

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

Propuesta de Modelo de Analítica predictiva para flujo de caja en MiPyMEs en Colombia

Brayan Stiven Castaño Zuluaga

Ingeniería en sistemas

Gabriel Taborda Blandón

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Fecha 6/11/2023

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

RESUMEN

En el contexto empresarial colombiano, las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs) enfrentan desafíos críticos en la gestión y control de su flujo de caja, lo que las expone al riesgo de insolvencia y posible desaparición en sus primeros años de operación, según indican las estadísticas. Lo cual es muy preocupante, dado el alto porcentaje que representa este tipo de empresas en el tejido empresarial y en la generación de empleo. El objetivo de esta investigación es proponer un modelo de analítica predictiva para contribuir al seguimiento del flujo de caja y que pueda apoyar a la supervivencia de las MiPyMEs. Los modelos considerados fueron árboles de decisiones, Bosques aleatorios, Máquinas de soporte vectorial y redes neuronales, siendo el segundo el modelo con mejores resultados. Con el propósito de abordar esta problemática, esta investigación llevó a cabo una caracterización de los procesos de flujo de caja en las MiPyMEs colombianas mediante la construcción de un estado del arte. Y se concluyó que mediante la aplicación de modelos de IA es posible contribuir a la mitigación de riesgos de iliquidez y de insolvencia de las empresas, debido a que el modelo sirve como una alerta temprana para la identificación del riesgo financiero que una empresa pueda tener y, por lo tanto, esta podrá tomar las decisiones pertinentes para evitar la insolvencia.

Palabras clave: Inteligencia artificial, machine learning, flujo de caja, insolvencia, MiPyMEs.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

RECONOCIMIENTOS

Muchas gracias al ITM por brindarme la posibilidad de experimentar nuevos procesos y desarrollar nuevos conocimientos. Sinceros agradecimientos a Gabriel Taborda Blandón por su excelente acompañamiento como asesor en este valioso proceso de aprendizaje, aprendí mucho de él en este proceso.

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

ACRÓNIMOS

BA Bosques aleatorios

BI Business Intelligence

IA Inteligencia Artificial

ITM Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín.

MiPyMEs Micro, Pequeñas y Medianas Empresas

ML Machine Learning

NIIF Normas Internacionales de Información Financiera

RNA Red Neuronal Artificial

TIC Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|----|---|--|
| 1. | INTRODUCCIÓN..... | |
| 2. | MARCO TEÓRICO..... | |
| | Flujo de caja..... | |
| | El Flujo de Caja en el Contexto de las MiPyMEs..... | |
| | Conceptos de Analítica..... | |
| | Analítica predictiva..... | |
| | Árboles de decisión..... | |
| | Máquinas de soporte vectorial..... | |
| | Bosques aleatorios..... | |
| | Redes neuronales..... | |
| 3. | METODOLOGÍA..... | |
| | Análisis de la Literatura Existente..... | |
| | Encuesta: Percepciones de las MiPyMEs sobre el Flujo de Caja..... | |
| | Modelo de analítica predictiva para flujo de caja en MiPyMEs..... | |
| | Selección de Variables Relevantes para el Modelo de Analítica Predictiva..... | |
| | Modelos de IA: Analítica predictiva..... | |
| 4. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | |
| | Revisión del estado del arte..... | |
| | Encuesta: Percepciones de las MiPyMEs sobre el Flujo de Caja..... | |
| | Modelo Propuesto de Analítica Predictiva para la Gestión del Flujo de Caja..... | |
| | Refinando Variables Relevantes para el Modelo..... | |
| | Establecer Dataset..... | |
| | Construyendo el Conjunto de Datos y Realizando Pruebas..... | |
| | Discusiones..... | |
| 5. | CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO..... | |
| | REFERENCIAS..... | |

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

| | |
|--|----|
| Figura 1. Gráfico de empresas por tamaño..... | 8 |
| Figura 2. Empresas año 2021, 2022 y su indicador de ocupados..... | 9 |
| Figura 3. Legislación de los estados financieros en Colombia..... | 11 |
| Figura 4. Estructura del flujo de caja..... | 14 |
| Figura 5. Tabla acerca de las preguntas de la analítica..... | 18 |
| Figura 6. Flujo de trabajo de análisis predictivo..... | 20 |
| Figura 7. Esquema de las Etapas y Procesos de la Metodología de Investigación..... | 23 |
| Figura 8. Diagrama de flujo de las etapas del método de revisión de la literatura..... | 25 |
| Figura 9. Pregunta encuesta sobre implementación de flujo de caja..... | 36 |
| Figura 10. Estadísticas sobre las MiPyMEs de Villavicencio..... | 41 |
| | |
| Tabla 1. Criterios de búsqueda y cantidad de resultados en el paso de inclusión..... | 26 |
| Tabla 2. Variables financieras de la investigación de Ibañez y Ballesteros..... | 30 |
| Tabla 3. Síntesis de trabajo de la de la revisión de la literatura..... | 32 |
| Tabla 4. Artículos revisión de la literatura de la investigación sobre el flujo de caja como herramienta de gestión de la liquidez en pequeñas empresas..... | 34 |
| Tabla 5. Variables definidas para el modelo de analítica predictivaTabla..... | 37 |
| Tabla 6. Resultados de indicadores de la matriz de confusión de los métodos de machine learning..... | 38 |

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace varias décadas, las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs) han tenido una gran importancia en el desarrollo económico y la generación de empleo en Latinoamérica; por ello, se han dirigido significativos esfuerzos a la creación, sostenibilidad y crecimiento de este tipo de negocios. Además, se destaca que para el año 2000 las MiPyMEs representan más del 95% del total de empresas establecidas y generan más del 85% del empleo total en la mayor parte de los países que conforman la región (Banco Interamericano de Desarrollo, 2000).

Dentro de este panorama Colombia no es la excepción, pues actualmente las cifras presentadas en el informe de “Dinámica de creación de empresas en Colombia” muestran que “entre enero y marzo de 2021 se crearon 96.431 unidades productivas, 9,3% más que en el mismo periodo de 2020, cuando se crearon 88.248. Del total de unidades registradas, 75,4% corresponden a personas naturales y 24,6% a sociedades” (Confecámaras, 2021). Los resultados para octubre del 2022 se muestran en la Fig. 1.

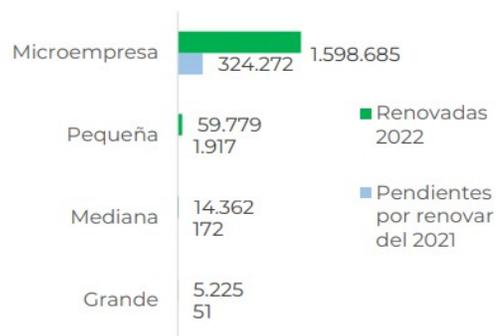


Figura 1. Gráfico de empresas por tamaño

Fuente: Oficina Estudios Económicos, 2022

Nota. “Las microempresas componen el 95.9% del tejido empresarial a octubre de 2022. Las pequeñas empresas representan el 3.1%. Las medianas y grandes empresas son el 0.7% y el 0.3% del total nacional de empresas, respectivamente.” (p. 9)

En cuanto a la relación de ocupación por tamaño de empresa (ver Fig. 2) para octubre del 2022 en Colombia, las MiPyMEs poseen 17.1 millones de empleados y las grandes empresas 5.0 millones, lo cual implica que las MiPyMEs cuentan con el 77.38% de los empleados del país. En América Latina, por su parte, la participación en el empleo formal es más del 60%, mientras que en la Unión Europea el aporte alcanza el 69,4% (Dini y Stumpo, 2019); de allí se concluye que la importancia de este tipo de negocios se refleja a nivel mundial. Otro factor social relevante de la empleabilidad de las MiPyMEs, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas, es que estas tienden a contratar en buena proporción a trabajadores de sectores vulnerables de la sociedad, como son mujeres y jóvenes, además de ofrecer empleo formal a las personas de zonas rurales (Martínez Vargas et al., 2022, p. 62).

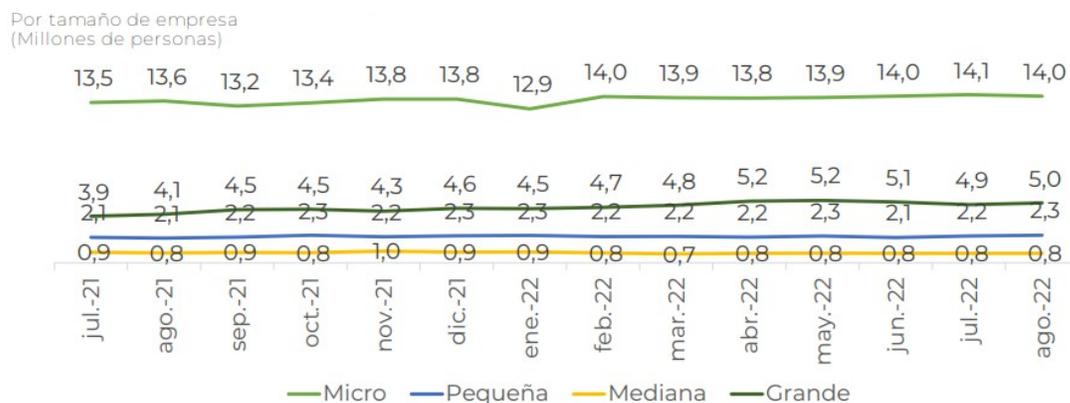


Figura 2. Empresas año 2021, 2022 y su indicador de ocupados

Fuente: Oficina Estudios Económicos, 2022

Nota. “En agosto de 2022, el número de ocupados aumentó con respecto al mismo mes del año anterior un 7,7%. En las microempresas el número de ocupados aumentó 3,1%, en las empresas pequeñas un 11,9% y en las grandes un 23,3%. Mientras que en las medianas empresas se registró una caída de los ocupados del 3,2%.

En contraste, según el estudio sobre los “Determinantes de la supervivencia empresarial en Colombia” publicado por Confecámaras (2017), El 60% de las empresas recién establecidas en Colombia enfrenta la quiebra antes de completar cinco años de operación, con un alto porcentaje del 98% correspondiendo a microempresas. Esto significa que solo

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

4 de cada 10 emprendimientos logran superar la etapa inicial de posicionamiento en el mercado colombiano. Además, esta situación no es única de Colombia, ya que cifras muy similares se presentan en toda América Latina, donde el 80% de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs) desaparecen durante los primeros cinco años debido a problemas en la gestión financiera. Por otro lado, según la investigación de Martínez, Edilson y Velásquez (2022) en Colombia, solo el 50% de las empresas logra sobrevivir durante el primer año, y este porcentaje disminuye al 20% al llegar al tercer año de operación. Los autores destacan que el aspecto financiero juega un papel determinante en la estructura económica y financiera de cualquier organización. La gestión del flujo de caja, que es un indicador fundamental para la toma de decisiones financieras, así como la administración y control de la liquidez, la solvencia y la capacidad de capital de trabajo, son aspectos que requieren una atención especial por parte de los empresarios. Los autores también argumentan que estas dificultades se aplican particularmente a las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs): “se enfrentan a situaciones financieras confusas, de carácter estructural, debilidades que hacen más compleja su competitividad y condicionan su capacidad de productividad, supervivencia y crecimiento” (Martínez Vargas et al., 2022, p. 62).

