de caja operativo.	Financiero	Monitorear	Alto	Desbalance entre ingresos y egresos operativos. Endeudamiento excesivo o mal estructurado. Falta de planificación financiera o	Interrupción de operaciones por falta de recursos para reposición de inventario. Riesgo de insolvencia o necesidad de recurrir a financiamiento costoso.	Presupuesto mensual, control de gastos



				presupuestaría.		
Falta de estrategias comerciales efectivas y análisis de mercado oportuno.	Comercial	Prever	Alto	Escasa innovación en estrategias comerciales y promocionales. Falta de monitoreo a la competencia directa e indirecta.	Pérdida de posicionamiento frente a la competencia. Stock de productos no alineados con la demanda real.	Estudios de mercado, promociones estratégicas
Ausencia de un especialista actualizado en normativas legales y regulatorias aplicables para su correcta ejecución.	Legal	Evitar	Critico	Dependencia excesiva en asesorías externas sin personal interno capacitado	Multas y sanciones. Costos legales elevados por asesorías urgentes. Incumplimiento de normativas laborales, tributarias, ambientales o de comercio.	Contratación de asesor legal interno
Falta de medidas de seguridad adecuadas para los equipos tecnológicos y ausencia de capacitación continua para	Tecnológico	Evitar	Alto	Falta de capacitación y sensibilización del personal en prácticas seguras. Escasa	Robo, pérdida o corrupción de información sensible. Costos elevados para recuperación y mitigación de incidentes.	Software antivirus, capacitación de empleados



empleados en ciberseguridad y uso seguro de sistemas.				inversión en tecnologías de protección. Carencia de monitoreo y auditorías periódicas de seguridad.		
Fallas en la atención al cliente que generen mala experiencia y afecten la reputación del supermercado	Reputacional	Evitar	Alto	Insuficiente formación y sensibilización del personal en atención al cliente	Pérdida de fidelidad y disminución en la frecuencia de compra	Programas de servicio al cliente
Gestión inadecuada de la comunicación digital y redes sociales, afectando la imagen y relación con los clientes.	Estratégico	Aceptar	Alto	Falta de personal capacitado o en gestión de redes sociales y comunicación digital	Pérdida de oportunidades comerciales y de marketing digital	Contratación de community manager
Cambios frecuentes o no planificados por parte del cliente	Financiero	Prever	Alto	Falta de claridad del cliente respecto a sus requerimientos	Aumento de los costos del proyecto. Retrasos en la entrega del proyecto o	Contratos con alcance definido, control de cambios



durante el desarrollo del proyecto				entos iniciales. No haber definido o limitado correctamente el alcance del proyecto desde el inicio.	incumplimiento de plazos pactados.	
Variabilidad en el desempeño de los proveedores y en la calidad de los productos suministrados	Financiero	Contingencia	Critico	Fallas en la comunicación o en la gestión de pedidos y entregas.	Recepción de productos defectuosos, incompatibles o de calidad inferior a la esperada	Evaluación periódica de proveedores
Ataques cibernéticos neutralizados (malware, phishing, ransomware)	Tecnológico	Contingencia	Bajo	Vulnerabilidades en los sistemas, ausencia de políticas de seguridad informática, descuido en el manejo de credenciales	Pérdida temporal de datos o interrupción de servicios, gastos en recuperación y medidas de protección	Auditorías de seguridad y firewalls
Comentarios negativos en redes sociales	Reputacional	Reducir	Moderado	Mala atención	Pérdida de prestigio y credibilidad,	Respuesta proactiva y



(algunos con razón y otros infundados)				usuarios, errores administrativos, desinformación en medios digitales	disminución de inscripciones o matrículas	mejora de procesos
Derechos de petición no respondidos a tiempo	Legal	Evitar	Moderado	Falta de control y seguimiento a correspondencia, errores humanos en la recepción	Sanciones legales, pérdida de confianza de usuarios	Sistema de gestión documental
Incumplimiento o normativo por cambios de ley (actividad económica distinta a la registrada)	Legal	Transferir	Alto	Cambio en la legislación que obliga a modificar la razón social o actividad	Pérdida de clientes, ajustes administrativos costosos, interrupción temporal de operaciones	Asesoría legal y actualización de estatutos
Factores climáticos adversos (heladas)	Operativo	Evitar	Alto	Condiciones meteorológicas extremas, falta de sistemas de protección	Pérdida de cultivos, reducción en exportaciones, incremento de costos por recuperación	Invernaderos, sistemas anti helados
Falta de tierras para expansión productiva	Financiero	Reducir	Alto	Limitaciones en adquisición de	Estancamiento en el crecimiento,	Arrendamiento de terrenos, alianzas



				terrenos, costos elevados de tierra	pérdida de competitividad	
Tramitología excesiva y demoras en permisos	Legal	Reducir	Crítico	Procesos burocráticos complejos, falta de acompañamiento institucional	Retraso en proyectos de expansión, pérdida de oportunidades comerciales	Gestores de trámites, asesoría
Pandemia con cese total de operaciones	Operativo	Contingencia	Crítico	Restricciones sanitarias y de movilidad	Cero ingresos durante el periodo de cuarentena, despidos masivos	Ventas online, diversificación de productos

Tabla 4 Riesgos en las Pymes

La estructura de gestión de riesgos de las Pymes modelada en el proyecto, se caracteriza mediante la identificación y clasificación de los riesgos más significativos que han enfrentado las empresas. A continuación, se detalla la asociación de cada riesgo identificado con el Proceso de Negocio (Estratégico, Operacional o de Soporte) al que afecta, siguiendo la lógica de la arquitectura del sistema donde un Riesgo se relaciona con una Actividad del Proceso que, a su vez, pertenece a un Proceso. Los riesgos se agrupan en tres niveles de la estructura organizacional: los Estratégicos que impactan la visión y las decisiones de alto nivel; los Operacionales que interrumpen la cadena de valor o la misión principal (ejecución); y los de Soporte que afectan la infraestructura, tecnología o gestión administrativa necesaria para operar. Esta correlación directa, que se presenta en la siguiente tabla, demuestra la necesidad de fortalecer los procesos de soporte (principalmente en áreas de TI, Legalidad y Talento Humano) y los procesos operacionales misionales para asegurar la continuidad y el crecimiento de las Pymes en la región.



Riesgo	Tipo de riesgo	Proceso de Negocio	Justificación
Perdida de información	Tecnológico	Soporte (Gestión de TI/Infraestructura)	El riesgo afecta la infraestructura tecnológica que soporta todas las operaciones.
Perdida de material durante el transporte de mercancía	Logístico	Operacional/Misional (Logística y Distribución)	Impacta directamente la ejecución de la actividad principal de entrega de valor al cliente.
Cartera que no puede ser cobrada	Financiero	Operacional/Misional (Ventas y Cobranza)	Afecta el ciclo de ingresos, que es un proceso misional clave.
Recepción de autopartes defectuosas o incompatibles desde proveedores.	Operativo	Operacional/Misional (Compras y Suministro)	Impacta la calidad de los inputs requeridos para la producción o venta.
Fallo en la cadena de frío durante el almacenamiento o transporte de productos cárnicos.	Operativo	Operacional/Misional (Almacenamiento/Distribución)	Afecta la calidad e integridad del producto final durante su manejo.
Mora en el pago de matrículas y otros servicios por parte de los estudiantes.	Financiero	Operacional/Misional (Servicios Educativos y Cobranza)	Impacta el flujo de caja proveniente de la actividad principal.
Pérdida de información académica y administrativa por fallos en el respaldo de datos.	Tecnológico	Soporte (Gestión Documental/TI)	Se relaciona con la infraestructura y los sistemas de soporte de información crítica.
Cambios normativos en materia tributaria, laboral y de seguridad y salud en el trabajo.	Legal	Estratégico / Soporte (Cumplimiento/Legal)	Afecta la dirección general de la empresa y requiere adaptación de procesos de Soporte (Recursos Humanos, Contabilidad).
Cambio en el actual sistema Financiero	Financiero	Estratégico (Planeación Financiera)	Afecta las decisiones de alto nivel, proyección de ingresos y estrategia de capital.



Desactualización frente a nuevas tendencias y canales de marketing comercial	Estratégico	Estratégico / Operacional (Marketing y Ventas)	Impacta la visión de mercado y la forma en que se ejecuta la captación de clientes.
Desactualización frente a los avances en inteligencia artificial	Tecnológico	Estratégico (Innovación y Competitividad)	Afecta la capacidad de la empresa para mantenerse relevante y competitiva a largo plazo.
Dificultad para contratar y retener personal operativo técnico especializado para trabajos de campo	Operativo	Soporte (Gestión del Talento Humano)	Es un riesgo relacionado con los procesos internos de apoyo al personal.
Errores menores en la instalación de señales viales debido a falta de supervisión puntual.	Operativo	Operacional/Misional (Ejecución de Proyectos/Servicios)	Afecta directamente la calidad y el desarrollo de la actividad principal.
Incumplimiento de contratos con clientes o proveedores debido a cláusulas ambiguas o falta de seguimiento.	Legal	Operacional / Soporte (Contratación/Legal)	Puede originarse en fallos operativos, pero su impacto legal es en los procesos de Soporte (Gestión Legal).
Contratación de personal no calificado o no idóneo para cargos críticos, generando incumplimiento normativo y riesgos legales.	Legal	Soporte (Gestión del Talento Humano/Legal)	Afecta el proceso de selección, un proceso de apoyo crítico para la operación.
Fallas en los procesos operativos críticos que afectan la continuidad del servicio o producción.	Operativo	Operacional/Misional (Producción/Servicio)	Riesgo central que interrumpe la entrega de valor al cliente.
Falta de diferenciación frente a la competencia en productos o servicios ofrecidos.	Comercial	Estratégico (Definición de Portafolio y Mercado)	Se relaciona con el posicionamiento y la dirección estratégica de la empresa.



