

Estimación de esfuerzo en desarrollo de software ágil: Estudio del estado actual en Bogotá

Estimation of effort in agile software development: Study of de current state in Bogotá

Fernando Prieto-Bustamante¹

¹Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia, fernando.prieto@usantotomas.edu.co

Recibido: 22 de abril de 2020 Aceptado: 23 de junio de 2020

Resumen– lo largo de los años se han llevado a cabo numerosos estudios relacionados con la estimación de esfuerzo en el desarrollo de software ágil, los cuales permiten comprender los avances que han tenido y la necesidad de su uso en las empresas. El objetivo del estudio es conocer la perspectiva de empresarios de distintas organizaciones de Bogotá que trabajan en el sector o estén relacionados con el desarrollo de software ágil y aquellos que han tenido proyectos relacionados con el tema. Se realizaron 314 encuestas en la ciudad de Bogotá, los principales hallazgos fueron: 1) Para las compañías es sumamente importante la adopción de una metodología de estimación de esfuerzo, con un 34%. 2) La técnica de estimación más usada es el punto de caso de uso, con 43,31%. 3) El predictor de esfuerzo más utilizado es la Línea de código 38,85% y seguida de este *STORY POINT*, con 33,76%. 4) Como metodología ágil adoptada en las empresas se encuentra *SCRUM*, con 43,95%. 5) Como factor más determinante para estimar el esfuerzo, se considera la experiencia de equipo, con 53,50%. 6) En el porcentaje de error entre estimación de esfuerzo proyectada y esfuerzo real, el 26,75% de los encuestados determinan que está subestimada entre un 5 y 25%. 7) Finalmente, para estimar el esfuerzo de proyectos mediante desarrollo de software ágil el 26,11% los encuestados reconocen que la mayor dificultad son los recursos. De este modo, se concluye que la estimación de esfuerzo es relativamente variable; para muchas compañías, esto depende también de las necesidades

de cada una, por otro lado, el uso de metodología ágil y técnicas de estimación varía en su uso dependiendo del cruce que se dé entre ellas y como se complementan entre sí.

Palabras claves– Desarrollo de software, metodología ágil, estimación de esfuerzo y Software ágil.

Abstract– Over the years, numerous studies have been developed related to estimating effort in agile software development, which help us to understand the progress they have made and the need for their use in companies. The objective of the study is to know the perspective of entrepreneurs from different organizations in Bogotá who work with or are connected to the development of agile software and those who have had projects related to the subject. 314 surveys were conducted in the city of Bogotá, the main findings were: 1) For companies, it is extremely important to adopt an effort estimation methodology with 34%. 2) The most used estimation technique is the use case point with 43.31%. 3) The most used effort predictor is Code Line 38.85%, followed by *STORY POINT* with 33.76%. 4) *SCRUM* is the agile methodology adopted in companies with 43.95%. 5) The most determining factor to estimate effort is team experience with 53.50%. 6) In the percentage of error between an estimate of projected effort and actual effort, 26.75% of those surveyed determine that it is underestimated between 5% and 25%. 7) Finally, to

Citar este artículo como: Prieto-Bustamante, F. Estimación de esfuerzo en desarrollo de software ágil: Estudio del estado actual en Bogotá. ITECKNE, 17(2), 2020 pp. 110 -131 doi: <https://doi.org/10.15332/iteckne.v17i2.2471425>

estimate the effort of projects through agile software development, 26.11% of respondents recognize that the greatest difficulty is resources. In this way, it is concluded that the effort estimation is relatively variable, for many companies, this also depends on their particular needs; on the other hand, the use of agile methodology and estimation techniques varies in its use depending on the crossing that occurs between them and how they complement each other.

Keywords– Software development, agile methodology, effort estimation y Agile software.