Los estados financieros o estados contables se entienden como cuentas periódicas (por lo general anuales) y cumplen el papel de informar, tanto al interior como al exterior, sobre la situación contable de una entidad; además, son una herramienta básica para la gestión y toma de decisiones (Correa García y Correa Mejía, 2021). De acuerdo con la investigación realizada, se identifican principalmente cuatro tipos de estados financieros: el estado de resultados, el estado de cambios en el patrimonio, el estado de cambios en la situación financiera y el estado de flujos de efectivo. La regulación y la obligatoriedad de la preparación de estos estados financieros varían según la legislación de cada país. En el caso de Colombia, estos cuatro estados financieros son obligatorios y requeridos por diversas entidades de supervisión y control, de acuerdo con lo establecido en la Ley 1314

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

de 2009. Esta ley implementó las Normas Internacionales de Información Financiera (NIIF) y clasificó a las empresas en tres grupos de aplicación, como se muestra en la Figura 3. Sin embargo, es importante destacar que la cultura contable y empresarial en Colombia no ha mostrado una fuerte tendencia hacia la utilización del estado de flujos de efectivo como una herramienta de control contable de gestión. Más bien, su uso se ha limitado principalmente al cumplimiento de los requisitos legales para la presentación de informes financieros, como señala Correa García (2005).

| Marco normativo | Estados financieros | Flujo de efectivo |
|---|--|--------------------------|
| Decreto 2420 de 2015 Grupo 1 (NIIF Plenas) y Grupo 2 (NIIF PYMES) | Estado de situación financiera Estado de resultados integrales Estado de cambios en el patrimonio Estado de flujos de efectivo | Si |
| Decreto 2420 de 2015 Grupo 3 | Estado de situación financiera Estado de resultados | No |

Figura 3. Legislación de los estados financieros en Colombia

Fuente: Adaptada de (Correa García y Correa Mejía, 2021)

El flujo de caja se presenta como una herramienta fundamental para facilitar la toma de decisiones y la asignación eficiente de los recursos financieros, con el fin de mantener una estructura financiera sólida y preparada para enfrentar los desafíos del mercado. Esto se logra sin perder de vista los objetivos y metas establecidos, lo que permite evaluar la viabilidad de nuevas oportunidades de negocios. Además, el análisis del flujo de caja ayuda a determinar la necesidad de obtener financiamiento, realizar inversiones o cumplir con obligaciones financieras, según se explica en el estudio de (Murcia Firigua et al., 2020, p. 7).

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

En vista de lo mencionado, el enfoque y los objetivos de esta investigación se centran en ofrecer soluciones respaldadas por las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), en particular, a través de un enfoque de análisis de datos que contribuye a mitigar el cierre prematuro de microempresas. Se considera que el flujo de caja desempeña un papel crucial en la capacidad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs) para establecer una estructura financiera sólida y ordenada, lo que les permite sobrevivir y generar valor. En consecuencia, el propósito de esta investigación es enriquecer la comprensión, el análisis y la toma de decisiones relacionadas con el flujo de caja en las MiPyMEs en Colombia a través de enfoques descriptivos, diagnósticos y predictivos de la analítica de datos.

Es relevante destacar que, aunque este estudio se enfoca en las MiPyMEs colombianas, los resultados obtenidos pueden tener una aplicación más amplia, dado el papel crítico que desempeñan estas empresas no solo en Latinoamérica sino a nivel global, como se ha mencionado previamente.

Este proyecto de grado, bajo la modalidad de pasantía, se presenta como el resultado de la investigación desarrollada por el joven investigador e innovador ITM que es impulsado por el grupo de investigación Automática Electrónica y Ciencias Computacionales, específicamente de la línea de investigación en Ciencias computacionales. Busca desarrollar las capacidades investigativas y las competencias académicas del joven investigador, esto con el fin de dar respuesta a una necesidad de las MiPyMES en Colombia.

2. MARCO TEÓRICO

Flujo de caja

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

El flujo de caja es una herramienta financiera esencial para las organizaciones, cuyo propósito es evaluar la capacidad de estas para mantener disponibilidad de efectivo (liquidez) o enfrentar deficiencias en un período determinado. En otras palabras, el flujo de caja es un instrumento que refleja el saldo resultante de restar los egresos de los ingresos en términos de efectivo de una empresa, los cuales se generan a partir de inversiones, actividades productivas o proyectos en un período de tiempo específico. Además, es factible elaborar un flujo de caja proyectado, también conocido como "presupuesto de caja" o "pronóstico de tesorería" (Hirache Flores, 2013). En este enfoque, se deben tener en cuenta todos los factores que puedan cambiar en el corto o largo plazo, lo que permite anticipar las necesidades financieras futuras.

Además, de acuerdo con el estudio de Cardona García (2017), el flujo de caja puede ser proyectado hacia el futuro, lo que facilita la identificación de las necesidades de financiación o los excedentes de liquidez, permitiendo tomar decisiones acertadas sobre cómo invertir estos recursos de manera adecuada. También se puede utilizar para definir las políticas y requisitos relacionados con la gestión de cuentas por cobrar y pagos a proveedores, así como para atraer a nuevos inversionistas o socios estratégicos en proyectos futuros.

La construcción de un flujo de caja requiere disponer de la información pertinente, y, conforme a las definiciones previas, el elemento esencial son los ingresos y egresos de la empresa, como se ilustra en la Figura 4.

En la literatura financiera, es común clasificar los flujos de caja en dos tipos principales según su estructura:

Flujo de caja operativo: conformado por los ingresos y egresos propios de la actividad económica de la empresa, neto de los impuestos.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Flujo de caja financiero: este recaba los flujos de capitales de inversiones y financiamiento requeridos por la empresa, sin descontar impuestos. Hirache Flores (2013, p.1)

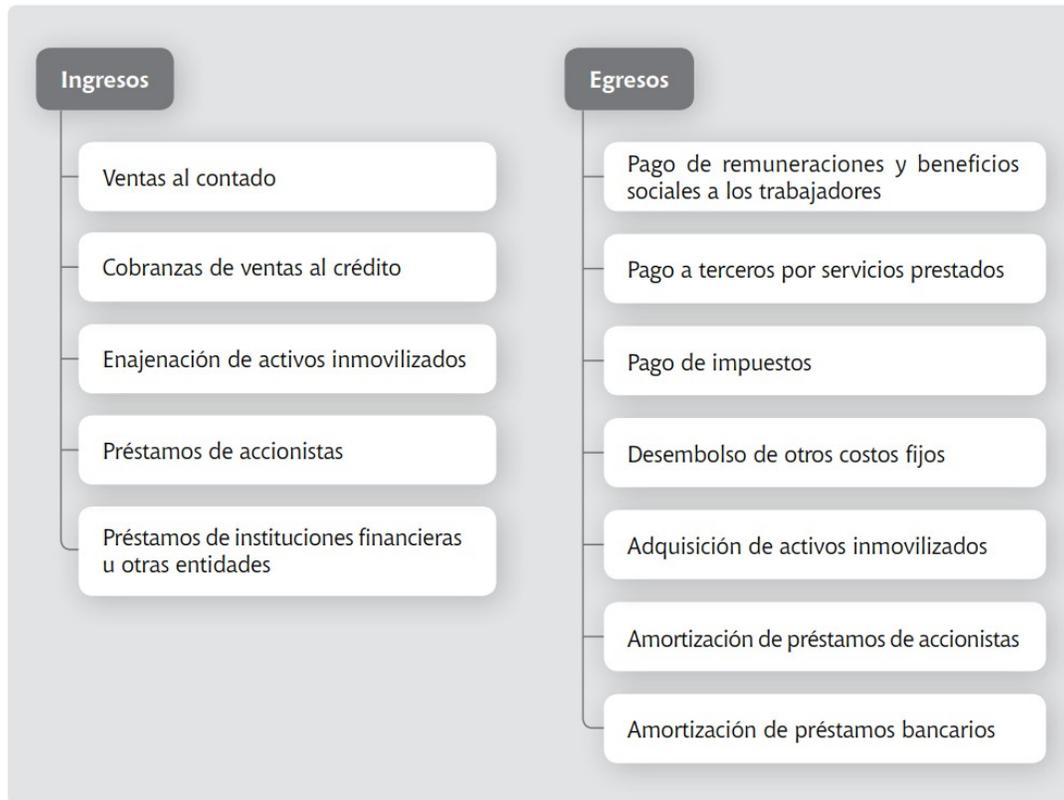


Figura 4. Estructura del flujo de caja

Fuente: Hirache Flores, 2013

El Flujo de Caja en el Contexto de las MiPyMEs

Como hemos discutido previamente, el flujo de caja desempeña un papel esencial como instrumento financiero, ofreciendo información de relevancia sobre la disponibilidad de efectivo en las empresas y permitiendo la adopción de decisiones de gestión eficaces. La falta de análisis y control del flujo de caja puede resultar en problemas como la insuficiencia de liquidez, la pérdida de credibilidad y costos elevados de financiamiento, factores que han contribuido al fracaso de algunas empresas (Roncal Sánchez, 2019).

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

En relación con lo mencionado anteriormente, el estudio llevado a cabo por Ángel Agudelo y Serna (2020) se enfoca en analizar la utilización de herramientas financieras y su influencia en el flujo de caja. El estudio involucra una encuesta que revela que el 75% de las empresas llevan un registro mensual de sus finanzas, mientras que el 15% lo hace cada tres meses y un 10% lo realiza anualmente. Esto indica que en el contexto de la investigación, existe un mayor porcentaje de empresas que mantienen una revisión constante de sus finanzas, lo que les permite tomar medidas a tiempo en caso de eventualidades o situaciones financieras imprevistas. En contraste, el 25% restante de las empresas encuestadas no sigue esta práctica, lo que respalda la afirmación anterior de que la falta de control del flujo de caja puede ser una de las causas del fracaso empresarial.

Respecto a las causas del fracaso de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs), la investigación de Ángel Agudelo y Serna (2020) llega a las siguientes conclusiones:

El 40% considera que, por falta de conocimiento, el 30% por falta de dinero al momento de invertir y 30% por falta de innovación en los productos y es que en Colombia está definido que es una empresa y los lineamientos legales para constituirse, pero la mayoría de empresarios debe empezar su emprendimiento con recursos conseguidos a través de préstamos bancarios, lo que reduce su capacidad de inversión e innovación; por lo cual si se hace necesario empezar a educar a los empresarios en aspectos económicos para que durante el crecimiento de su empresa cuenten con buenas asesorías y no tengan que declararse en quiebra, debido a que parte de sus ganancias van destinadas al pago de los intereses (p. 21).