Fallas en la gestión y cumplimiento de los procesos de entrega de productos	Operativo	Operacional/Misional (Logística y Distribución)	Impacta el último eslabón de la cadena de valor (entrega).
Insuficiencia de liquidez y dificultad para evidenciar el flujo de caja operativo.	Financiero	Soporte (Contabilidad y Tesorería)	Se relaciona con la gestión de los recursos financieros internos y de apoyo.
Falta de estrategias comerciales efectivas y análisis de mercado oportuno.	Comercial	Estratégico (Planeación Comercial)	Afecta la capacidad de la empresa para crecer y penetrar el mercado.
Ausencia de un especialista actualizado en normativas legales y regulatorias aplicables para su correcta ejecución.	Legal	Soporte (Legal y Cumplimiento)	Afecta el proceso de apoyo que garantiza que la empresa opere dentro del marco legal.
Falta de medidas de seguridad adecuadas para los equipos tecnológicos y ausencia de capacitación continua para empleados en ciberseguridad y uso seguro de sistemas.	Tecnológico	Soporte (Gestión de TI/Seguridad)	Es un riesgo de la infraestructura y know-how de apoyo.
Fallas en la atención al cliente que generen mala experiencia y afecten la reputación del supermercado	Reputacional	Operacional/Misional (Servicio al Cliente)	La atención al cliente es parte del proceso de entrega del servicio o producto.
Gestión inadecuada de la comunicación digital y redes sociales, afectando la imagen y relación con los clientes.	Estratégico	Estratégico / Soporte (Marketing y Comunicaciones)	Afecta la imagen pública (Estratégico) gestionada por un proceso de Soporte (Comunicaciones).



Cambios frecuentes o no planificados por parte del cliente durante el desarrollo del proyecto	Financiero	Operacional/Misional (Gestión de Proyectos)	Afecta directamente la ejecución del servicio o producto contratado.
Variabilidad en el desempeño de los proveedores y en la calidad de los productos suministrados	Financiero	Operacional/Misional (Compras y Suministro)	Afecta el proceso de adquisición de insumos esenciales.
Ataques cibernéticos neutralizados (malware, phishing, ransomware)	Tecnológico	Soporte (Gestión de TI/Seguridad)	El riesgo se materializa en la infraestructura de soporte, aunque no cause impacto.
Comentarios negativos en redes sociales (algunos con razón y otros infundados)	Reputacional	Operacional / Soporte (Servicio al Cliente/Comunicaciones)	Impacta la reputación (Estratégico) a través de fallos en procesos Operacionales o de Soporte.
Derechos de petición no respondidos a tiempo	Legal	Soporte (Gestión Documental/Legal)	Es un riesgo relacionado con los procesos de administración y cumplimiento legal.
Incumplimiento normativo por cambios de ley (actividad económica distinta a la registrada)	Legal	Estratégico (Gobierno Corporativo/Legal)	Afecta la estructura fundamental y legal de la empresa.
Factores climáticos adversos (heladas)	Operativo	Operacional/Misional (Producción Agrícola)	Impacta directamente la actividad productiva primaria.
Falta de tierras para expansión productiva	Financiero	Estratégico (Planeación del Crecimiento)	Limita la capacidad de crecimiento y expansión, una decisión de alto nivel.
Tramitología excesiva y demoras en permisos	Legal	Estratégico / Soporte (Gestión Legal/Proyectos)	Afecta la capacidad de la empresa para ejecutar planes de crecimiento.
Pandemia con cese total de operaciones	Operativo	Operacional/Misional (Continuidad del Negocio)	Detiene la actividad principal de la empresa.

Tabla 5 Riesgos asociados a los procesos de Negocio



En las encuestas realizadas se evidenció que la mayoría de las PYMES no cuentan con una herramienta tecnológica, ni actualizan o revisan los planes de gestión de riesgos, lo que demuestra que se requiere fortalecer este tema dentro de los procesos de las empresas. A pesar de estas carencias, se pudo observar una percepción positiva con respecto a la importancia de la gestión del riesgo y el valor que puede aportar una herramienta tecnológica para la predicción de los riesgos.

Con respecto al nivel de conocimiento que poseen los colaboradores sobre la gestión de riesgos, se evidencio que los niveles son bajos o medios, e incluso varias empresas manifestaron que este aspecto no ha sido evaluado. Esto demuestra la necesidad de fortalecer las competencias técnicas y organizacionales en cuanto a la prevención y mitigación de riesgos.

En cambio, la mayor parte de las compañías encuestadas no emplean ningún instrumento tecnológico para administrar riesgos; y entre las escasas que sí lo hacen, predominan las que utilizan hojas de cálculo en Excel. Esto demuestra que existe la necesidad en la actualización de las herramientas para poder tener un mejor apoyo en la gestión de riesgos.

Asimismo, se evidenció que más del 20% de empresas encuestadas, han enfrentado riesgos significativos en los últimos 5 años, dentro del análisis se pudo evidenciar que los tipos de riesgos presentados fueron financieros, operativos, tecnológicos y legales. Los riesgos más comunes se relacionan con pérdida de información, fallas logísticas, cartera incobrable, incumplimientos contractuales, variabilidad normativa y riesgos reputacionales derivados de una gestión inadecuada de la comunicación o de la atención al cliente.

Las encuestas ayudaron a identificar los tipos riesgos más comunes que se han presentado en las empresas como: el comercial, estratégico, financiero, legal, logístico, reputacional y tecnológico. Generalmente, las acciones más frecuentes para reducir riesgos se enfocan en capacitar a los trabajadores, poner en marcha controles y protocolos preventivos, diversificar las estrategias comerciales y utilizar asesorías externas o apoyos tecnológicos.

Finalmente, se evidencio que las pymes están interesadas en fortalecer la gestión de riesgos y ven pertinente unan herramienta para la predicción del impacto de los riesgos. Sin embargo, la falta de conocimiento técnico, la baja digitalización y la ausencia de planes estructurados son



desafíos que deben abordarse para avanzar hacia una cultura de prevención más sólida, apoyada en soluciones digitales y procesos estratégicamente integrados.

Pruebas de la Aplicación

En las diferentes fases de diseño y desarrollo del software se realizaron varias pruebas con el fin de garantizar el cumplimiento de los requerimientos, el correcto funcionamiento de la aplicación y la integridad de los datos. A continuación, se nombran las pruebas realizadas

- **Pruebas Unitarias:**

En este tipo de pruebas se realizó la validación del correcto funcionamiento del CRUD de cada una de las interfaces y clases, en donde se evaluó individualmente cada uno de los métodos y su respuesta con diferentes escenarios. El objetivo principal de tipo de pruebas fue detectar errores en cuanto la lógica del código, asegurándonos que cada componente del software cumpliera con su función específica según los requerimientos establecidos en los mismos.

- **Pruebas de integración:**

Después de las pruebas unitarias, se procedió a realizar las pruebas de integración con el fin de probar la conexión y comunicación entre los diferentes módulos del sistema. En este tipo de pruebas se validó la conexión con la base de datos, la transferencia y recepción de los datos entre la base datos y nuestros controladores e interfaces, así mismo como la creación, actualización, eliminación y consulta de los datos. Las pruebas de integración nos ayudaron a confirmar el correcto flujo de información dentro de los diferentes componentes y la estabilidad de la aplicación.

- **Pruebas de validación y aceptación:**

Dentro de la fase de desarrollo de la aplicación se aplicaron pruebas de validación y aceptación en donde la aplicación estuvo en un proceso de validación por parte de algunas Pymes como Gateway Innovation Technologies SAS, CarlosMGalvis, y también participaron en estas pruebas



ingenieros industriales pertenecientes al grupo de investigación FODEIN de la Universidad Santo Tomás, seccional Bogotá. Durante esta fase se llevó a cabo revisión detallada de cada clase e interfaces de la aplicación, en donde los empresarios e ingenieros evaluaron aspectos funcionales, de usabilidad y pertinencia de los campos de cada una de las clases creadas, en donde realizaban observaciones y mejoras; y así mismos se atendían los mismos, realizando los ajustes pertinentes en cuanto al diseño y estructura de los componentes, en donde se agregaban o se eliminaban campos según las necesidades identificadas por cada uno de los expertos.

Las observaciones, sugerencias y revisiones que se hicieron mediante medios electrónicos están registradas en la sección de anexos (consulte Anexos 5, 6, 7, 8 y 9), lo cual muestra el proceso de evaluación del software y la documentación relacionada, realizado por expertos en el campo.

Entrenamiento y Evaluación

En el periodo de entrenamiento, los modelos modificaron sus parámetros internos (como las divisiones de árboles y los pesos, entre otros) con el objetivo de reducir al mínimo la discrepancia entre las predicciones y las etiquetas reales del conjunto de entrenamiento. Este ajuste se realizó con el propósito de mejorar la performance del modelo y así mostrar resultados más exactos.

Los modelos, después de ser entrenados, se evaluaron con los datos de prueba, que no se emplearon en el aprendizaje, lo cual posibilitó una evaluación imparcial.

Para medir el desempeño de cada uno de los modelos se calculó los siguientes ítems:

- Exactitud (accuracy): Este hace referencia al porcentaje de predicciones correctas sobre el total de casos.
- Precisión: La proporción de instancias clasificadas correctamente como positivas con respecto a las clasificadas como correctas.
- Recall (sensibilidad): La proporción de instancias positivas correctamente identificadas respecto al total de positivos.
- F1-score: La media armónica entre precisión y recall, que balancea ambos aspectos.



Estas métricas se calcularon para cada clase en nuestro caso para cada nivel de impacto por medio de la función `classification_report` de la librería Scikit-learn. Esto permitió identificar cuál fue el comportamiento de los modelos en cada categoría específica, analizando posibles sesgos o fallos en la identificación de riesgos críticos o moderados.