1. INTRODUCCIÓN

La industria del software y estimación de esfuerzo en el desarrollo de software trae beneficios como el ahorro de costos, acceso al grupo de recursos, entre otros [1]. Adicional a esto el desarrollo de software ágil reemplaza eficientemente los métodos tradicionales de avances de software en la industria y es un enfoque iterativo e incremental que mejora los productos y proyectos exitosos gracias al uso de los comentarios de los clientes y la frecuente actualización de documentación de los proyectos [2, 3, 4]. Por otro lado, la estimación de esfuerzo en el desarrollo de software ágil se convierte en un desafío, debido a que los requisitos evolucionan constantemente y se deben ajustar [5]. Para esto es necesario comprender sus enfoques individuales para poder comparar y sintetizar los beneficios, ya que la naturaleza volátil de los procesos de desarrollo de software está cambiando rápidamente los requisitos del cliente, la necesidad exhaustiva de entregables a corto plazo o la operación bajo estrictas restricciones financieras [6]. Sin embargo, la estimación de esfuerzo en el desarrollo de software ágil es vista desde distintos puntos, como factores, parámetros, atributos, características y variables, los cuales influyen en la estimación y, por esto, la experiencia en desarrollo de software ágil cumple un papel importante a la hora de seleccionar métricas, metodologías y técnicas.

En otras palabras, existen varias metodologías para el desarrollo de software. En la actualidad gran cantidad de empresas de software utilizan una metodología de software ágil siendo este uno de los enfoques iterativos que hacen que se mantengan las acciones necesarias con entornos de desarrollo dinámico, por otro lado, los usuarios prefieren las metodologías tradicionales antes que las metodologías ágiles, pese a que las tradicionales presentan falencias como la incapacidad de hacer frente a los cambios constantes de los requisitos de usuario [7]. Sin embargo, se ha comprobado que los modelos tradicionales de predicción de proyectos de software son poco confiables o requieren métricas sofisticadas para ser reproducidos responsablemente, ambos representan un problema en el ágil desarrollo [8] y, en consecuencia, puede afectar la competitividad (y ocasionalmente la supervivencia) de las organizaciones de software, puesto que esta depende de su capacidad para predecir con precisión el esfuerzo requerido para desarrollar proyectos de software [9].

A pesar de las investigaciones y estudios realizados sobre diferentes métodos para estimar el esfuerzo de proyectos de software ágil, aún se evidencian vacíos y a la fecha no hay una técnica, metodología o estrategia que permita calcular de una manera óptima o cercana el esfuerzo por emplear en proyectos de desarrollo de software ágil.

Las investigaciones, tipo caso de estudio, que permiten la recolección de datos de empresas, y en el presente caso de empresas de desarrollo de software en Bogotá, evidencian un estado actual de la industria del software y la importancia de contemplar estudios más robustos que contribuyan al sector de software para establecer procesos de mejoramiento continuo en cuanto a métodos de estimación de esfuerzo se refiere. Para la elaboración del estado del arte en temas relacionados con la estimación de esfuerzo y la industria del software se utiliza motores de búsqueda o librerías digitales, como lo son IEEE Xplore, Science Direct, Scopus, entre otras [12]. Donde se pueden encontrar artículos de estudio de literatura, estado actual del uso de metodologías ágiles para el desarrollo de software y artículos donde se realizan encuestas que permiten generar un análisis en el campo de trabajo.

En el presente artículo se analiza una encuesta realizada a más de 300 profesionales, expertos y especialistas en la estimación de esfuerzo de desarrollo de proyectos de software ágil, que se encuentran vinculados en empresas de desarrollo de software en la ciudad de Bogotá o en áreas de desarrollo de software, con el fin de determinar la importancia, técnicas, metodologías, métricas y variables, así como el porcentaje de error en la estimación y las principales dificultades a la hora de estimar el esfuerzo.