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Se concluye que la falta de conocimiento, la limitación de recursos financieros y la falta de innovación son factores críticos en el fracaso empresarial en Colombia. La educación económica y el acceso a asesoramiento financiero adecuado son fundamentales para ayudar a los empresarios a superar estos desafíos y mantener sus empresas en funcionamiento de manera exitosa.

Otros estudios han arrojado perspectivas distintas acerca de las causas del fracaso de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs). La investigación realizada por Galeano Cardona y Segura Montoya (2021), por ejemplo, ofrece en sus conclusiones las siguientes revelaciones: “el gobierno colombiano, en materia contable, no exige la presentación de un informe organizado con los indicadores operativos y financieros más importantes, razón por la cual, algunas PYMES omiten el análisis de estos”; este argumento se basa en las normas contables establecidas por el gobierno colombiano, que, debido a su flexibilidad, no imponen una obligación clara a las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs) de prestar una atención significativa a sus estados financieros. Además, se menciona que “algunos de los directivos de las PYMES, según las entrevistas realizadas, desconocen el significado y la funcionalidad de los indicadores financieros, tanto como su importancia en el análisis de la empresa para toma de decisiones” (Galeano Cardona y Segura Montoya, 2021); este hallazgo refuerza la conclusión del estudio previo, ya que subraya la importancia de mejorar la calidad del proceso de apoyo a los emprendimientos en términos financieros y conceptuales.

Otra perspectiva sobre las causas del fracaso empresarial se presenta en una investigación en la cual se establece en sus conclusiones que:

El manejo de una buena política contable ayudará en la aplicación del flujo de caja como herramienta financiera para controlar la liquidez de la empresa, ya que si se tienen los documentos debidamente registrados y actualizados se puede armar un

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

flujo de caja propio. El conocimiento del flujo de caja ayudará a controlar mejor la liquidez de la empresa Céspedes Pinche y Delgado Torres (2019, p. 54).

Si bien estas dos conclusiones no se refieren directamente al fracaso empresarial, es importante resaltar la necesidad de establecer estándares para la recopilación de información que facilite su análisis futuro de manera sistemática utilizando técnicas de Machine Learning (ML) o Business Intelligence (BI). Además, en la segunda conclusión se refuerza la idea de mejorar el conocimiento técnico en cuestiones financieras para obtener un mejor entendimiento de los beneficios del flujo de caja. En este sentido, es relevante mencionar la propuesta de investigación presentada por Hendes Velandia y Manrique Galindo (2018), la cual plantea que:

En la administración del flujo de caja de las Microempresas en Colombia, se observa que no hay mucha atención, junto con la falta de conocimiento, habilidad y destreza por parte de los microempresarios para solucionar los problemas que se presentan, lo que viene llevando a las empresas a que tengan problemas de liquidez, con el resultado de liquidación de estas en corto plazo. No cuentan con una organización adecuada de la información referente a los ingresos y egresos de la empresa. La falta de entendimiento y comprensión sobre el flujo de caja, no les permite reaccionar de manera adecuada y tomar las decisiones correctas. En esta dirección, las empresas pueden desaparecer por no poder afrontar sus pagos diarios, el no contar con un efectivo organizado permite que las empresas no puedan reaccionar ante posibles situaciones de crisis o en momentos de abundancia (p. 12).

Conceptos de Analítica

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Durante un largo período, la toma de decisiones en las empresas se llevaba a cabo de manera intuitiva o empírica, dependiendo en gran medida del conocimiento y la intuición de sus empleados. Hoy en día, las organizaciones están adoptando en mayor medida la ciencia de los datos y la inteligencia de negocio para comprender sus operaciones y el mercado. Sin embargo, “analítica es un término que comúnmente es asociado con ciencia de los datos, minería de datos, descubrimiento de conocimientos, entre otros, pues la diferencia entre éstos no está tan claramente marcada” (Ciro Piedrahíta, 2015, p. 28); En términos generales, la analítica tiene como objetivo responder las preguntas planteadas en la Figura 5.

| | Pasado | Presente | Futuro |
|--------------------|-----------------------|-------------------------------------|---|
| Información | ¿Qué pasó? | ¿Cómo está pasando ahora? | ¿Qué pasará? |
| Percepción | ¿Cómo y por qué pasó? | ¿Cuál es la mejor acción siguiente? | ¿Cuál es la peor/mejor cosa que podría pasar? |

Figura 5. Tabla acerca de las preguntas de la analítica

Fuente: (Ciro Piedrahíta, 2015)

De acuerdo con la clasificación de Ciro Piedrahíta (2015), se distinguen los siguientes tipos de analíticas:

Analítica descriptiva: “es la forma más común de analítica y se puede utilizar esta forma para examinar los principales indicadores de desempeño y las métricas claves para determinar cómo está el desempeño de la compañía y evaluar los diferentes procesos de negocio” (p.31).

Analítica predictiva: “en esta forma se utiliza la minería de datos y el análisis de texto como modelo para predecir lo que probablemente pasará en el futuro, basados en la experiencia ganada a través de la analítica descriptiva y diagnóstica” (p. 32).

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Analítica diagnóstica: se encarga de explorar la causa raíz en el análisis, el descubrimiento de datos y la exploración. Con esta analítica se pueden descubrir patrones y correlaciones que expliquen por qué los ingresos están cayendo o por qué las ventas incrementan o el presupuesto disminuye (Ciro Piedrahíta (2015, p. 31).

Analítica prescriptiva: “esta forma utiliza modelos predictivos, reglas localizadas, puntajes y técnicas de optimización para recomendar uno o más cursos de acción y muestran el resultado que se espera de cada uno. Se puede usar esta forma para tomar más decisiones de negocio en tiempo real con base en una mejor información” (Ciro Piedrahíta (2015, p. 33).

Analítica predictiva

Hace referencia al empleo de datos recopilados de diversas fuentes y a la aplicación de algoritmos de Machine Learning para identificar señales que puedan predecir resultados futuros. Otra manera de definirlo sería:

El análisis predictivo se refiere al proceso de utilizar los datos y técnicas analíticas, estadísticas y de aprendizaje automático para hacer predicciones cuantitativas sobre eventos futuros. Es comúnmente aplicado utilizando técnicas de aprendizaje automático supervisado para predecir valores futuros o calcular probabilidades. Mathworks (s. f.)

Se explora un ejemplo en profundidad relacionado con la asistencia de conducción en vehículos, lo que posibilita la transición hacia vehículos autónomos y permite que las personas asuman un papel pasivo en lugar de una conducción activa. Otra aplicación potencial se encuentra en el sector de servicios financieros, donde se pueden desarrollar modelos que analicen el riesgo de otorgar préstamos.

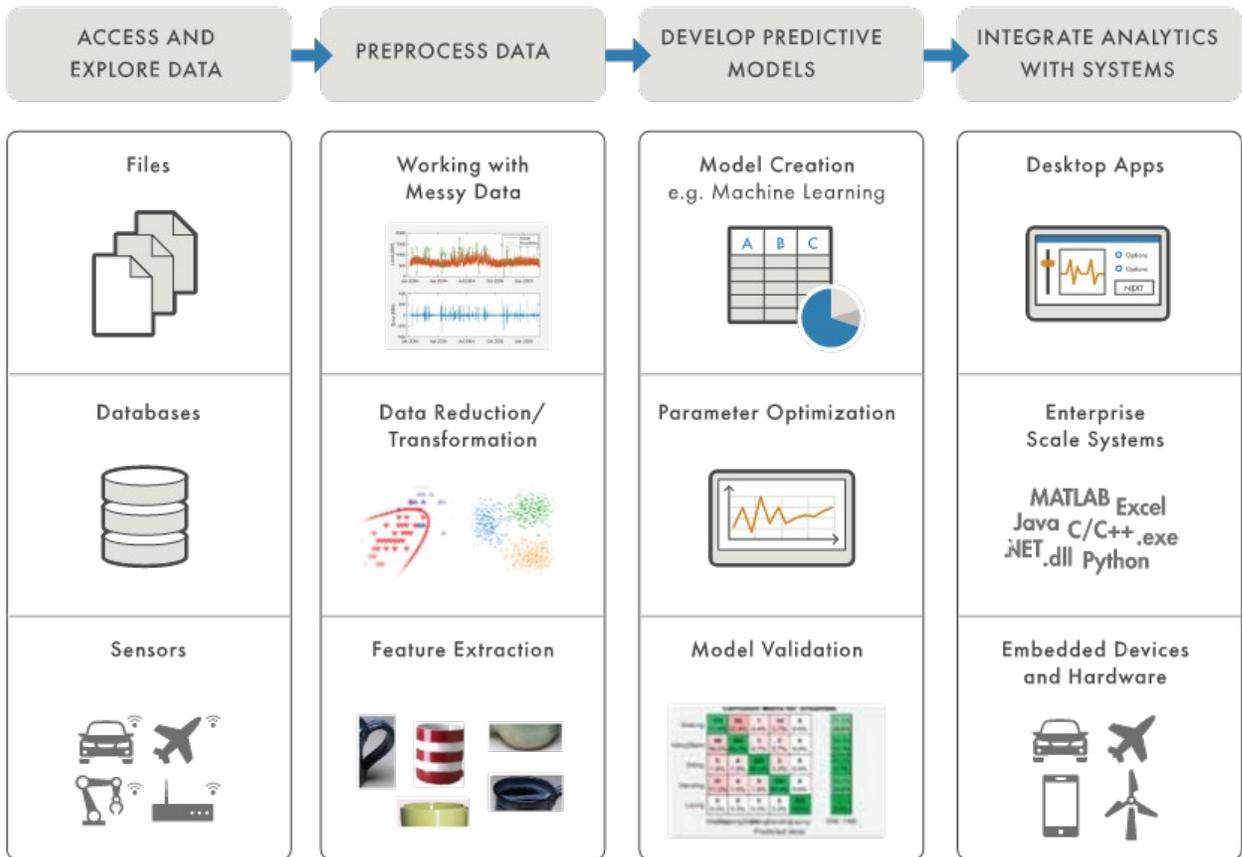


Figura 6. Flujo de trabajo de análisis predictivo

Fuente: (Mathworks, s. f.)

La Figura 6 muestra el flujo de trabajo o ciclo de vida que debe seguirse para generar un resultado valioso mediante la implementación del análisis predictivo.

El proceso comienza con la adquisición de datos, que puede ocurrir a través de archivos, bases de datos o la lectura de sensores. Luego, sigue la fase de limpieza de datos para prepararlos de manera que sean compatibles con los modelos. A continuación, se procede a la construcción de modelos predictivos con el propósito de extraer conclusiones de los datos. Por último, se logra la exposición de esta información al integrar aplicaciones que permiten crear interfaces para que las personas interactúen con los datos. Sin embargo:

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

la mayoría de las veces, las empresas no están preparadas para la IA. Tal vez contrataron a su primer científico de datos con resultados menos que estelares, o tal vez la alfabetización de datos no es fundamental para su cultura. Pero el escenario más común es que aún no han construido la infraestructura para implementar (y cosechar los beneficios de) los algoritmos y operaciones de ciencia de datos más básicos, y mucho menos el aprendizaje automático (Hackernoon, 2017).