Resultados de la Evaluación

A continuación, se podrán observar los resultados de cada uno de los modelos:

Random Forest Accuracy: 0.83046875				
	precision	recall	f1-score	support
0	0.90	0.92	0.91	727
1	0.72	0.84	0.77	343
2	0.78	0.54	0.64	188
3	0.00	0.00	0.00	20
4	0.00	0.00	0.00	2
accuracy			0.83	1280
macro avg	0.48	0.46	0.47	1280
weighted avg	0.82	0.83	0.82	1280

Ilustración 85 Resultado Random Forest

XGBoost Accuracy: 0.8171875				
	precision	recall	f1-score	support
0	0.90	0.92	0.91	727
1	0.72	0.83	0.77	343
2	0.70	0.49	0.58	188
3	0.14	0.10	0.12	20
4	0.00	0.00	0.00	2
accuracy			0.82	1280
macro avg	0.49	0.47	0.47	1280
weighted avg	0.81	0.82	0.81	1280

Ilustración 86 Resultado XGBoost

LightGBM Accuracy: 0.8328125

	precision	recall	f1-score	support
0	0.90	0.93	0.92	727
1	0.74	0.83	0.78	343
2	0.74	0.54	0.63	188
3	0.50	0.15	0.23	20
4	0.00	0.00	0.00	2
accuracy			0.83	1280
macro avg	0.58	0.49	0.51	1280
weighted avg	0.83	0.83	0.83	1280

Ilustración 87 Resultado LightGBM

Métrica	Random Forest	XGBoost	LightGBM
Accuracy	0.8304	0.8171	0.8328
Macro Precision	0.48	0.49	0.58
Macro Recall	0.46	0.47	0.49
Macro F1-Score	0.47	0.47	0.51
Mejor Clase	Clase 0 (0.90)	Clase 0 (0.90)	Clase 0 (0.90)

Tabla 6 Resultados métodos ML

En los resultados se puede evidenciar que LightGBM alcanzó la mejor precisión global y un mejor balance en las métricas macro, lo que indica un mejor desempeño entre los modelos evaluados.

La clase de impacto más baja fue clasificada con alta precisión y recall (90% y superiores) por todos los modelos.

Se realizó la evaluación de métricas por medio de ROC-AUC, curvas por clase y calibración para el modelo de LightGBM con el fin de validar el rendimiento del modelo a nivel probabilístico. En esta revisión se validaron las curvas de ROC (Receiver Operating Characteristic) por cada una de las clases, también las curvas de Precision-Recall y las curvas de calibración de probabilidad, con el fin de observar la coherencia entre las probabilidades predichas por parte del modelo.



Las curvas de precisión Recall ayudaron a evaluar el rendimiento del modelo, en el cual se pudo observar que se tiene un desbalance en las clases de impacto más alto. Estas curvas permitieron analizar el comportamiento del modelo.

En la imagen de Cruvas Precision-Recall se puede observar que para las clases 0,1 y 2 se tiene un buen rendimiento, mientras que en las clases 3 y 4, se pueden observar curvas más irregulares debido a la escasez de datos para el entrenamiento del modelo

Como se puede observar en la gráfica se muestra el rendimiento del modelo para cada una de las clases.

- El eje Y representa la Precisión.
- Eje X representa la Exhaustividad o Sensibilidad.
- En las curvas cada línea de color corresponde a la curva Precision-Recall (P-R) para una clase específica, al variar el umbral de decisión del clasificador.
- El valor de AP (Average Precision) es una métrica que ayuda a resumir el rendimiento de cada clase.

Al observar los valores de AP y la forma de las curvas, puedes sacar las siguientes conclusiones sobre cómo LightGBM está prediciendo los diferentes niveles de impacto de riesgo:

Clase	AP (Average Precision)	Rendimiento	Análisis de la Curva	Implicación en el Negocio (ejemplo)
0	0.971	Excelente	El modelo es casi perfecto en identificar esta clase.	El modelo es muy bueno prediciendo impacto del riesgo en esta clase
1	0.812	Muy Bueno	Curva con alta precisión, pero cae levemente a alta exhaustividad.	El modelo tiene un rendimiento sólido en identificar el impacto de esta clase.
2	0.645	Aceptable	La precisión cae notablemente a medida que aumenta la exhaustividad	Hay un trade-off notable: para capturar más casos reales de la Clase 2, el



			modelo tiene que sacrificar significativamente la precisión (aumentando falsos positivos).
4	0.500	Pobre/ Regular	El AP es bajo y la curva es plana o con una leve pendiente positiva. El rendimiento es comparable a un clasificador aleatorio para esta clase. El modelo tiene dificultades para distinguir esta clase correctamente.
3	0.196	Muy Pobre	El valor de AP más bajo. La curva es muy volátil y se mantiene muy cerca del eje X. El modelo no está aprendiendo bien los patrones para la Clase 3.

Tabla 7 Valores de AP y la forma de las curvas



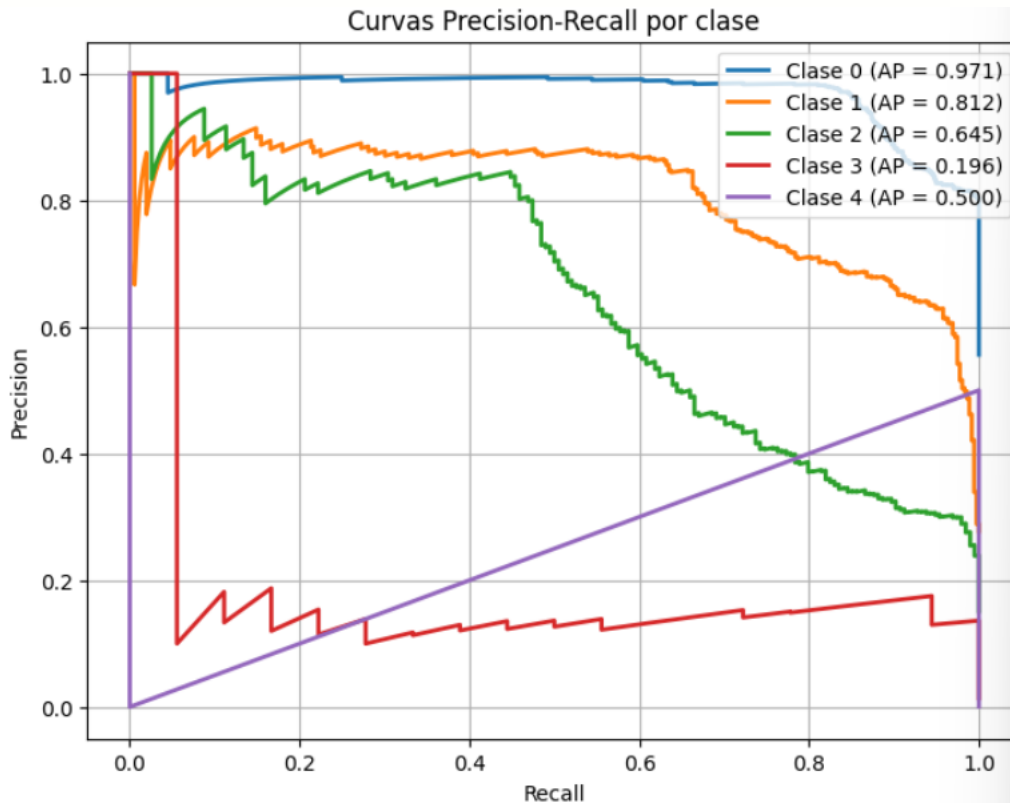


Ilustración 88 Curvas Precision - Recall por clase

Las curvas de ROC se realizaron para cada clase por medio del enfoque One-vs-Rests, con el fin de observar la capacidad que tiene el modelo para separar correctamente cada una de las clases.

Para esto se validó el desempeño global del modelo en donde se calcularon los valores ROC-AUC micro y macro, donde se puede observar que la capacidad de discriminación global es muy buena, en donde el valor macro fue igual a 0.94 y la micro de 0.97, como se puede observar en la siguiente imagen

ROC-AUC (macro, OvR): 0.9488
ROC-AUC (micro, OvR): 0.9717

Ilustración 89 Valores ROC-AUC global

El valor ROC-AUC macro promedia el desempeño de todas las clases por igual, el cual indica que en promedio el modelo separa bien las clases y el ROC-AUC micro es la que valida las predicciones a nivel global.

A continuación, se podrá observar el desempeño por categoría, en donde se evidencia que la clase 0 y 1 tienen un mejor desempeño y el modelo logra identificarlas en la mayoría de casos correctamente. La clase 2 obtuvo un resultado moderado con una precisión aceptable y la clase 3 y 4 tienen un desempeño bajo debido a que solo se obtuvieron 18 muestras en el dataset para la clase 3 y 1 muestra para clase 4.

Clase	precision	recall	f1-score	support
0	0.8703	0.9130	0.8912	713
1	0.7154	0.7697	0.7415	356
2	0.6857	0.4948	0.5749	194
3	0.1000	0.0556	0.0714	18
4	0.0000	0.0000	0.0000	1
accuracy			0.7972	1282
macro avg	0.4743	0.4466	0.4558	1282
weighted avg	0.7879	0.7972	0.7895	1282

Tabla 8 Desempeño por categoría

Como se puede observar en la imagen 90 se realizó una gráfica de curvas ROC con el fin de mostrar el rendimiento del clasificador binario a medida que varía el umbral de discriminación. En este contexto multiclase, cada una de las curvas representa la capacidad del modelo para distinguir una clase específica de todas las demás clases combinadas.

- Eje Y (True Positive Rate - TPR): Es la proporción de casos positivos reales que se identificaron correctamente en el modelo.
- Eje X (False Positive Rate - FPR): Es la proporción de casos negativos reales que se identificaron incorrectamente como positivos (Tasa de Falsas Alarmas).



- Línea Diagonal: La línea discontinua a 45 grados representa el rendimiento de un clasificador aleatorio ($AUC = 0.5$). Cuanto más alejada y hacia la esquina superior izquierda esté una curva, mejor es el rendimiento del modelo para esa clase.