1.1 Estado del arte

Para hablar de la estimación de esfuerzo en el desarrollo de software ágil se debe hacer una descripción y búsqueda detallada de literatura, documentos, análisis y demás relacionados con la temática. Por ejemplo, Harshita Vachhani en su artículo publicado en 2018, dice que las metodologías ágiles de diseño y desarrollo de software han recibido una gran atención en la comunidad de investigación de ingeniería de software desde su introducción temprana a mediados de los años noventa, además de ser muy adoptadas por la industria del desarrollo de software ágil en esencia es una metodología de desarrollo y diseño de software iterativa, liviana y esbelta que nació a fines de la década de 1990. Además, las metodologías ágiles se utilizan cada vez más en empresas de desarrollo de software; incluso las grandes empresas, como Microsoft han comenzado a usarlo, lo que demuestra una importancia y un reconocimiento cada vez mayor de este grupo de metodologías [13], por otro lado, Mirko Perkusich identifica que existen tendencias positivas en el número de estudios relacionados con el desarrollo de software ágil y además que el principal objetivo de aplicar técnicas inteligentes es apoyar el momento de la toma de decisiones [14].

Diferentes investigadores han trabajado sobre el problema de estimación de esfuerzo en desarrollo de software ágil en diferentes países, teniendo presente que es una temática de interés mundial. En 2005, Jorgensen & Molokken [15] hicieron un estudio a 18 empresas noruegas para determinar las diferencias entre el cronograma propuesto y los esfuerzos excesivos entre proyectos que utilizan metodologías ágiles y secuenciales en el desarrollo de proyectos de software ágil, el estudio determinó que los proyectos que utilizan un modelo flexible experimentan menos sobrecargas con respecto a los que manejan procesos secuenciales [15].

Hay artículos investigativos donde se realizan revisiones de literatura, como lo hace Dantas en su análisis de 24 documentos relevantes relacionados con la estimación de esfuerzo en el desarrollo de software ágil y haciendo uso de un análisis temático. La revisión, por otro lado, permite y genera la necesidad de investigar más sobre las técnicas inteligentes en la estimación de esfuerzo, ya que estos tienen beneficios para mejorar la gestión de proyectos ágiles [16,17].

En 2008 Da Yang realizó un estudio con el fin de identificar las posibles áreas de mejora de la estimación de esfuerzo en desarrollo de software, dicho estudio contempló el análisis de 112 proyectos y la realización de encuestas a 116 empresas, basado en el Chinese Software Benchmarking Standards Group (CSBSG), lo cual le llevó a determinar que los proyectos grandes tienen mayor tendencia a presentar sobreesfuerzo y retrasos en la entrega [18].

Capretz en 2009, tomando como base 439 proyectos de software del International Software Benchmarking Standards Group (ISBSG), propuso un nuevo método de estimación conocido como Voting Framework, al tomar como referencia modelos de estimación populares de precisión y logró generar así la estimación con 5 métodos paramétricos y contribuyó a mejorar la precisión de estimación de desarrollo de software [19].

En 2013, Danh & De Tran realizaron una revisión sistemática de literatura (SLR) actual sobre la estimación de esfuerzo en proyectos de software ágiles, iterativos e incrementales. En el estudio se evidencia que los enfoques de estimación basados en modelos, monitoreos y expertos son los más populares. Así mismo, aproximadamente la mitad de los estudios utilizan datos empíricos para validar sus modelos de estimación [20].

Usman, Mendes & Borstler [21] estudiaron sobre la estimación de esfuerzo en desarrollo de software ágil en la práctica y recopilieron datos de profesionales de desarrollo ágil de diferentes empresas y países. Los resultados indican que en su mayoría los equipos ágiles utilizan técnicas de estimación que se basan en la evaluación subjetiva como juicio de expertos y analogía. De igual forma, los puntos de historia son la métrica más utilizada y el 52% de los encuestados indican que las estimaciones ágiles están sobreestimadas con un factor de 25% [21].

R. Sriram y S. K. Mathew construyen con un artículo donde se presenta la revisión de literatura, como se ha nombrado anteriormente la cual relaciona el desarrollo global de software (GSD) y el uso de la metodología ágil en GSD, en su artículo identifican tres temas principales en el entorno, como lo es el desempeño de desarrollo global del software; problemas relacionados con el gobierno, y procesos de ingeniería de software; por otro lado, una de las principales conclusiones a las que llegan en su artículo es que el uso de las metodologías ágiles se extiende, en vez de hacer uso de estas en conjunto [22]. Esta área también, en caso de estudio para Wantana Singhto quien en su documento pretende identificar errores comunes, dificultades y las mejores prácticas para estimar la intensidad laboral en proyectos de software [23].