Esto destaca la necesidad de estructurar la información antes de intentar su expansión, lo cual involucra una serie de pasos previos y la disponibilidad de personal con experiencia en la materia. En esta investigación, se han explorado diversos modelos de inteligencia artificial para la implementación de la analítica predictiva, entre los cuales se encuentran:

Árboles de decisión

De acuerdo con Lantz (2019), un clasificador ampliamente utilizado y altamente efectivo emplea una estructura de árbol para modelar las relaciones entre las características y los resultados. La operación de este clasificador se basa en el uso de una estructura ramificada de decisiones. Comienza con un nodo raíz que se divide en nodos de decisión, los cuales toman decisiones en función de los atributos bajo evaluación. Las ramas representan los posibles resultados de estas decisiones, y cuando se llega a una decisión final, el árbol culmina en nodos de hoja o nodos terminales que indican la decisión a tomar. Lo que hace que este modelo sea particularmente valioso es que su estructura se asemeja a un diagrama de flujo, lo que simplifica la interpretación visual de cómo se han tomado las decisiones.

Máquinas de soporte vectorial

Parra Rodríguez (2019) explica que el modelo de Máquinas de Soporte Vectorial (SVM) emplea algoritmos de aprendizaje supervisado para asignar etiquetas y representar

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

muestras como puntos en un espacio, con el propósito de posteriormente separarlas en distintas clases y así lograr la correcta clasificación de nuevas muestras basándose en su proximidad a dichos puntos.

Bosques aleatorios

Lantz (2019) también proporciona una definición de los bosques aleatorios como una técnica de aprendizaje automático que fusiona los principios del "bagging" y la selección aleatoria de características con el fin de introducir variedad en los modelos de árboles de decisión. Esta técnica es eficaz para abordar grandes conjuntos de datos y lograr tasas de error comparables a otros enfoques.

Redes neuronales

De acuerdo con lo señalado por Lantz (2019), una Red Neuronal Artificial (RNA) es un modelo que emula el funcionamiento del cerebro al establecer la relación entre señales de entrada y salida, utilizando una red de neuronas artificiales que están interconectadas.

3. METODOLOGÍA

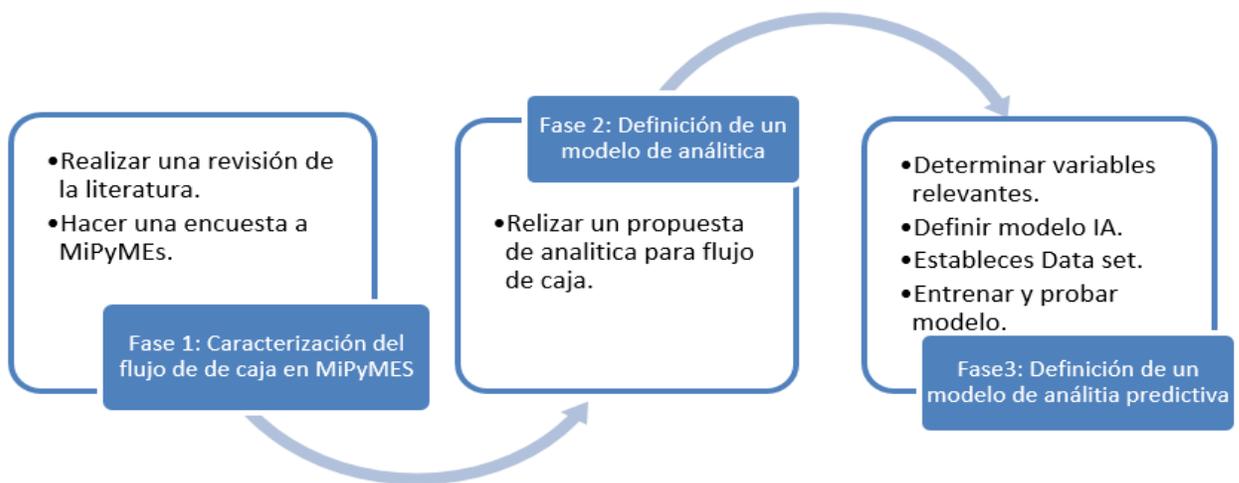


Figura 7. Esquema de las Etapas y Procesos de la Metodología de Investigación

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Fuente: elaboración propia

La metodología utilizada en este estudio es de naturaleza mixta, como se ilustra en la Figura 7. En otras palabras, se combina un enfoque cualitativo en la Fase 1, centrado en caracterizar la gestión del flujo de caja en las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs), con un énfasis particular en las empresas colombianas. Posteriormente, se aplica un enfoque cuantitativo en las Fases 2 y 3. La Fase 2 implica la creación del diseño conceptual del modelo de analítica predictiva para su implementación en la gestión del flujo de caja. En la Fase 3, se desarrolla el modelo de analítica predictiva destinado a alertar a los empresarios sobre el comportamiento del negocio en relación con el flujo de caja.

La Fase 1, titulada "Caracterización del Flujo de Caja en las MiPyMEs", marca el inicio de esta investigación. Su propósito radica en obtener una comprensión del contexto en el que se utiliza el flujo de caja en las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs), tanto como herramienta de control en la organización como medio de detección temprana de dificultades financieras. Se busca enfatizar la viabilidad de aplicar técnicas de analítica predictiva en los procesos contables relacionados. Esta fase comprendió dos actividades clave: la primera consistió en llevar a cabo una revisión exhaustiva de la literatura sobre el flujo de caja en las MiPyMEs, con un enfoque especial en el uso de la analítica predictiva en el contexto colombiano. La segunda actividad se basó en la realización de una encuesta dirigida a las MiPyMEs en Colombia, con el objetivo de obtener una visión general del grado de aplicabilidad de la gestión del flujo de caja en estas organizaciones.

En la Fase 2, denominada "Definición de un Modelo Analítico para el Flujo de Caja", se diseñó una actividad basada en los resultados obtenidos en la Fase 1. El propósito principal fue proponer un modelo de analítica de datos para aplicar en la gestión del flujo

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

de caja, con el potencial de contribuir a la reducción de las altas tasas de fracaso en las MiPyMEs.

Por último, la Fase 3, que se centra en la "Definición de un Modelo de Analítica Predictiva", tenía como objetivo brindar a los microempresarios un sistema de alerta temprana que pudiera detectar la posibilidad de que su empresa enfrentara riesgos financieros. En esta fase, se siguieron una serie de actividades para desarrollar el modelo de analítica predictiva. En primer lugar, se determinaron las variables relevantes para el modelo. En segundo lugar, se eligió el modelo de inteligencia artificial apropiado. En tercer lugar, se creó un conjunto de datos de entrenamiento y prueba. Por último, se procedió a entrenar y evaluar el modelo propuesto.

Seguidamente, se proporciona una descripción pormenorizada de todas las tareas que constituyen las diversas etapas de la metodología empleada en esta investigación:

Análisis de la Literatura Existente

Esta investigación se centra en la recopilación de información acerca de investigaciones previas que hayan abordado el tema de la analítica aplicada en los procesos contables, particularmente en lo que concierne al flujo de caja en las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs) en Colombia. Sin embargo, se ha identificado una limitación significativa relacionada con la escasez de resultados específicos en el ámbito de la analítica predictiva aplicada al flujo de caja. Es relevante destacar que, si bien la analítica predictiva se emplea en diversos procesos, no todos están relacionados con el alcance de este estudio. No obstante, se han encontrado documentos que aplican los conceptos de analítica predictiva a otros procesos, y a partir de estos hallazgos, se ha desarrollado un enfoque que se ha explorado y adaptado para este documento.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |



Figura 8. Diagrama de flujo de las etapas del método de revisión de la literatura

Fuente: elaboración propia

El método utilizado para llevar a cabo la revisión sistemática de la literatura es una versión adaptada de la metodología PRISMA, que fue propuesta por Cañola García y Taborda Blandón (2022) y se resume en la Figura 8.

La "Área temática" se enfoca en el flujo de caja como una herramienta financiera para evaluar el estado actual de la empresa, y se destaca la aplicación de la analítica en este contexto. Además, se pone énfasis en las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs) en Colombia, dado que los procesos de flujo de caja están influenciados por la legislación de cada país.

Para el "Proceso de búsqueda", se han considerado las siguientes bases de datos bibliográficas: SCIELO, DIALNET, IEEE, SCOPUS y Google Scholar, siendo esta última la que ha proporcionado el mayor número de resultados. Los idiomas seleccionados para la búsqueda fueron el español y el inglés. Las cadenas de búsqueda se detallan en la Tabla 1, y se llevaron a cabo siguiendo criterios que incluyen una ventana de tiempo de 10 años, abarcando desde 2012 hasta 2022, y se aplicaron criterios de búsqueda en todo el texto y metadatos para la preselección de artículos.

Tabla 1. Criterios de búsqueda y cantidad de resultados en el paso de inclusión

| Cadena de búsqueda / BD | SCI EL O | DIAL NET | I E E E | Scop us | Google Shcolar |
|-------------------------|----------------|-------------|------------------|------------|-------------------|
| | | | | | |

| | | | | | | |
|--|--------------------------------------|--|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | | | | Código | FDE 089 |
| | | | | | Versión | 03 |
| | | | | | Fecha | 2015-01-22 |

| | | | | | |
|---|---|---|--------|-----|----|
| Analítica Predictiva AND procesos contables | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| Analítica Predictiva AND Flujo de caja | 0 | 0 | 1 | 0 | 61 |
| Analítica Predictiva AND procesos contables AND Colombia | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| Analítica Predictiva AND Flujo de caja AND Colombia | 0 | 0 | 1 | 0 | 33 |
| Analítica Predictiva AND Flujo de caja AND Colombia AND MIPyMEs OR microempresa | 0 | 0 | 3 8 | 0 | 8 |
| Modelo predictivo AND Flujo de caja AND Colombia AND MIPyMEs OR microempresa | 0 | 0 | 0 | 0 | 37 |
| Modelo predictivo AND Flujo de caja AND Colombia AND MIPyMEs | 0 | 0 | 0 | 0 | 88 |
| Predictive Analytics AND Accounting Processes | 0 | 0 | 5 8 | 51 | 88 |
| Predictive Analytics AND Cash Flow | 0 | 0 | 3 | 19 | 0 |
| Predictive Analytics AND Accounting Processes AND Colombia | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Predictive Analytics AND Cash Flow AND Colombia | 0 | 0 | 0 | 0 | 37 |
| Predictive Analytics AND Cash Flow AND Colombia AND SMME OR micro-enterprise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Predictive model AND Cash Flow AND Colombia AND SMME OR micro-enterprise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Predictive model AND Cash Flow AND Colombia AND SMME | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| cash flow AND IA OR BI OR machine learning OR Predictive Analytics OR Descriptive Analytics | 0 | 0 | 0 | 133 | 0 |

Fuente: elaboración propia

Luego de aplicar los "Criterios de inclusión", se han obtenido un total de 278 artículos en español, de los cuales 238 se encontraban en la base de datos de Google Scholar y 40 en la base de datos de IEEE. En cuanto a los resultados en inglés, se han identificado 361 artículos, de los cuales 61 provienen de la base de datos de IEEE, 203 de Scopus y 127 de Google Scholar. Estos trabajos se consideran como potenciales contribuciones a la investigación, pero antes de su inclusión, se llevó a cabo un proceso de "Valoración de la calidad". Durante este proceso, se realizó la lectura de cada artículo y se aplicaron

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

criterios para evaluar su calidad, como la fuente fiable, la verificabilidad de los resultados y su coherencia con los objetivos de la investigación. No todos los documentos se relacionaron directamente con la investigación.