El Área Bajo la Curva (AUC) es la métrica principal. Esta representa la probabilidad de que el clasificador ordene aleatoriamente un ejemplo positivo por encima de un ejemplo negativo. Un AUC cercano a 1.0 indica un rendimiento excelente.

Clase	AUC	Rendimiento
0	0.999	Excelente/Casi Perfecto. El modelo distingue esta clase de las demás con una precisión extremadamente alta.
1	0.967	Muy Bueno. El modelo es muy efectivo para identificar esta clase.
2	0.957	Muy Bueno. Similar a la Clase 0, con un rendimiento robusto.
3	0.932	Bueno. El rendimiento sigue siendo alto, pero es la segunda clase con menor AUC.
4	0.890	Satisfactorio/El más bajo. Aunque sigue siendo un buen AUC, es la clase más difícil de distinguir para el modelo en comparación con las demás.

Tabla 9 Valores Rendimiento por Clase

Rendimiento Promedio

- Micro-average AUC (0.972): Este promedio se calcula a nivel de todas las predicciones individuales de las clases (aplanando los vectores binarios). Al estar muy cerca de 1.0, indica que el modelo LightGBM tiene una excelente capacidad predictiva general en el conjunto de prueba para el impacto del riesgo en los procesos de negocio.



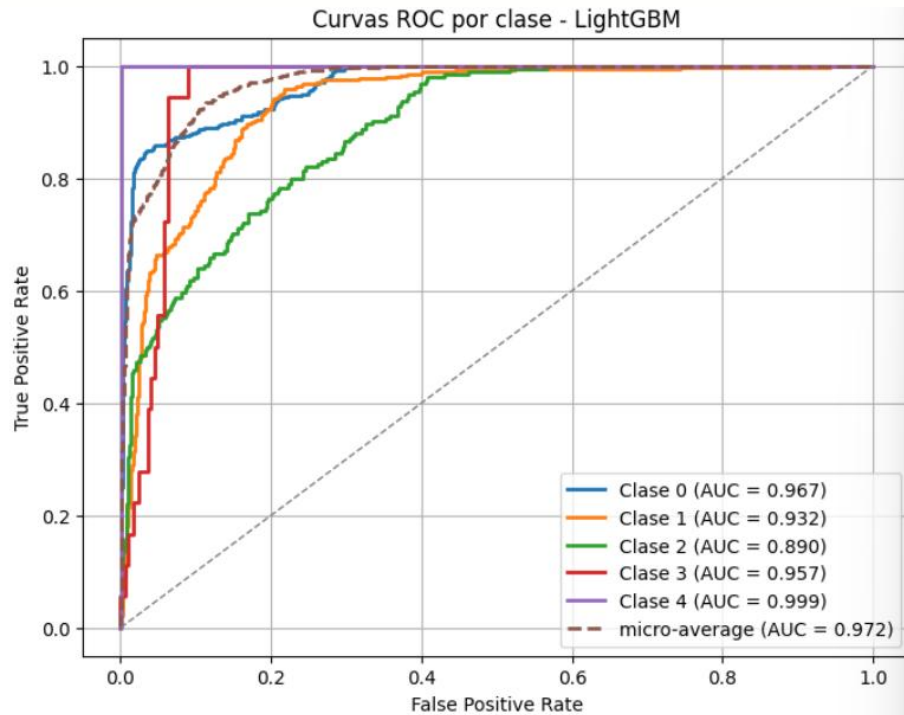


Ilustración 90 Curvas de ROC por clase

El desempeño general demuestra un alto poder discriminatorio para diferenciar los distintos niveles de riesgo empresarial, ya que todas las curvas se encuentran muy por encima de la línea de azar (0.5), y el AUC micro-average es de 0.972. Sin embargo, la clase 4 es la más fácil de predecir.

Además, también se utilizó la técnica de validación cruzada estratificada, con el fin de evaluar el desempeño de los modelos de clasificación mencionados anteriormente, en el cual se estimó la capacidad predictiva de un modelo sobre datos no vistos, mitigando el riesgo de sobreajuste (overfitting). Su objetivo es obtener una evaluación robusta y generalizable del rendimiento del modelo.

Para esta evaluación se realizó la validación cruzada de tipo k-fold estratificada con k=5 pliegues, en donde:

- El dataset se dividió en cinco subconjuntos ("folds") conservando la proporción original de cada clase objetivo aplicando el muestreo estratificado, donde se garantizó que cada fold tuviera un balance según el conjunto de datos.
- En cada una de las cinco iteraciones, se usó cuatro folds para entrenar el modelo y el restante se tomó para evaluar la precisión (accuracy) del modelo en datos no vistos.
- Este proceso se repitió rotando el fold usado para evaluación, teniendo como resultado cinco valores de accuracy.
- Se calculó la media y desviación estándar para estimar el rendimiento promedio y la variabilidad del modelo bajo las diferentes folds.

```
# Limpiar nombres de columnas para evitar caracteres inválidos en LightGBM
X_encoded.columns = X_encoded.columns.str.replace('[^A-Za-z0-9_]+', '_', regex=True)

# Crear folds estratificados para mantener la proporción de clases
skf = StratifiedKFold(n_splits=5, shuffle=True, random_state=42)

# Inicializar modelos
rf = RandomForestClassifier(n_estimators=100, random_state=42)
xgb = XGBClassifier(eval_metric='mlogloss', random_state=42)
lgbm = lgb.LGBMClassifier(random_state=42)

# Validación cruzada
rf_scores = cross_val_score(rf, X_encoded, y, cv=skf, scoring='accuracy')
xgb_scores = cross_val_score(xgb, X_encoded, y, cv=skf, scoring='accuracy')
lgbm_scores = cross_val_score(lgbm, X_encoded, y, cv=skf, scoring='accuracy')

print(f"Random Forest CV Accuracy: {rf_scores.mean():.4f} +/- {rf_scores.std():.4f}")
print(f"XGBoost CV Accuracy: {xgb_scores.mean():.4f} +/- {xgb_scores.std():.4f}")
print(f"LightGBM CV Accuracy: {lgbm_scores.mean():.4f} +/- {lgbm_scores.std():.4f}")
```

Ilustración 91 Validación cruzada

Random Forest CV Accuracy: 0.8094 +/- 0.0080
XGBoost CV Accuracy: 0.8028 +/- 0.0085
LightGBM CV Accuracy: 0.8008 +/- 0.0119

Ilustración 92 Resultado validación cruzada



Los valores promedio de precisión y desviación estándar obtenidos fueron los siguientes:

Modelo	Precisión promedio	Desviación estándar
Random Forest	80.94%	0.80%
XGBoost	80.28%	0.85%
LightGBM	80.08%	1.19%

Tabla 10 Resultado validación cruzada

En la tabla se puede apreciar que los tres modelos tienen rendimientos parecidos, siendo Random Forest un poco más preciso de media; además, las bajas desviaciones estándar indican que los modelos son estables y constantes.

A pesar de ser mínimas, las discrepancias numéricas entre los modelos indican que LightGBM presenta un leve beneficio en el caso particular del conjunto de datos y de las características analizadas.

Aunque los tres modelos mostraron resultados comparables en términos de precisión global, se decidió usar LightGBM como modelo predictivo por los siguientes motivos

- LightGBM mostró un mejor desempeño balanceado en métricas en precisión macro (0.58), recall macro (0.49) y F1-score macro (0.51) frente a Random Forest y XGBoost que obtuvieron valores entre 0.47 y 0.49. Estas métricas indican que LightGBM es más efectivo para clasificar más acertadas todas las clases.
- A pesar de que el accuracy promedio en la validación cruzada fue más bajo que el de Random Forest (80.08% frente a 80.94%), la precisión total de LightGBM resultó ser un poco más alta (83.28% frente a 83.04%), lo cual demuestra que este modelo tiene mejor rendimiento en términos de precisión global.
- LightGBM gestiona de manera nativa las variables categóricas, lo que facilita el preprocesamiento y optimiza la exactitud. Asimismo, su arquitectura posibilita una capacitación más rápida y escalable que la de otros modelos, lo cual hace que sea más fácil implementarla en distintos contextos



Por último, para completar la evaluación general a través de métricas, se creó y examinó la matriz de confusión del modelo LightGBM, que demostró tener el mejor desempeño.

```
from sklearn.metrics import confusion_matrix, ConfusionMatrixDisplay
import matplotlib.pyplot as plt

# Matriz de confusión para LightGBM
cm = confusion_matrix(y_test, lgbm_pred)
disp = ConfusionMatrixDisplay(confusion_matrix=cm,
                              display_labels=['Unlikely', 'Occasional', 'Moderate', 'Frequent', 'Constant'])

disp.plot(cmap=plt.cm.Blues)
plt.title('Matriz de Confusión - LightGBM')
plt.show()
```