Los resultados de la revisión de la literatura se resumen en la sección del "Marco Teórico y Referencial" de este documento, así como en las Tablas 3 y 4, que se encuentran en la sección de "Resultados".

Encuesta: Percepciones de las MiPyMEs sobre el Flujo de Caja

Se propuso desarrollar los "Instrumentos de Recolección de Datos del Cliente", que comprendían una encuesta digital dirigida a las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs) en Colombia. El objetivo de esta encuesta era caracterizar los procesos relacionados con la sistematización de la contabilidad, el flujo de caja y la utilización de la analítica predictiva en dichos procesos.

A continuación, se presenta un resumen de la ficha técnica de la muestra aleatoria obtenida a través de la aplicación web del instrumento de recolección de datos del cliente:

- Cantidad muestral. En el repositorio de la encuesta existían 171 registros guardados, de los cuales se eliminaron 83 por estar en blanco o con información incompleta, quedando 88 registros o encuestas correctamente diligenciadas. Contar con 88 encuestas diligenciadas se considera una buena cantidad, ya que el objetivo no es tener una muestra representativa, según la estadística inferencial, sino realizar un sondeo sobre la temática a analizar.
- Área geográfica. La mayoría de los encuestados pertenecen a la ciudad de Medellín, pero también se contó con participación de encuestados de las ciudades de Cali y Bogotá.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

- Profesión u ocupaciones de los encuestados. Los porcentajes son: el 42.6 % son contadores, el 40.4% son gerentes, el 12.8 % son administradores y el 4.2% son auxiliares contables.
- Tamaño de empresas. La encuesta está dirigida a las MiPyMEs, por lo cual se consultó por el número de empleados como parámetro de identificación, siendo estos los resultados: mínimo 2, máximo 200 y un promedio de 20.24 de empleados.
- También se observa una buena distribución en los diferentes sectores comerciales, de la siguiente forma: servicios profesionales (21.4%), comercio (12.8%), servicios financieros (8.5%), construcción y textiles (cada uno con el 6.45%), agricultura, minería e ingeniería (cada uno con el 4.3%), alimentación, educación, transporte, telecomunicaciones, hotelería y turismo (cada uno con 2.1%) y otros sectores (21.4%).

Las características de los encuestados indican que esta muestra proporcionó resultados cualitativos significativos para el propósito de la encuesta, que se enfoca en analizar el manejo contable de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs) en Colombia. Sin embargo, en este documento, se presentan únicamente los resultados obtenidos que son pertinentes para su objetivo específico, los cuales se detallan en la sección de "Resultados".

Modelo de analítica predictiva para flujo de caja en MiPyMEs

A partir de lo que se ha discutido en los apartados anteriores, se observa una valoración muy baja en cuanto al uso del flujo de caja como una herramienta que podría permitir a las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs) realizar una gestión eficiente de su liquidez y tomar decisiones que favorezcan su supervivencia en el entorno económico. Esta baja valoración se debe en gran medida a la falta de conocimiento que poseen los emprendedores en el campo de la contabilidad y el flujo de caja. En muchos casos, estas

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

empresas tercerizan estos procesos contables únicamente para cumplir con los requisitos impuestos por las entidades gubernamentales, tal como se evidencia en los resultados de la encuesta realizada a las MiPyMEs.

Es por esta razón que se propone el siguiente modelo de analítica predictiva para el flujo de caja:

Este sistema se trata de una herramienta de alerta temprana que utiliza un modelo de inteligencia artificial entrenado para identificar el riesgo de insolvencia en las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs). Su objetivo es proporcionar información al microempresario sobre la probabilidad de que su negocio se enfrente a la insolvencia, permitiéndole tomar decisiones oportunas para salvar su empresa. Las actividades posteriores relacionadas con la Fase 3 se centran en el diseño y la construcción de este componente del sistema.

Selección de Variables Relevantes para el Modelo de Analítica Predictiva

Esta fase se centra en la implementación de modelos de Machine Learning para clasificar las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs) colombianas que puedan estar en riesgo financiero. Para determinar si una empresa está en riesgo de insolvencia, se requiere contar con información financiera saludable y datos financieros de empresas que muestren indicios de información financiera no saludable. Por lo tanto, las empresas en riesgo de insolvencia se etiquetan con el valor 1, mientras que las que están fuera de riesgo de insolvencia se etiquetan con el valor 0.

El proceso para obtener información y calcular los indicadores financieros se basa en la metodología descrita por Ibañez Parra y Ballesteros Peluffo (2022). Se seleccionó el año 2019 como el año de interés y se utilizaron los estados financieros disponibles en el sistema integrado de información societaria de SuperSociedades. Además, se empleó la

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

base de datos de empresas insolventes para el año 2019 del módulo de insolvencia de SuperSociedades.

La base de datos de estados financieros inicial contiene un total de 38,370 registros. Sin embargo, se trabajó únicamente con la información con fecha de corte al 31 de diciembre de 2019, excluyendo los resultados del corte del mes de junio. Además, se eliminaron las empresas que no tenían información completa en alguna de las variables.

En la Tabla 2 se presenta una lista de todas las variables utilizadas en la investigación de Ibañez Parra y Ballesteros Peluffo (2022, p. 54), que sirvieron como base para la selección de las variables empleadas en esta investigación, con la excepción del grupo de variables de caracterización y operativas.

Tabla 2. Variables financieras de la investigación de Ibañez y Ballesteros.

| Grupo de la variable | Nombre de la variable | Descripción |
|----------------------|---|--|
| Etiqueta | Salud | Descriptor de clase entre saludable y no saludable |
| | Razón corriente | $(\text{Activos corrientes}) / (\text{Pasivos corrientes})$ |
| Liquidez | Prueba ácida | $(\text{Activos corrientes} - (\text{Inventarios corrientes} + \text{Inventarios no corrientes})) / (\text{Pasivos corrientes})$ |
| | Ratio de estabilidad financiera | $(\text{Propiedad, planta y equipo}) / (\text{Pasivos no corrientes} + \text{Patrimonio})$ |
| | Capital de Trabajo Neto sobre Activos totales | $(\text{Activos corrientes} - \text{Pasivos corrientes}) / (\text{Activos})$ |
| | Apalancamiento financiero | $(\text{Pasivos}) / (\text{Patrimonio})$ |
| Apalancamiento | Autofinanciamiento | $((\text{Patrimonio}) / (\text{Activo})) \times 100$ |
| | Ratio de endeudamiento | $(\text{Pasivos}) / (\text{Ingresos de actividades ordinarias} + \text{Ajustes por gastos de depreciación y amortización})$ |
| | Nivel de cobertura I | $(\text{Patrimonio}) / (\text{Propiedad planta y equipo})$ |

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

| | | |
|---------------|---------------------------------|--|
| | Nivel de cobertura II | $(\text{Patrimonio} + \text{Pasivos no corriente}) / (\text{Propiedad planta y equipo})$ |
| | Cobertura de costos de interés | $(\text{Ganancia (pérdida) por actividades de operación}) / (\text{Costos financieros})$ |
| Económicos | Efectividad ventas | $(\text{Ingresos de actividades ordinarias}) / (\text{Costo de Ventas})$ |
| | Efectividad financiamiento | $(\text{Ingresos financieros}) / (\text{Costos financieros})$ |
| | Margen Neto | $((\text{Ganancia (pérdida)}) / (\text{Ingresos de actividades ordinarias})) * 100$ |
| Rentabilidad | Margen Bruto | $((\text{Ganancia bruta}) / (\text{Ingresos de actividades ordinaria})) * 100$ |
| | Retorno sobre los activos ROA | $((\text{Ganancia (pérdida) antes de impuestos}) / (\text{Activos})) * 100$ |
| | Retorno sobre el patrimonio ROE | $((\text{Ganancia (pérdida) antes de impuestos}) / (\text{Patrimonio})) * 100$ |
| Operacionales | Solvencia | $(\text{Activo}) / (\text{Pasivo})$ |

Fuente: Ibañez Parra y Ballesteros Peluffo, 2022

Modelos de IA: Analítica predictiva

En este estudio, se emplearon diversas metodologías de Machine Learning, que incluyen árboles de decisión, bosques aleatorios, máquinas de soporte vectorial y redes neuronales. Estas herramientas permiten llevar a cabo procesos de clasificación en un conjunto de datos, previamente entrenadas con un conjunto de información de prueba.

La siguiente sección presentará los resultados de las actividades realizadas para establecer el componente de analítica predictiva en el modelo propuesto. Estas actividades incluyen la determinación de las variables relevantes para el modelo, la creación del Dataset y el entrenamiento y prueba del modelo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

A continuación, se presentan los resultados más significativos obtenidos en este estudio, divididos en función de cada una de las actividades que conforman la metodología utilizada.

Revisión del estado del arte

En las Tablas 3 y 4 se puede encontrar un resumen de los trabajos más relevantes para esta investigación que se identificaron durante la revisión de la literatura.