Ilustración 93 Código matriz de confusión



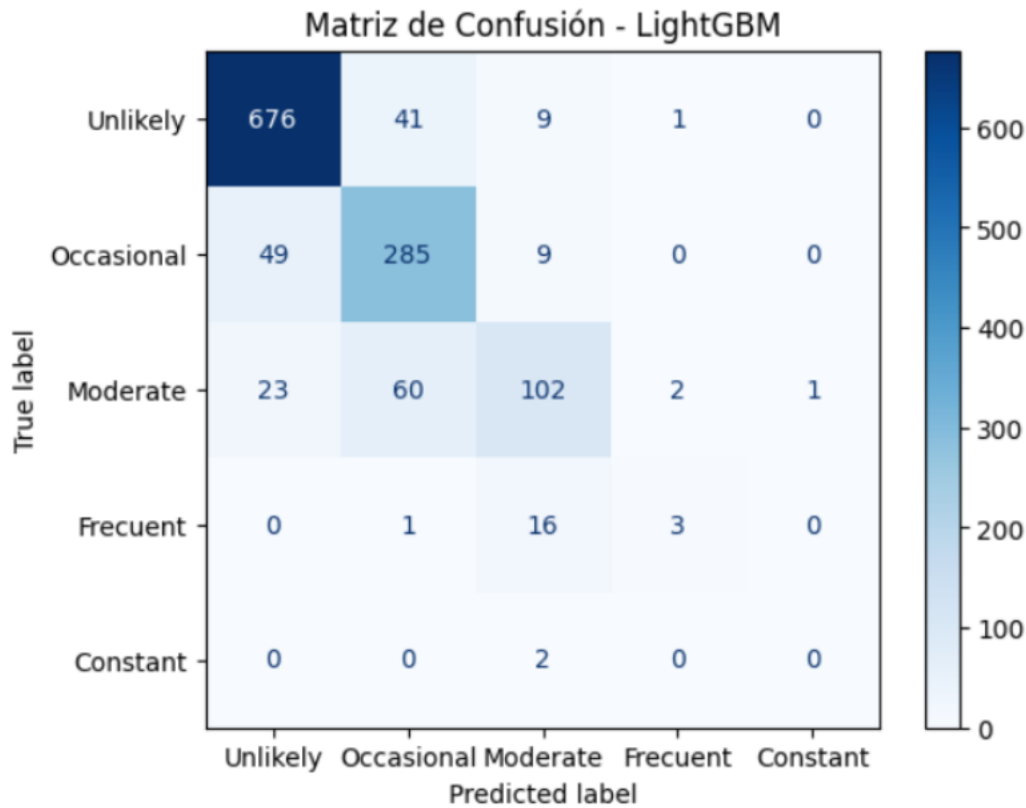


Ilustración 94 Matriz de confusión

Como se puede apreciar en la matriz de confusión se puede observar que

El modelo clasifica correctamente la mayoría de las instancias en las clases "Unlikely" con 676 aciertos, "Occasional" con 285 aciertos y "Moderate" con 102 aciertos.

Existen confusiones principalmente entre clases vecinas como, por ejemplo, muchos riesgos moderados fueron clasificados erróneamente como ocasionales, y viceversa. El modelo tiene dificultades para identificar las clases "Frecuent" y "Constant", debido a la escasez de datos con este tipo de clases.

Con el fin de tener un marco experimental reproducible, se ha implementado el mismo, el cual permite la ejecución directa del modelo de Machine Learning desarrollado para la predicción del impacto de riesgo. El Manual se encuentra en el Anexo 4, donde se detalla el procedimiento para ejecutar el modelo ONNX y predecir el impacto de un nuevo riesgo. Este manual incluye el enlace al entorno ejecutable y las instrucciones paso a paso para la manipulación de los datos de entrada.

Fase 6: Despliegue

Para esta fase se utilizó Jenkins que permite el despliegue continuo de la aplicación, este recibe eventos Webhook de GitHub para desplegar las nuevas versiones de la aplicación que se encuentren en la rama deploy. Los componentes de la aplicación se almacenan en contenedores Docker y conecta con una base de datos MariaDB. Se utilizó NGinx como proxy reverso y servidor web. Toda la infraestructura se implementó en una instancia Amazon EC2 para permitir el acceso online de la aplicación.

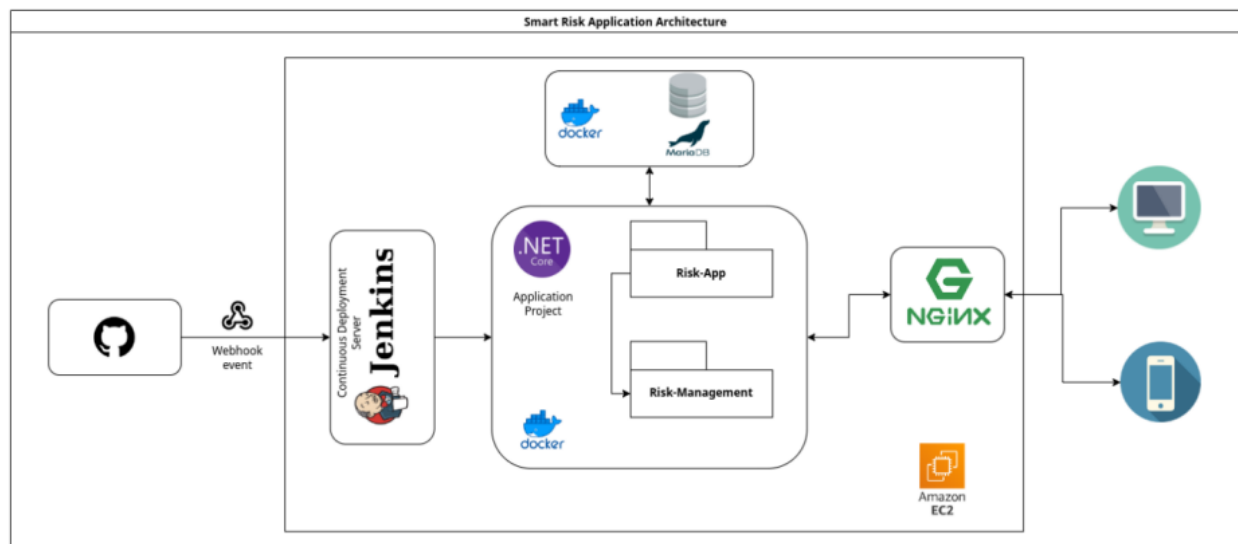
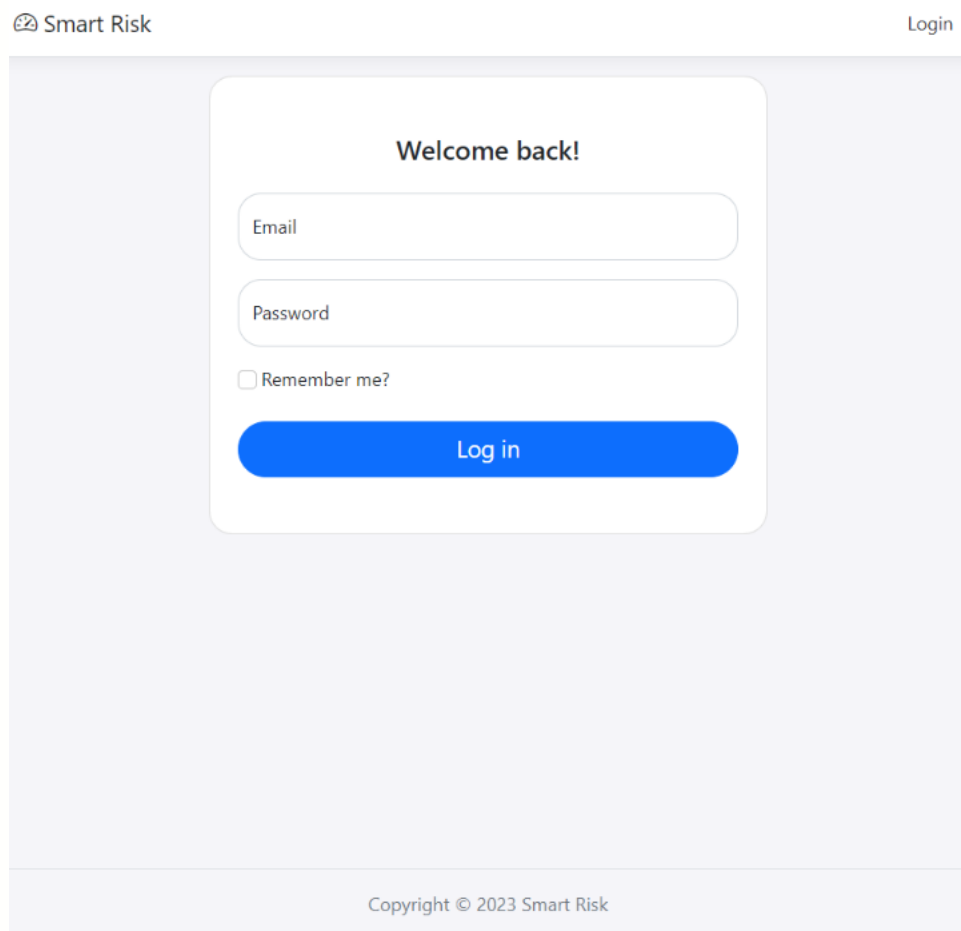


Ilustración 95 Diagrama de arquitectura. Tomado de (Pérez, 2023)

El despliegue de esta herramienta se realizó en un servidor de AWS el cual se podrá ingresar por medio de este enlace <https://smart-risk.tech/Identity/Account/Login>

A continuación, se muestran algunas de las interfaces del aplicativo ya desplegado.

Login:



The image shows a web browser window with the title "Smart Risk" and a "Login" tab. The main content area is a light purple box containing a white rounded rectangle. Inside this rectangle, the text "Welcome back!" is centered at the top. Below it are two input fields: "Email" and "Password". Under the "Password" field is a checkbox labeled "Remember me?". At the bottom of the white rectangle is a blue button with the text "Log in". At the bottom of the light purple box, the text "Copyright © 2023 Smart Risk" is displayed.

Ilustración 96 Login

Menú Principal:

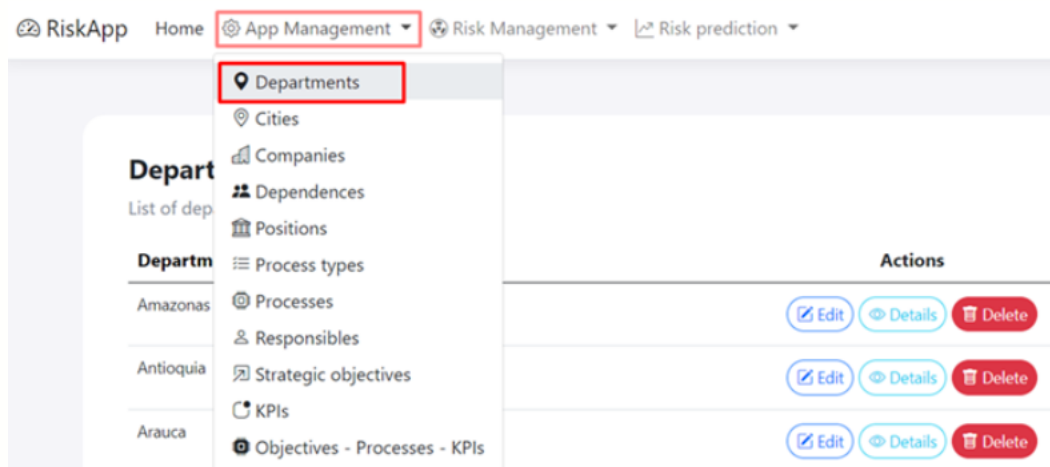


Ilustración 97 Menú Principal

Lista de departamentos

Departments	
List of departments	
Department name ↓↑	Actions
Amazonas	Edit Details Delete
Antioquia	Edit Details Delete
<u>Arauca</u>	Edit Details Delete
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Edit Details Delete

Ilustración 98 Lista Departamentos

Detalle de departamento

Department details

Details for Arauca

Department name
Arauca

Show all
Edit

Ilustración 99 Detalle Departamentos

Crear un departamento

Departments

List of departments

Department name ↓↑	Actions
Amazonas	Edit Details Delete
Antioquia	Edit Details Delete
Arauca	Edit Details Delete
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Edit Details Delete
Atlántico	Edit Details Delete
Bogotá	Edit Details Delete
Bolívar	Edit Details Delete
Boyacá	Edit Details Delete

Add New

Ilustración 100 Crear Departamento

Add a new department

Department create form

Department name

Boyacá

Show all

Create

Ilustración 101 Crear Departamento Parte 2

Actualizar un departamento

Update department

Department update form

Department name

Arauca

Show all

Update

Ilustración 102 Actualizar Departamento

Eliminar un departamento

Delete department

Delete department confirmation

Department name
Bogotá

Show all

Confirm

Ilustración 103 Eliminar Departamento

Dashboard:

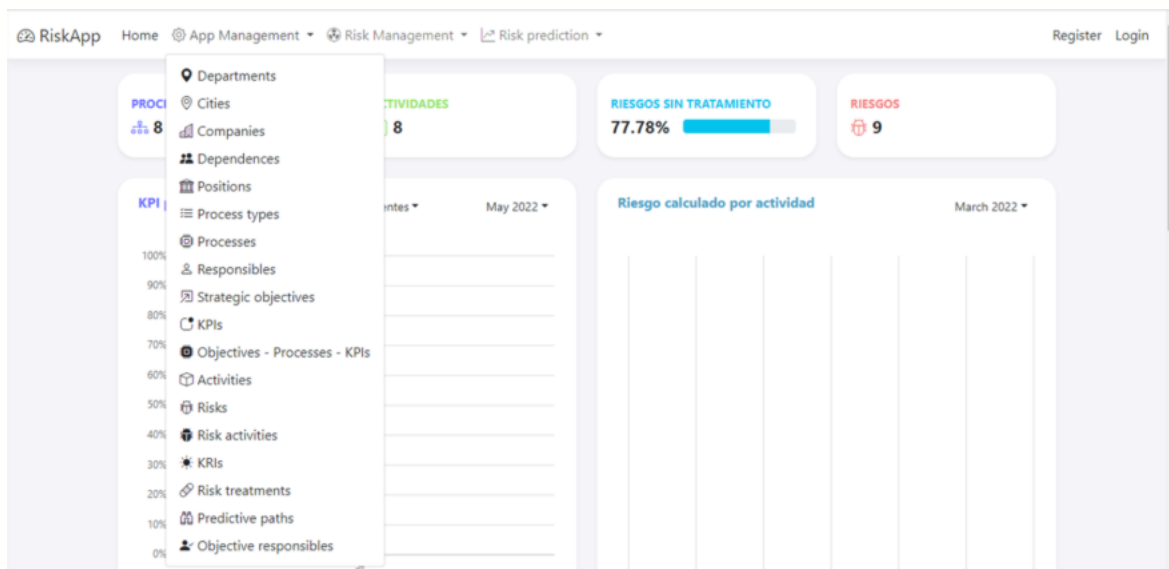


Ilustración 104 Dashboard

Reportes:

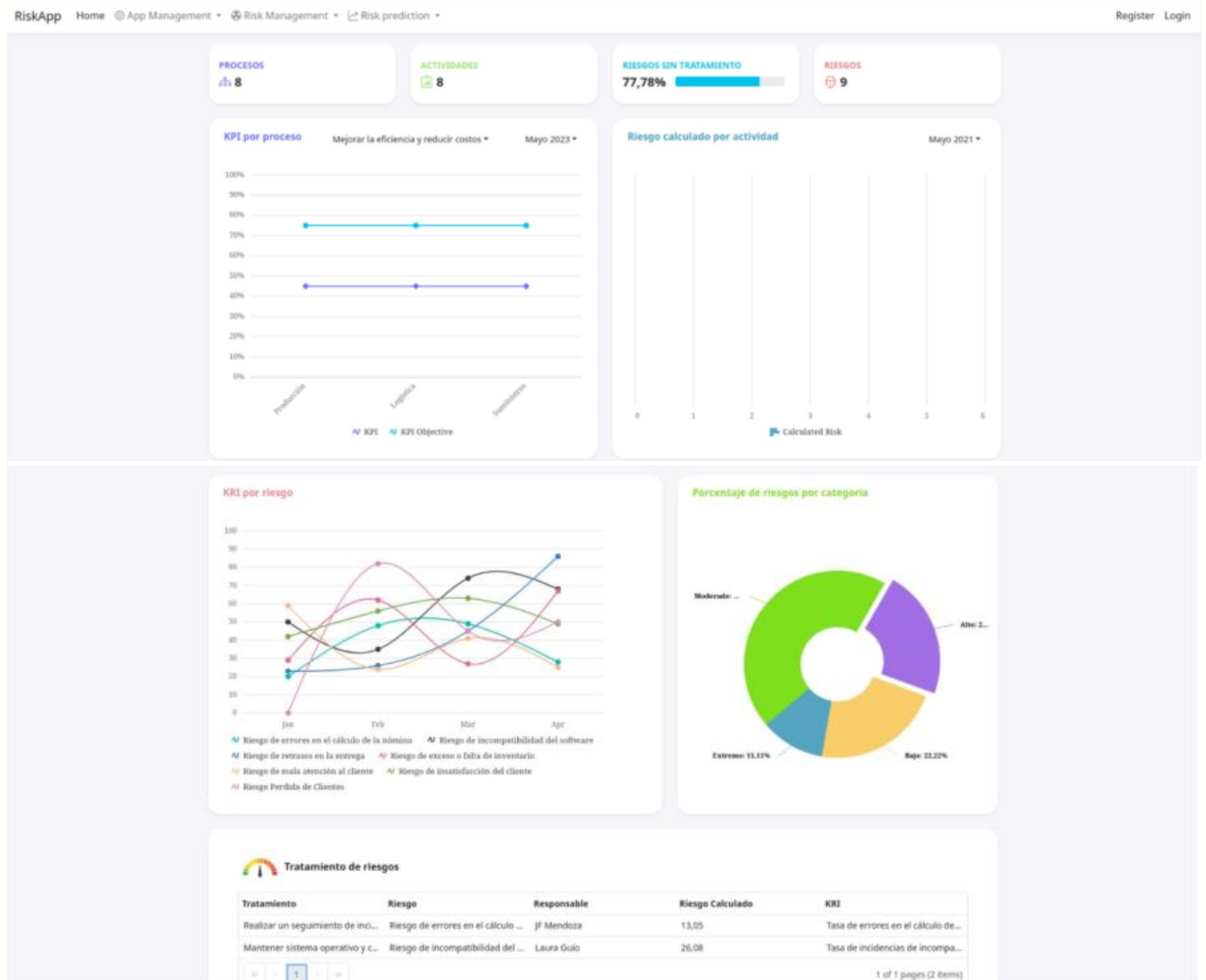


Ilustración 105 Reportes

CONCLUSIONES

Esta investigación permitió la construcción de la primera versión de un software para la gestión de riesgos empresariales enfocado en PYMES utilizando Machine Learning para la predicción del impacto de sus riesgos. La necesidad de la construcción de este tipo de sistemas fue evidente como resultado de las entrevistas y encuestas aplicadas a empresas de la ciudad de Tunja principalmente. Debido a los retos económicos que presenta una micro, pequeña o mediana empresa, generar soluciones que permitan la toma de decisiones estratégicas basadas en estadísticas reales y considerando escenarios pasados, es de gran utilidad para el sector empresarial actual.

Se ofrece a la comunidad empresarial y científica una herramienta web para administrar y prever el riesgo en los ambientes empresariales, poniendo un foco especial en las pequeñas y medianas empresas (Pymes), como resultado del proceso de investigación y desarrollo.

Esta aplicación incluye varias funciones, entre las que sobresalen el módulo de predicción de riesgos, la gestión de riesgos y la visualización de métricas por medio de un dashboard. Estas características permiten consolidar información crucial para tomar decisiones estratégicas en cuanto a prevención y mitigación de riesgos.

La administración del riesgo se lleva a cabo a través de un dashboard que presenta indicadores como el tipo de riesgo relacionado, la probabilidad de ocurrencia y el grado de impacto; esto permite examinar las circunstancias internas de la compañía y priorizar acciones correctivas.

Cada vez son más las empresas y los modelos de negocio que se interesan por involucrar técnicas de inteligencia artificial para lograr la optimización de sus procesos y recursos. A pesar de que Tunja, Boyacá se considere una ciudad más tradicional, la muestra poblacional tomada evidencia la creciente búsqueda por parte de los empresarios de estrategias que los impulsen a lograr de manera más sistemática y supervisada la consecución de sus objetivos estratégicos; menos del 15% de la muestra poblacional de la encuesta consideran que una herramienta de predicción no sumaría a sus procedimientos internos.