Tabla 3. Síntesis de trabajo de la de la revisión de la literatura

| Fuente | Fecha | Título | Autores | Resumen |
|----------------|-------|--|---|--|
| Google Shcolar | 2019 | Diseño y aplicación de una metodología de análisis de las decisiones para caracterizar los factores de supervivencia empresarial en pequeñas empresas del sector manufactura de la ciudad de Bogotá D.C. | Romero Acosta, David Alfredo | La investigación acerca del problema de clasificación de fracaso empresarial inició en los años 1960's con el esquema Z-Score de Altman, y desde entonces se han desarrollado modelos estadísticos cada vez más complejos con el propósito de realizar predicciones cada vez más precisas. |
| Google Shcolar | 2021 | Machine Learning para la estimación del riesgo de crédito en una cartera de consumo | Ossa Giraldo, Wbeimar Jaramillo Marín, Verónica | Utilizaron los modelos de Regresión logística, Random Forest, Support Vector Machine y Multi-layer Perceptron, haciendo una comparación en la eficiencia de la estimación de los clientes que van a entrar en mora, y obteniendo como resultado que el modelo más equilibrado al momento de la evaluación es el Random Forest. |
| Google | 2018 | Herramienta para el | Hendes | Formular y construir una |

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

| | | | | |
|----------------|--------------------|--|--|---|
| Shcolar | | manejo de flujo de caja en las Microempresas de Colombia (Estudios de Caso – Confecciones Sarom, Pasillo Bacatá y Julio Betancourt Técnico Electricista S.A.S) | Velandia, Yuly Emilce Manrique Galindo, Lina María | herramienta para el manejo de flujo de caja en las Microempresas de Colombia, teniendo en cuenta la metodología que actualmente utilizan para su administración |
| Google Shcolar | 2021 | Propuesta de mejora al modelo determinístico para la gestión financiera de empresas PYMES en Colombia | Segura Montoya, José Alejandro Galeano Cardona, Cristian Leandro | Mejora al modelo de Excel para la gestión de la estructura financiera de una PYME, utilizando métodos más completos que mejoren el alcance evaluativo y de toma de decisiones dentro de este tipo de empresas |
| Google Shcolar | 2019 | Aplicación del flujo de caja, como herramienta financiera, para el control de la liquidez en JYS Control - Carabayllo 2018 | Cspedes Pinche, Daysy Agripina Delgado Torres, María Isabel | El flujo de caja como herramienta para la toma de decisiones en la empresa JYS. Demostración de problemas de liquidez y cómo se debe actuar frente a los mismos. |
| Scopus | 15/1 2/20 21 | Cash flow prediction of a bank deposit using scalable graph analysis and machine learning | Kawahara, Ry, Takeuchi, Mikio | La predicción del flujo de efectivo de un banco es una tarea importante, ya que no solo está relacionado con el riesgo de liquidez, sino que también está regulado por autoridades financieras |
| Scopus | 2012 | Prediction of project cash flow using time-dependent evolutionary LS-SVM inference model | Min-Yuan Cheng, Nhat-Duc Hoang, Yu-Wei Wu | La capacidad de predecir la demanda de efectivo es crucial para el funcionamiento de las empresas constructoras. La predicción confiable del flujo de efectivo durante la fase de ejecución puede ayudar a los gerentes a evitar la |

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

escasez de efectivo y controlar el flujo de efectivo del proyecto.

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. Artículos revisión de la literatura de la investigación sobre el flujo de caja como herramienta de gestión de la liquidez en pequeñas empresas

| Fuente | Diseño Metodológico | País | Tamaño de la Muestra | Breve Resumen |
|---------------------------|----------------------------|-----------|----------------------|---|
| (Rodríguez Rocha, 2008) | Descriptiva y Analítica | Nicaragua | 100 | Este artículo describe la experiencia de poner en contacto el entorno productivo (la empresa) con el del conocimiento (la academia o universidad) mediante grupos interdisciplinarios para desarrollar un sistema de información sobre el manejo de los flujos de dinero que maneja una microempresa. |
| (Rivas Ospina, 2017) | Exploratoria y Descriptiva | Ecuador | 12 | El propósito de este estudio es examinar el flujo de efectivo con el enfoque de mejorar la gestión de las cuentas por pagar a los proveedores de AIRCYDRAN S.A. |
| (Rodríguez y López, 2016) | Descriptiva y Explicativa | España | - | En este trabajo se sugiere que el uso de la variable Flujo de Caja Contable de la Explotación (FCE) tiene un impacto importante en la estructura financiera de las empresas españolas durante un período (2008-2012) en el que la financiación empresarial era difícil. |
| (Miralles et al., 2017) | No reporta | España | - | El propósito de esta investigación es examinar la conexión entre los dos |

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

objetivos fundamentales de la banca comercial: el crecimiento y la rentabilidad. Se plantea un análisis no lineal para evaluar la relación entre estas dos variables.

Fuente: Adaptado de Roncal Sánchez, 2019

Encuesta: Percepciones de las MiPyMEs sobre el Flujo de Caja

En cuanto a la pregunta sobre la implementación de un control del flujo de caja (véase Fig. 9, Pregunta 1), se encontró que solo las dos terceras partes de los encuestados (65%) lo realizaban; una cifra compleja teniendo en cuenta la baja probabilidad de subsistencia que poseen las MiPyMEs recién creadas. Cuando la respuesta a la anterior pregunta resultó afirmativa, se les consultó además “¿cómo o con cuál herramienta realiza el control de flujo de caja?” (véase Fig. 9, Pregunta 2), a lo cual resultaron dominantes las hojas de cálculo con un 79% (de los cuales 89% utilizaban Excel). Por otra parte, de los pocos encuestados que seleccionaron la opción de manejar el flujo de caja manualmente (en papel), el 60% lo hacía por decisión propia y el 20% porque no conocía un aplicativo que realizara este tipo de procesos, así que lo tercerizaban. Y finalmente, en cuanto a las razones sobre por qué no implantar la gestión del flujo de caja mediante un aplicativo, la respuesta predominante (32.26%) fue por los costos, seguida de que no lo consideraban necesario o con la contabilidad era suficiente.

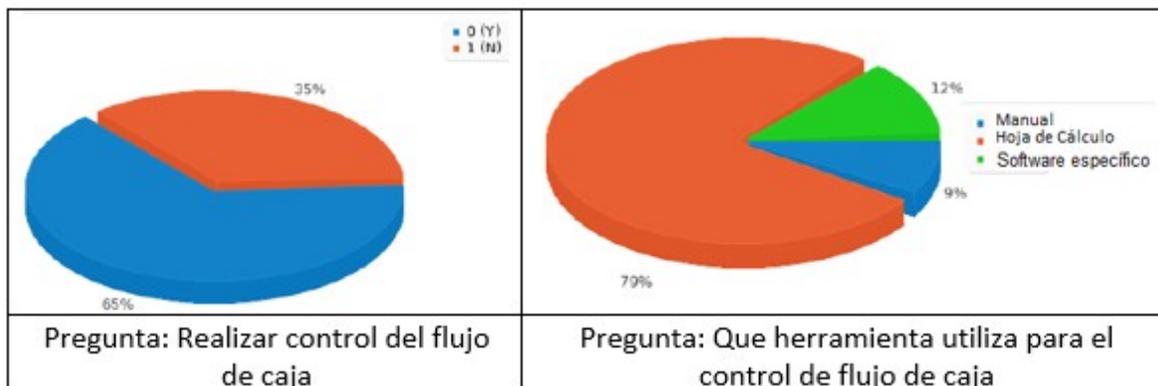


Figura 9. Pregunta encuesta sobre implementación de flujo de caja

Fuente: elaboración propia

Gracias a lo mencionado anteriormente, se concluye que existe un desconocimiento y una baja valoración de la gestión del flujo de caja en las MiPyMEs. De los 88 encuestados, solo el 57% lleva a cabo un seguimiento del flujo de caja, y de estos, 45 utilizan una herramienta poco idónea para este propósito, como Excel. Solamente un pequeño grupo, compuesto por 7 personas (equivalente al 7.95% de todos los encuestados), utiliza un software específico para la gestión del flujo de caja. Estos resultados resaltan la necesidad de concienciar sobre la importancia de implementar procesos contables y de flujo de caja que puedan ayudar a mitigar la alta tasa de desaparición de las MiPyMEs durante sus primeros cinco años.

En cuanto a la realización de análisis de flujo de caja, los resultados son aún más desalentadores, lo cual es predecible a la luz de los hallazgos anteriores. Solo el 5% de los encuestados afirmó utilizar un software que permite llevar a cabo análisis descriptivos y/o predictivos de su flujo de caja, mientras que el 95% declaró que no lo hacía. Esto subraya la falta de adopción de prácticas analíticas en la gestión del flujo de caja por parte de las MiPyMEs encuestadas.

Modelo Propuesto de Analítica Predictiva para la Gestión del Flujo de Caja

Los resultados de las actividades relacionadas con el desarrollo del componente de analítica predictiva se presentan a continuación:

Refinando Variables Relevantes para el Modelo

Después de la limpieza inicial de datos, se compararon las empresas insolventes con las empresas de la base de datos de estados financieros, etiquetando las coincidencias con 1

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

y el resto con 0. Luego, se calcularon los indicadores mencionados en la columna de grupo de variables de la Tabla 5. Esto resultó en un total de 2.832 empresas, de las cuales 106 tenían la etiqueta 1 y 2.726 tenían la etiqueta 0, lo que significa que la base de datos estaba desequilibrada. En una segunda depuración, se eliminaron las empresas que tenían indicadores con errores debido a divisiones por cero, manteniendo la mayor cantidad de etiquetas 1 posible.

Tabla 5. Variables definidas para el modelo de analítica predictiva

| Nro | Variables |
|-----|---|
| 1 | Etiqueta |
| 2 | Razón corriente |
| 3 | Prueba ácida |
| 4 | Ratio de estabilidad financiera |
| 5 | Capital de trabajo neto sobre activos totales |
| 6 | Apalancamiento financiero |
| 7 | Autofinanciamiento |
| 8 | Ratio de endeudamiento |
| 9 | Nivel de cobertura I |
| 10 | Nivel de cobertura II |
| 11 | Margen Neto |
| 12 | Margen Bruto |
| 13 | Retorno sobre los activos ROA |
| 14 | Retorno sobre el patrimonio ROE |
| 15 | Solvencia |

Fuente: Elaboración Propia

Establecer Dataset

Después de seguir el procedimiento detallado en la sección "Determinar variables relevantes para modelo de analítica predictiva", se obtuvo una base de datos que consta de 2.473 empresas con 14 variables. De estas, 100 empresas estaban etiquetadas como 1. Dado que la cantidad de muestras con la etiqueta 1 era reducida, se buscó equilibrar la base de datos asegurando la misma cantidad de etiquetas 1 y 0. Para lograr esto, se aplicó la técnica de submuestreo aleatorio. Como resultado de este proceso, se obtuvo la base de datos definitiva, que ahora está balanceada y consta de un total de 200 muestras.

Construyendo el Conjunto de Datos y Realizando Pruebas

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Para clasificar las pymes colombianas como solventes o insolventes, se analizó una muestra de 200 empresas elegidas aleatoriamente. La muestra se dividió de manera que el 50% de las empresas se declararon en insolvencia para el año 2019 y el otro 50% no estaban en esa condición. Luego, esta muestra se dividió nuevamente, asignando el 70% de los datos para aplicar los métodos de Machine Learning: árboles de decisión, bosques aleatorios, máquinas de soporte vectorial y redes neuronales artificiales. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 6, que muestra los indicadores resultantes de la matriz de confusión para cada método.

Tabla 6. Resultados de indicadores de la matriz de confusión de los métodos de machine learning

| Metodología | Accuracy (Precisión) | Sensitivity (Sensibilidad) | Specificity (Especificidad) |
|----------------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Árbol de decisión | 70 | 80 | 60 |
| Bosques aleatorios | 76.67 | 83.33 | 70 |
| Máquinas de soporte vectorial | 75 | 86.67 | 63 |
| Redes neuronales | 73.33 | 86.67 | 60 |

Fuente: Elaboración propia con el software Python

A través de la tabla se pueden observar los resultados de precisión, sensibilidad y especificidad de cada método. En este contexto, la precisión se refiere al porcentaje de veces en que el método clasifica correctamente tanto a las empresas solventes como a las insolventes. La sensibilidad representa el porcentaje de empresas que se declararon en insolvencia y que el método clasifica correctamente como insolventes. Por último, la especificidad se refiere al porcentaje de empresas que son clasificadas como solventes cuando, efectivamente, lo son.

De acuerdo con estos resultados, los bosques aleatorios presentan la mayor precisión (76.67%) y la mayor especificidad (70%). Por otro lado, las máquinas de soporte y las redes

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

neuronales tienen la mayor sensibilidad (86.67%). Los árboles de decisión muestran los indicadores menos favorables.

En consecuencia, se elige el método de los bosques aleatorios como la metodología para la clasificación, ya que ofrece los indicadores más altos en conjunto. No obstante, si se da prioridad a la capacidad de identificar empresas insolventes, se podría considerar utilizar las máquinas de soporte vectorial, ya que tienen la mayor sensibilidad con buena precisión y especificidad.

La implementación de este modelo de analítica de datos para el flujo de caja en la plataforma FINTECH está en proceso. Los módulos de analítica descriptiva y analítica predictiva están terminados, mientras que el módulo de analítica diagnóstica se encuentra en desarrollo conceptual. Para aplicarlo en producción con datos específicos de las MiPyMEs, la plataforma FINTECH debe mantenerse operativa durante al menos un año. A pesar de esto, basándose en el desarrollo de esta investigación y las pruebas piloto realizadas, se puede afirmar que el modelo propuesto es muy prometedor. Para trabajos futuros, se necesita refinar los tres componentes del modelo y entrenar el componente de Analítica Predictiva con un dataset más amplio.

Discusiones

El papel de las MiPyMEs es fundamental en la economía colombiana y mundial debido a su gran presencia en el tejido empresarial, su contribución a la generación de empleo y su capacidad para brindar oportunidades a sectores vulnerables de la sociedad. A pesar de los esfuerzos gubernamentales y las recomendaciones de organismos internacionales, las altas tasas de cierre de MiPyMEs en sus primeros años de operación persisten como un problema crónico. Si bien se han implementado medidas como estímulos para la creación de empresas, reducción de impuestos y acceso a créditos, así como programas de capacitación en administración y contabilidad, estos enfoques no han sido suficientes para

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

contrarrestar esta problemática. En este contexto, el análisis y control del flujo de caja emergen como herramientas cruciales para prevenir la insolvencia y la falta de liquidez en las MiPyMEs.

El estado del arte revela un sorprendente vacío en la literatura sobre la gestión del flujo de caja utilizando herramientas de analítica en un contexto de MiPyMEs. Dada la importancia del flujo de caja para la liquidez de las empresas y la baja supervivencia de las MiPyMEs, este hallazgo resalta la necesidad de una mayor investigación y desarrollo en esta área. Además, demuestra la importancia de proporcionar a los microempresarios herramientas efectivas para comprender la situación de sus negocios y tomar decisiones oportunas.

La aplicación de modelos de clasificación de inteligencia artificial en el análisis financiero se presenta como un enfoque crucial para la toma de decisiones empresariales. La capacidad de predecir el riesgo de insolvencia de una empresa a través del análisis del flujo de caja puede tener un impacto significativo en su rentabilidad, estabilidad financiera y supervivencia. La escasez de trabajos publicados en bases de datos científicas sobre este tema subraya la necesidad de investigaciones adicionales y destaca el potencial para mejoras sustanciales en este campo, lo que podría contribuir a reducir la tasa de cierre temprano de las MiPyMEs. La obtención y procesamiento de datos financieros de alta calidad se presenta como un paso crítico en la construcción de modelos de inteligencia artificial efectivos en finanzas, y la disponibilidad limitada de datos relevantes representa un desafío clave en esta investigación.

El trabajo "Importancia del flujo de caja para la toma de decisiones financieras de las MiPyMEs en Villavicencio" (Murcia Firigua et al., 2020) destacó que alrededor del 50% de los emprendedores encuestados tenían un nivel de formación máximo de tecnólogos, y un 36.7% eran universitarios (véase Fig. 10, segmento A). Sin embargo, la mayoría de estos emprendedores no proviene de campos de administración o contabilidad, donde habría

un mayor conocimiento y valoración de los procesos contables y, específicamente, del flujo de caja, como se refleja en los datos proporcionados por el estudio sobre el uso del flujo de caja. Este hallazgo subraya la importancia de que los microempresarios adquieran conocimientos en contabilidad y flujo de caja. No obstante, se hace hincapié en que esta es un área profesional que no se puede abordar adecuadamente a través de cursos de corta duración, como los que algunas entidades públicas o privadas ofrecen en apoyo a los emprendedores (véase Fig. 10, segmento B). En lugar de ello, es necesario promover una educación más completa y profunda en contabilidad y gestión financiera para garantizar la salud financiera de las MiPyMEs y su capacidad para tomar decisiones fundamentales.

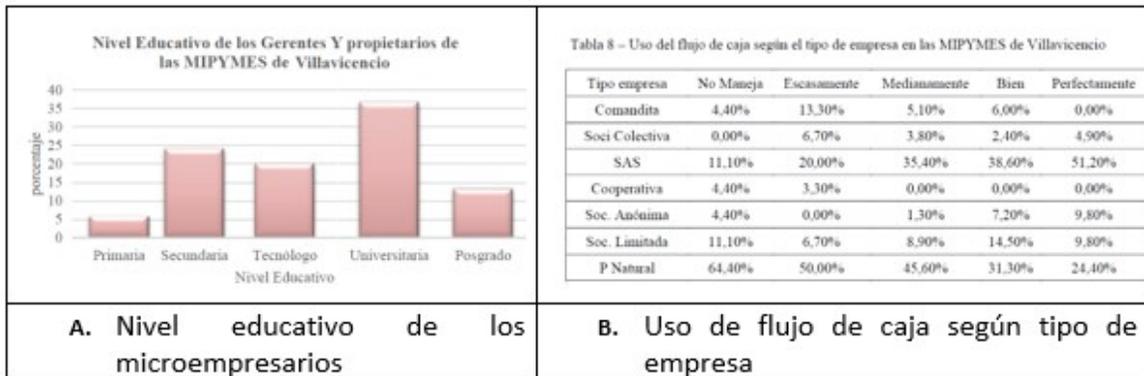


Figura 10. Estadísticas sobre las MiPyMEs de Villavicencio

Fuente: Murcia Firigua et al., 2020

Este estudio sugiere que las MiPyMEs pueden beneficiarse significativamente de las tecnologías de la cuarta revolución industrial, como las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y la inteligencia artificial. Por lo tanto, la investigación propone un modelo de analítica de datos destinado a respaldar el análisis, el control y la toma de decisiones relacionadas con el flujo de caja en las MiPyMEs. Este modelo está diseñado pensando en emprendedores con conocimientos básicos sobre el flujo de caja, pero también reconoce la necesidad de proporcionar una formación más completa en esta área del conocimiento. Esto es esencial para tomar decisiones financieras más acertadas y contribuir a la supervivencia y el crecimiento de las MiPyMEs.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

Este modelo propuesto muestra un gran potencial y promete ser una herramienta valiosa para el análisis y la toma de decisiones relacionadas con el flujo de caja, con el objetivo de reducir la desaparición temprana de las MiPyMEs, que desempeñan un papel crucial en el tejido empresarial y en la generación de empleo en Colombia y a nivel mundial. Sin embargo, el desarrollo de modelos de analítica predictiva, especialmente centrados en el flujo de caja, presenta desafíos significativos debido a la limitada disponibilidad de información y a la falta de investigaciones bibliográficas en esta área. Es esencial que tanto la academia como otros actores de la sociedad trabajen juntos para abordar estos desafíos y promover la supervivencia y el crecimiento de las MiPyMEs.

La baja valoración del flujo de caja como herramienta de control en las MiPyMEs se debe principalmente al desconocimiento de los emprendedores en esta área del conocimiento. Los cursos de corta duración ofrecidos por entidades públicas y privadas no son suficientes para proporcionar la comprensión y las habilidades necesarias en esta materia. Es crucial que se desarrollen herramientas basadas en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) que estén al alcance de los microempresarios y que les faciliten la comprensión, el análisis y la toma de decisiones con respecto al flujo de caja.

Como trabajo futuro, sería importante dedicar más tiempo y esfuerzo al perfeccionamiento de este modelo y considerar el desarrollo de una aplicación que exponga el modelo de manera intuitiva a los usuarios a través de una interfaz gráfica. Esto permitiría que los microempresarios se beneficien de manera más efectiva de esta herramienta y contribuiría a la supervivencia y el crecimiento de las MiPyMEs.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

REFERENCIAS

- Ángel Agudelo, M. N., Serna, Y. B. (2020). *El manejo adecuado del flujo de caja como herramienta de crecimiento financiero en las Pymes de Medellín* [Trabajo de pregrado, Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia]. <https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/680/flujo%20de%20caja.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2000). Apoyo a la pequeña y mediana empresa: una década de actividades del Grupo Banco Interamericano de Desarrollo (1990 – 2000) [https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Apoyo-a-la-peque%C3%B1a-y-mediana-empresa-Una-d%C3%A9cada-de-actividades-del-Grupo-Banco-Interamericano-de-Desarrollo-\(1990-2000\).pdf](https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Apoyo-a-la-peque%C3%B1a-y-mediana-empresa-Una-d%C3%A9cada-de-actividades-del-Grupo-Banco-Interamericano-de-Desarrollo-(1990-2000).pdf)
- Cañola García, J. F., Taborda Blandón, G. E. (2022). *Implementing a Deep Learning Algorithm for Detection of Denial of Service Attacks*. Advances in Computing: 15th Colombian Congress, CCC 2021. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-19951-6_4
- Cardona García, A. L. (2017). *El flujo de caja como herramienta gerencial para el control financiero*. [Trabajo de especialización, Universidad Militar Nueva Granada]. [Http://accioneduca.org/admin/archivos/clases/material/proyeccion-de-flujo-de-caja_1563831859.pdf](http://accioneduca.org/admin/archivos/clases/material/proyeccion-de-flujo-de-caja_1563831859.pdf)
- Céspedes Pinche, D. A., Delgado Torres, M. I. (2019). *Aplicación del flujo de caja, como herramienta financiera, para el control de la liquidez en JYS Control - Carabayllo 2018* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/15129/C%c3%a9spedes%20Pinche%2c%20Daysi%20Agrisina-Delgado%20Torres%2c%20Mar%c3%ada%20Isabel total.pdf?sequence=7&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/15129/C%c3%a9spedes%20Pinche%2c%20Daysi%20Agrisina-Delgado%20Torres%2c%20Mar%c3%ada%20Isabel%20total.pdf?sequence=7&isAllowed=y)
- Ciro Piedrahíta, C. E. (2015). *Evolución e impacto de Analytics en empresas grandes de diferentes industrias en el sector corporativo en Antioquia*. [Tesis de maestría, Universidad EAFIT]. <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/8146/CarlosEduardo%20CiroPiedrahita%202015.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Cheng, M., Hoang, N., Wu, Y. (2012). Prediction of project cash flow using time-depended evolutionary LS-SVM inference model. *National Taiwan University of Science and Technology*. [https://www.iaarc.org/publications/fulltext/Prediction of project cash flow using time-depended evolutionary LS-SVM inference model.pdf](https://www.iaarc.org/publications/fulltext/Prediction%20of%20project%20cash%20flow%20using%20time-depended%20evolutionary%20LS-SVM%20inference%20model.pdf)
- Confecámaras. (2017). *Determinantes de la supervivencia empresarial en Colombia*. [https://confecamaras.org.co/phocadownload/cuadernos de analisis economico/cuaderno de an%d0%b0lisis economico n 14.pdf](https://confecamaras.org.co/phocadownload/cuadernos%20de%20 analisis%20 economico/cuaderno%20de%20 analisis%20 economico%20 n%20 14.pdf)