Se evidenció que el mayor obstáculo que presentan las PYMES para acceder a otro tipo de sistema más automatizado es el costo que esto puede traer consigo, además de la dificultad de migración de la información del método que estén usando a la nueva plataforma; además, estas empresas que ya implementan consigo algún método de gestión de riesgos, no han presentado riesgos potencialmente peligrosos cuya frecuencia e impacto hayan puesto o estén poniendo en



riesgo sus operaciones. Las previas situaciones expresan las brechas que quedan abiertas en el presente proyecto, un análisis futuro de la mejor manera de reducir los costos para que las micro, pequeñas y medianas empresas puedan tener mayor facilidad de acceso a la herramienta desarrollada y además la consolidación de un dataset que reúna más riesgos frecuentes y severos para mejorar la predicción del modelo desarrollado.

En lo que respecta a la predicción de riesgos, para el software se entrenaron y evaluaron tres modelos de aprendizaje automático supervisado: XGBoost, LightGBM y Random Forest. A partir de información sintética y real obtenida a través de encuestas realizadas a Pymes.

Los resultados evidenciaron un rendimiento firme en términos de precisión y habilidad para generalizar, obteniendo los valores de exactitud siguientes: LightGBM (83.28 %), Random Forest (83.04 %) y XGBoost (81.71 %).

Con un F1-Score de 0.51 y una precisión macro de 0.58, LightGBM fue el modelo que tuvo mejor rendimiento global, demostrando equilibrio entre la capacidad de clasificación y la exactitud para las distintas categorías de impacto del riesgo. En los tres modelos, la Clase 0 (Poco probable, poco frecuente) fue la que mostró el desempeño más alto con una precisión de 0.90, lo que indica que los escenarios con bajo impacto se identificaron correctamente.

LightGBM resultó un modelo adecuado debido a sus características relacionadas con una alta velocidad, el manejo de memoria, la precisión y la escalabilidad que presentan con datasets grandes como lo es el caso de un dataset de riesgos empresariales. La selección inteligente de las muestras más relevantes del dataset hacen que su entrenamiento sea eficiente, además que permiten la construcción de árboles más profundos debido a que su expansión se desarrolla hoja por hoja, no nivel por nivel lo cual se traduce en un mejor rendimiento y resultados predictivos eficientes. El manejo de memoria que realiza se basa en histogramas binarios que aceleran sus cálculos internos, además que el manejo de las variables categóricas de manera nativa evita la aplicación de métodos como one-hot encoding.

Los resultados de las encuestas aplicadas a los empresarios indican que las Pymes tienen una actitud positiva hacia el uso del piloto de la aplicación diseñada para gestionar los riesgos en las empresas. El 25,6% de las 90 compañías encuestadas mostró interés en participar activamente en la prueba piloto; el 18,9% expresó que posiblemente lo haría. Esto indica que el 44,5% de las empresas están dispuestas a adoptar y validar la herramienta tecnológica.



En cambio, el 9% de las compañías afirmaron que no se involucrarían, mientras que el 46,7% pertenece a empresas situadas en localidades diferentes a Tunja. Esto evidencia que hay interés por la innovación tecnológica en la gestión de riesgos más allá de los límites locales y podría extenderse a otras áreas. Si bien el software y el objetivo principal del proyecto se centraron en Tunja, ciudad a la que se aplicó la mayor parte de las encuestas a empresas de esa región, fue esencial incorporar entidades de otras zonas de Colombia para consolidar la recolección de información sobre riesgos empresariales. Esta decisión fue tomada debido a diferentes razones: el poco tiempo disponible de algunas Pymes para participar en la encuesta, el recelo por compartir información de riesgos (temiendo por su reputación) y su falta de conocimiento o familiaridad con los conceptos relacionados con la gestión del riesgo, lo que hizo más difícil llenar el instrumento por completo. La inclusión de respuestas de diversas regiones posibilitó una visión más extensa y variada acerca de la realidad del riesgo en el entorno empresarial colombiano.

El software puede ser aplicado en diferentes latitudes debido a su concepción en el levantamiento de requisitos y diseño, etapas de creación del software que tuvo Stakeholders de distintas disciplinas, específicamente Ingenieros Industriales. Sin embargo, las particularidades de cada organización se recomienda el reentrenamiento del modelo de Machine Learning para ajustarlo a los perfiles de riesgo particulares de cada zona. Por lo tanto, expandir geográficamente el sistema no solo es factible, sino que también posibilita la implementación de mejoras metodológicas en el futuro y el desarrollo de un modelo más sólido y representativo del ambiente empresarial del país.

En términos generales, los resultados demuestran que casi la mitad de las compañías encuestadas tienen una postura positiva frente a la puesta en marcha de soluciones digitales para gestionar riesgos. Esto confirma la importancia y el valor del instrumento sugerido, así como su capacidad de ampliación y aplicación en diversos escenarios empresariales.

También se expresa la necesidad de un entrenamiento al personal empresarial sobre la detección, análisis y prevención de riesgos ya que el 34.5% de las 90 empresas encuestadas afirmaron que sus colaboradores poseían un nivel bajo o nulo de conocimiento en materia de riesgos y el 24.4% no han realizado una introspección de su empresa en este tema.

Este proyecto contribuye a cerrar varias brechas existentes a nivel nacional y latinoamericano en materia de gestión y predicción de riesgos en las pymes. En primer lugar, se responde a la falta de software especializado en riesgos, las herramientas disponibles en el mercado suelen integrar múltiples módulos generales de gestión empresarial, pero no se especializan solo en la predicción del impacto del riesgo mediante técnicas de aprendizaje automático, lo que limita su



utilidad para las pymes. La implementación y la obtención de licencias para muchas de estas soluciones son costosas, lo que hace difícil que las empresas las adopten y están pensadas para compañías grandes.

Asimismo, se discute la brecha generada por la falta de datos públicos y particulares para capacitar modelos predictivos en este campo. Con el fin de sobrepasar esta dificultad, este trabajo creó un conjunto de datos propio, en el que se emplearon métodos para gestionar la falta de información, entre ellos la creación de datos sintéticos y la elaboración de una encuesta específica para las PYMES. El desarrollo de una herramienta informática accesible para gestionar y predecir el impacto del riesgo en los procesos de negocio reduce barreras económicas y tecnológicas, ampliando las posibilidades de que las pymes de la región tengan acceso a esta aplicación para la gestión y predicción del impacto en los riesgos en los procesos empresariales.

El informe técnico y la herramienta desarrollada están resguardados por la Dirección Nacional de Derechos de Autor (DNDA) mediante el registro número 13-101-145, del 6 de diciembre del año 2024. De esta manera se asegura que el producto y sus elementos tecnológicos sean propiedad intelectual.

En resumen, esta propuesta es una importante contribución para el fortalecimiento de la gestión del riesgo empresarial, ya que combina técnicas de análisis predictivo, inteligencia artificial y visualización interactiva. Esto permite a las Pymes prever eventos de riesgo, mejorar sus procesos internos y tomar decisiones fundamentadas en datos en un entorno económico cambiante y muy competitivo.

La gestión de riesgos en entornos empresariales es un tema cuya extensión es compleja de abordar; el mundo empresarial es sin duda volátil, lo que genera mayor dificultad en la consecución de patrones que permitan la predicción de riesgos, incluyendo la gran variedad de sectores económicos cuyo manejo no es estándar. El presente proyecto es un punto de partida que reúne las opiniones, experiencias y conocimientos de diversos sectores y profesiones sobre el entorno empresarial actual y las necesidades que presentan.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acerca de GitHub y Git - Documentación de GitHub. (n.d.). Retrieved May 28, 2024, from <https://docs.github.com/es/get-started/start-your-journey/about-github-and-git>
2. Al-Anqoudi, Y., Al-Hamdani, A., Al-Badawi, M., & Hedjam, R. (2021). Using machine learning in business process re-engineering. In *Big Data and Cognitive Computing* (Vol. 5, Issue 4). MDPI. <https://doi.org/10.3390/bdcc5040061>
3. Ahmad, Siti Aminah y Teo, Poh-Chuin. The Implementation of Enterprise Risk Management (ERM) Frameworks in Small and Medium Enterprises (SMES): A Literature Review. En: International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences [en línea]. 4, septiembre, 2024. vol. 14, no. 9. Disponible en Internet: <https://doi.org/10.6007/ijarbss/v14-i9/22353>. ISSN 2222-6990.
4. Ayuni, Ni Wayan & Utthavi, Wayan & Lasmini, Ni. (2024). Artificial Neural Networks: A Deep Learning Approach in Financial Distress Prediction. 10.2991/978-94-6463-587-4_12.
5. Baca Valles, J. M., & Chavez Lara, K. G. (2024). Guía de uso para mejorar el trabajo colaborativo en la etapa de casco de un proyecto de infraestructura educativa en Lima, con la incorporación del aplicativo Trello en el Last Planner System.
6. Cámara de Comercio de Tunja. (2025). Boyacá en Cifras 2024.
7. Castro-Rivera, V. P., Herrera-Acuña, R. A., & Villalobos-Abarca, M. A. (2020). Development of a web software to generate management plans of software risks. *Información Tecnológica*, 31(3), 135–148. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000300135>
8. Confecámaras. (2024, enero 15). En 2024 se crearon 297.475 empresas, 2,8 % menos que en 2023. La República
9. Crovini, C., Ossola, G., & Britzelmaier, B. (2021). How to reconsider risk management in