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

- Confecámaras. (2021). *Dinámica de creación de empresas en Colombia*. [https://confecamaras.org.co/phocadownload/2020/informe dinamica de creacion de empresas prime trimestre 2021 002.pdf](https://confecamaras.org.co/phocadownload/2020/informe_dinamica_de_creacion_de_empresas_prime_trimestre_2021_002.pdf)
- Correa García, J. A. (2005). De la partida doble al análisis financiero. *Contaduría universidad de Antioquia*, n. 46, 169–194. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/cont/article/view/25682/21205>
- Correa García, J. A., Correa Mejía, D. A. (2021). Importancia del estado de flujos de efectivo para la gestión financiera sostenible. *Cuadernos de Contabilidad*, v. 22. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cc22.iefef>
- Dini, M., Stumpo, G. (Coord.). (2019). *Mipymes en américa latina: un frágil desempeño y nuevos desafíos para las políticas de fomento*. Publicación de las Naciones Unidas. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44148/S1900361_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Galeano Cardona, C. L., Segura Montoya, J. A. (2021). *Propuesta de mejora al modelo determinístico para la gestión financiera de empresas PYMES en Colombia*. [Trabajo de pregrado, Universidad EIA]. [https://repository.eia.edu.co/flip/index.jsp?pdf=/bitstream/handle/11190/3389/SeguraJos% c3% a9 2021 PropuestaMejoraModelo.pdf?sequence=11&isAllowed=y](https://repository.eia.edu.co/flip/index.jsp?pdf=/bitstream/handle/11190/3389/SeguraJos%c3%a9_2021_PropuestaMejoraModelo.pdf?sequence=11&isAllowed=y)
- Hackernoon. (2017, June 12th). *The AI Hierarchy of Needs*. <https://hackernoon.com/the-ai-hierarchy-of-needs-18f111fcc007>
- Hendes Velandia, Y. E., Manrique Galindo, L. M. (2018). *Herramienta para el manejo de flujo de caja en las microempresas de Colombia (Estudios de Caso –Confecciones Sarom, Pasillo Bacatá y Julio Betancourt Técnico Electricista S.A.S)* [Trabajo de especialización, Universidad Católica de Colombia]. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/3f7a997f-8d13-432d-83db-1e6c7423134f/content>
- Hirache Flores, L. (2013). El flujo de caja como herramienta financiera. *Actualidad Empresarial*, n. 277. [https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24516w/S9/El flujo caja como herramienta financiera.pdf](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24516w/S9/El_flujo_caja_como_herramienta_financiera.pdf)
- Ibañez Parra, D. A., Ballesteros Peluffo, D. A. (2022). Insolvencia de empresas colombianas a partir de indicadores financieros variables de caracterización: aproximación a través de metodología de clasificación desbalanceada. *Revista Económica y Financiera*, n. 1.
- Kawahara, R., Takeuchi, M. (2021). *Cash flow prediction of a bank deposit using scalable graph analysis and machine learning*. IEEE International Conference on Big Data. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9672081>
- Lantz, B. (2019). *Machine Learning with R. Expert techniques for predictive modeling*. Packt Publishing (Third Edition).
- Martínez Vargas, A. M., Edilson Hernández, M., Velásquez Cerón, O. (2022). Evaluación de las decisiones financieras operacionales que generan flujo de caja en las MIPYMES.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

- Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, n. 34, 60-82.
<https://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/5524/6320>
- Mathworks. (n. d.). *Análisis predictivo. Tres cosas que es necesario saber*. [Consultado el 14 de agosto de 2022]. <https://es.mathworks.com/discovery/predictive-analytics.html>
- Murcia Firigua, C. E., Sánchez Camacho, L., Sánchez Castaño, I. (2020). *Importancia del flujo de caja para toma de decisiones financieras para las MIPYMES en Villavicencio* [Trabajo de pregrado, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. <https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/12589/1/UV.D.AF.MurciaCristhian-SanchezLorena-SanchezImed.2020>
- Oficina Estudios Económicos. (2022). *Informe de tejido empresarial*. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia. <https://www.mincit.gov.co/getattachment/estudios-economicos/estadisticas-e-informes/informes-de-tejido-empresarial/2022/octubre/oe-dv-informe-de-tejido-empresarial-octubre-2022.pdf.aspx>.
- Ossa Giraldo, W., Jaramillo Marín, V. (2021). *Machine Learning para la estimación del riesgo de crédito en una cartera de consumo* [Tesis de maestría, Universidad EAFIT]. https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/29589/Wbeimar_OssaGiraldo_Veronica_JaramilloMarin_2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Parra Rodríguez, F. J. (2019). *Estadística y Machine Learning con R*. <https://bookdown.org/content/2274/portada.html>
- Rivas Ospina, M. E. (2017). *El flujo de caja enfocado a la optimización del manejo de las cuentas por pagar a proveedores* [Tesis de pregrado, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil]. <http://bibliotecasdelecuador.com/Record/oai:localhost:44000-1591/Details>
- Rodríguez Masero, N., López Manjón, J. D. (2016). El flujo de caja como determinante de la estructura financiera de las empresas españolas. Un análisis en tiempos de crisis. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, v. 21, 141-159. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=233146290009>
- Rodríguez Rocha, J. F. (2008). Flujo de caja. Herramienta clave para la toma de decisiones en la microempresa. *Panorama*, v. 2, n. 4, 4-12. <https://journal.poligran.edu.co/index.php/panorama/article/view/259/239>
- Romero Acosta, D. A. (2019). *Diseño y aplicación de una metodología de análisis de las decisiones para caracterizar los factores de supervivencia empresarial en pequeñas empresas del sector manufactura de la ciudad de Bogotá D.C.* [Tesis de maestría, Universidad de los Andes]. <https://repositorio.uniandes.edu.co/flexpaper/handle/1992/43923/u831475.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=1>
- Roncal Sánchez, R. A. (2019). *El flujo de caja como herramienta de gestión de la liquidez de las pequeñas empresas: una revisión de la literatura científica en los 10 últimos años* [Trabajo de pregrado, Universidad Privada del Norte].

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24911/Trabajo%20de%20investigaci%c3%b3n%20ROBER%20ANTONI%20RONCAL%20SANCHEZ%20Total.pdf?sequence=7&isAllowed=y>

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

APÉNDICE

Todos los documentos que a continuación se enumeran como parte del apéndice, son documentos para soportar y validar el trabajo hecho como Joven investigador. Tales documentos irán adjuntos en el mismo email que contiene el presente trabajo.

Apéndice A. 0-Constancia JII Tutor Gabriel Taborda Blandon.pdf



EL SUSCRITO JEFE DE OFICINA - AUTOMEDICIÓN Y CONTROL CTI

HACE CONSTAR QUE:

El docente **GABRIEL TABORDA BLANDON**, identificado con cédula de ciudadanía número **98.489.403**, hizo parte en calidad de tutor del **Programa Jóvenes Investigadores e Innovadores ITM** del siguiente joven investigador:

| Nombre del joven Investigador | Resolución | Periodo | Grupo de Investigación | Línea del grupo de Investigación | Categoría del grupo | Temática | Productos |
|-------------------------------|------------------------------|--|--|----------------------------------|---------------------|--|--|
| Brayan Steven Castaño Zuluaga | 0427 del 21 de abril de 2022 | 21 de abril 2022 al 17 de diciembre 2022 | Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales (AE&CC) | Ciencias Computacionales | A1 | Propuesta de Modelo de Analítica para flujo de caja en MiPyMEs en Colombia | Artículo revista CEA; Propuesta de Modelo de Analítica para flujo de caja en MiPyMEs en Colombia |

El programa **JÓVENES TALENTO DEL ITM EN LOS PROGRAMAS DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN – CTel** está regido por la Resolución 20210006 del 19 de marzo de 2021.

Esta constancia se expide a solicitud del interesado, a los 13 días del mes de abril del 2023.



ADOLFO ESCOBAR ORDOÑEZ
Jefe Oficina Automedición y Control CTI

Dirección: Calle 73 No. 76A - 354, Vía El Volador
Teléfono: (+574) 440 51 00 Fax: (+574) 440 51 02
Código Postal: 050034
Medellín - Colombia

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ADSCRITA AL MUNICIPIO DE MEDELLÍN Vigilado Mineducación



Apéndice B. Constancia-ciclos-de-formación.pdf

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |



Hacia una era de
Universidad y Humanidad

NIT: 800214750-7

EL DIRECTOR OPERATIVO DE EXTENSIÓN ACADÉMICA

HACE CONSTAR QUE:

BRAYAN STIVEN CASTAÑO ZULUAGA, con documento de identidad N° 1040745698, fue docente del ciclo de formación: **Introducción a IA: Algoritmos de clasificación en base de datos Iris**, en el marco del programa "Ciclos de Formación" ofrecidos por la Oficina de Automecisión y Control en CTi.

Fecha de inicio: 8 de octubre de 2022

Fecha de Finalización: 22 de octubre de 2022

Intensidad Horaria: 10 horas

Atentamente,

GERMÁN ALBERTO CARDONA QUINTERO
 Director Operativo de Extensión Académica

- *Esta constancia se elabora con base en la información registrada en el Sistema de Información Académica – SIA.*

Medellín, 3 de marzo de 2023

Elaboró: Natalia Vega de Arco

www.itm.edu.co

Dirección: Calle 73 No. 76A - 354, Vía al Volador

Teléfono: (+604) 440 51 00 Fax: (+604) 440 51 02 / Medellín - Colombia / Código Postal 050034

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ADSCRITA AL MUNICIPIO DE MEDELLÍN VIGILADA MINEDUCACIÓN



Alcaldía de Medellín
 Distrito de
 Planeación, Territorio e Innovación

Apéndice C. Evidencia de sometimientos del artículo (Revista CEA)

Envíos

Mi lista 1

Archivos

 Ayuda

Mis envíos asignados



 Filtros

Nuevo envío

2607 **Castaño Zuluaga et al.**

Propuesta de Modelo de Analítica para flujo de caja en MiPyMEs en Colombia

 5/8  4

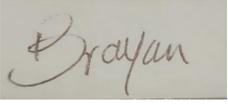
Revisión

Ver



 Revisiones solicitadas.

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |


 FIRMA ESTUDIANTES


 FIRMA ASESOR

Rdo y aprobó para sometimiento el 07/11/2023

FECHA ENTREGA: 01/11/2023

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO _____ ACEPTADO _____ ACEPTADO CON MODIFICACIONES _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____