- SMEs? An Advanced, Reasoned and Organized Literature Review. *European Management Journal*, 39(1), 118–134. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2020.11.002>
10. Dvorsky, J., Belas, J., Gavurova, B., & Brabenec, T. (2021a). Business risk management in the context of small and medium-sized enterprises. *Economic Research-Ekonomska Istrazivanja*, 34(1), 1690–1708. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2020.1844588>
11. Dyakonova, E. v., & Odinokov, S. A. (2021). Risk Simulation Based on Variational Bayesian Neural Network in Integrated Management Systems. *Proceedings of the 2021 IEEE International Conference “Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies”, T and QM and IS 2021*, 20–22. <https://doi.org/10.1109/ITQMIS53292.2021.9642831>
12. Ferreira de Araújo Lima, P., Crema, M., & Verbano, C. (2020). Risk management in SMEs: A systematic literature review and future directions. *European Management Journal*, 38(1), 78–94. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2019.06.005>
13. Goel, P., Datta, A., & Mannan, S. (2017). *Application of Big Data analytics in process safety and risk management*. 1143–1152. <https://doi.org/10.1109/BigData.2017.8258040>
14. Información general de ASP.NET Core MVC | Microsoft Learn. (n.d.). Retrieved April 28, 2024, from <https://learn.microsoft.com/es-es/aspnet/core/mvc/overview?view=aspnetcore-8.0>
15. Jomthanachai, S., Wong, W. P., & Lim, C. P. (2021). An Application of Data Envelopment Analysis and Machine Learning Approach to Risk Management. *IEEE Access*, 9, 85978–85994. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3087623>
16. Joshi, S. (2025). The synergy of generative AI and big data for financial risk: Review of recent developments. *IJFMR-International Journal For Multidisciplinary Research*, 7(1).
17. Juárez, R. A. A., Guevara, M. L. G., Balcázar, J. E. J., Gallo, M. L. C. E., Gutierrez, H. L. C., Carlos, J., ... & Colonia, C. U. (2024) *Ciencia de datos en sistemas de gestión de*



- riesgos: Enfoque hacia la minería de datos.
18. Kaggwa, S., Eleogu, T. F., Okonkwo, F., Farayola, O. A., Uwaoma, P. U., & Akinoso, A. (2024). AI in decision making: transforming business strategies. *International Journal of Research and Scientific Innovation*, 10(12), 423-444.
 19. Kratsch, W., Manderscheid, J., Röglinger, M., & Seyfried, J. (2021). Machine Learning in Business Process Monitoring: A Comparison of Deep Learning and Classical Approaches Used for Outcome Prediction. *Business and Information Systems Engineering*, 63(3), 261–276. <https://doi.org/10.1007/s12599-020-00645-0>
 20. Kuprina, N., Markova, T., Baraniuk, K., & Stupnytska, M. (2021). Formation of an integrated approach to conducting financial analysis of the company's equity based on aspects of information management. *Journal of Information Technology Management*, 13, 62–714. <https://doi.org/10.22059/JITM.2021.80737>
 21. Lin, E. M. H., Sun, E. W., & Yu, M. T. (2020). Behavioral data-driven analysis with Bayesian method for risk management of financial services. *International Journal of Production Economics*, 228. <https://doi.org/10.1016/j.iipe.2020.107737>
 22. Liu, Y., Zhang, Q., & Sun, W. (2022). Corporate Finance Risk Prediction Based on LightGBM. *Information Sciences*, 610, 842–857
 23. Lu, L., Goerlandt, F., Banda, O. A. V., & Kujala, P. (2022). Developing fuzzy logic strength of evidence index and application in Bayesian networks for system risk management. *Expert Systems with Applications*, 192. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.116374>
 24. MariaDB en resumen - MariaDB.org. (n.d.). Retrieved May 19, 2024, from <https://mariadb.org/es/>
 25. Márquez Díaz, J., Sampedro, L., & Vargas, F. (n.d.). Instalación y configuración de Apache, un servidor Web gratis.
 26. Mandava, H. A. R. I. P. R. A. S. A. D. (2024). Streamlining enterprise resource planning



- through digital technologies. Journal of Advanced Engineering Technology. ResearchGate.
27. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2024a, enero 12). Colombia cerró 2023 con récord histórico de 1.740.168 empresas activas.
28. Mthiyane, Z. Z. F., van der Poll, H. M., & Tshehla, M. F. (2022). A Framework for Risk Management in Small Medium Enterprises in Developing Countries. *Risks*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/risks10090173>
29. MySQL Entity Framework Component - .NET Aspire | Microsoft Learn. (n.d.). Retrieved May 19, 2024, from <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/aspire/database/mysql-entity-framework-component?tabs=dotnet-cli>
30. Niesen, T., Houy, C., Fettke, P., & Loos, P. (2016). Towards an integrative big data analysis framework for data-driven risk management in industry 4.0. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 2016-March, 5065–5074. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.627>
31. PÉREZ MOLINA, Jaider Nicolás. *Front-End del sistema de gestión integral del riesgo de procesos de negocio para el sector productivo colombiano*. [Trabajo de grado]. Universidad, 2024. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11634/53405>
32. Por, P., Deemer, G., Benefield, C., Larman, B., & Vodde, V. (2009). INFORMACIÓN BÁSICA DE SCRUM (THE SCRUM PRIMER). www.ScrumTL.com
33. ¿Qué es ASP.NET Core? | .NET. (n.d.). Retrieved May 13, 2024, from <https://dotnet.microsoft.com/es-es/learn/aspnet/what-is-aspnet-core>
34. Qué es el Subsistema de Windows para Linux | Microsoft Learn. (n.d.). Retrieved May 19, 2024, from <https://learn.microsoft.com/es-es/windows/wsl/about>
35. RAHMAN, Siddikur, *et al.* THE ROLE OF AI AND BUSINESS INTELLIGENCE IN TRANSFORMING ORGANIZATIONAL RISK MANAGEMENT. *En: International journal of business and management sciences* [en línea]. 14, septiembre, 2024. vol. 04, no. 09



- [consultado el 16, octubre, 2025], p. 7-31. Disponible en Internet: <https://doi.org/10.55640/ijbms-04-09-02>. ISSN 2693-3500.
36. Ribeiro, J. E. F., Silva, J. G., & Aguiar, A. (2024). Weaving agility in safety-critical software development for aerospace: From concerns to opportunities. *Ieee Access*, 12, 52778-52802.
37. Rodríguez Cruz, Y., Castellanos Crespo, A., & Ramírez Peña, Z. (2016). Gestión documental, de información, del conocimiento e inteligencia organizacional: particularidades y convergencia para la toma de decisiones estratégicas. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, 27(2), 206-224.
38. Rodríguez-Espíndola, O., Chowdhury, S., Dey, P. K., Albores, P., & Emrouznejad, A. (2022). Analysis of the adoption of emergent technologies for risk management in the era of digital manufacturing. *Technological Forecasting and Social Change*, 178. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121562>
39. Ruiz-Rosero, J., Ramirez-Gonzalez, G., & Viveros-Delgado, J. (2019). Software survey: ScientoPy, a scientometric tool for topics trend analysis in scientific publications. *Scientometrics*, 121(2), 1165–1188. <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03213-w>
40. Shang, Y., Dunson, D. B., & Song, J.-S. (2015). *Exploiting Big Data in Logistics Risk Assessment via Bayesian Nonparametrics*. <http://arxiv.org/abs/1501.05349>
41. SOTAMAA, Tero; REIMAN, Arto y KAUPPILA, Osmo. Manufacturing SME risk management in the era of digitalisation and artificial intelligence: a systematic literature review. *En: Continuity & Resilience Review* [en línea]. 5, julio, 2024. Disponible en Internet: <https://doi.org/10.1108/crr-12-2023-0022>. ISSN 2516-7510.
42. Sun, W. (2020). The Application of Big Data Technology in Financial Analysis. *Proceedings - 2020 7th International Conference on Information Science and Control Engineering, ICISCE 2020*, 1406–1410. <https://doi.org/10.1109/ICISCE50968.2020.00282>

43. Surkova, E. v., & Mazhaiskii, Y. A. (2022). Management of Business Processes. *Russian Engineering Research*, 42(3), 292–294. <https://doi.org/10.3103/S1068798X22030248>
44. Szelągowski, Marek & Berniak-Woźny, Justyna. (2024). Challenges, limitations and the future development directions of BPM.. *Business Process Management Journal*. 30. 10.1108/BPMJ-06-2023-0419.
45. Tutorial: Introducción a Entity Framework 6 Code First con MVC 5 | Microsoft Learn. (n.d.). Retrieved May 19, 2024, from <https://learn.microsoft.com/es-es/aspnet/mvc/overview/getting-started/getting-started-with-ef-using-mvc/creating-an-entity-framework-data-model-for-an-asp-net-mvc-application>
46. Visual Studio: IDE y Editor de código para desarrolladores de software y Teams. (n.d.). Retrieved May 28, 2024, from <https://visualstudio.microsoft.com/es/>
47. YAZDI, Mohammad, *et al.* Navigating the Power of Artificial Intelligence in Risk Management: A Comparative Analysis. *En: Safety* [en línea]. 26, abril, 2024. vol. 10, no. 2 [consultado el 15, octubre, 2025], p. 42. Disponible en Internet: <https://doi.org/10.3390/safety10020042>. ISSN 2313-576X.
48. Zheng, S., Hu, Y., Chong, A. Y. L., & Tan, C.-W. (2022). Leveraging blockchain technology to control contextualized business risks: Evidence from China. *Information & Management*, 103628. <https://doi.org/10.1016/j.im.2022.103628>
49. Zeng, X., Li, Y., Wang, L., & Chen, J. (2024). Integrated RFE-XGBoost Credit Risk Prediction for SMEs Using Multi-Source Heterogeneous Big Data. *Proceedings of the 2024 5th International Conference on E-Business, Information Management and Computer Science (EBIMCS 2024)*.





TUNJA - BOYACÁ · PBX: (608) 744 0404

Campus Centro Histórico:

Calle 19 No. 11 - 64

Campus Avenida Universitaria:

Edificio Fray Giordano Bruno, O.P.: Av. Universitaria Calle 48 No. 1 - 235 este.

Edificio Santo Domingo de Guzmán: Av. Universitaria No. 45 - 202

Santoto Services:

Centro Comercial Unicentro Tunja, Local 1-106



**Aquí y
Ahora**