Usman, por otro lado, menciona que la estimación de esfuerzo es más difícil en un contexto ágil, ya que esta adopta el dinamismo, para esto y para ser más congruentes con lo dicho, se realizan investigaciones donde se pretende comprender el proceso de estimación con respecto a su precisión en el contexto del desarrollo de software ágil desde la perspectiva de los equipos de desarrollo ágil [17].

Basándose en el artículo, "Examinando decisiones características y desafíos para el desarrollo ágil de software" de Meghann L. Drury-Grogan la investigación que estudia los aspectos estrechos de la toma de decisiones en diferentes entornos pretende conocer cuáles son las características de decisiones relacionadas con los valores ágiles y los desafíos que presentan entre otros, se pudo evidenciar e identificar las fallas en la toma de decisiones en un entorno ágil, aun más cuando se tiene en cuenta la calidad de gestión, el proceso de decisión y demás [24], sin embargo, es pertinente también conocer los factores que influyen en el éxito de los proyectos de desarrollo de software ágil, para esto Carlos Tam propone en su artículo los factores considerados como influyentes, pues relaciona el éxito en términos de costos, tiempo y satisfacción del cliente, convirtiéndolos en un triángulo de enfoque de métodos mixto [25].

Cuando se habla de ciclo de vida de las metodologías ágiles y su integración en la arquitectura del software, se puede centrar esta como un trabajo en equipo de adaptabilidad y colaboración dentro del grupo encargado, como lo menciona Navarro en su artículo [26], sin embargo, las dependencias y características generales de los modelos de ciclo de vida se han determinado y esbozado, anteriormente en "Características particulares generales de los modelos de ciclo de vida". Por lo tanto, Molokken-Ostfold en su artículo enfatiza no solo en la necesidad de presentar los últimos desarrollos en el campo de la organización de procesos de trabajo al sector de TI de Ucrania, sino que también señala que quizás lo más importante es el rechazo innecesario de logros pasados [28].

Lise Tordrup Heeager en su artículo menciona que los sistemas de software críticos para la seguridad se utilizan cada vez más en nuevas áreas de aplicación, como disposi-

tivos médicos personales, control de tráfico y detección de patógenos. El desarrollo de los productos críticos para la seguridad está altamente regulado, por lo tanto, los desafíos de desarrollar software crítico para la seguridad han sido establecer un proceso formal moldeado sobre la experiencia de la gestión de proyectos y de la gestión de calidad. El objetivo del estudio fue comprender cómo se pueden utilizar los procesos ágiles en el desarrollo de software crítico para la seguridad. El análisis indica que el desarrollo incremental es más adecuado que el desarrollo iterativo para software crítico para la seguridad [27].

También es cierto que estos temas relacionados con el desarrollo de software ágil son usados en sistemas de inferencia difusa, como lo menciona Rai y su equipo en su documento donde proponen el modelo basado en el Sistema de Inferencia Difusa para seleccionar un método ágil apropiado para el desarrollo exitoso de software. En este se han propuesto varios métodos ágiles, como la programación extrema (XP), SCRUM, Desarrollo controlado por funciones (FDD) y Método de desarrollo dinámico del sistema (DSDM). Donde la metodología ágil se basa en un concepto de desarrollo iterativo e incremental como se ha mencionado antes, en el que una gran cantidad de personas ha contribuido a construir software de alta calidad de manera eficiente en cuanto a costos y cronogramas, lo que permite que el proyecto acepte las modificaciones con prontitud [28]. Para esto hay herramientas mismas de software con las cuales se realizar trabajos de artículos e investigaciones sobre la estimación de esfuerzo y se hace uso de modelos de lógica difusa con MATLAB el cual puede que no sea completamente exacto, pero reducen el riesgo e incertidumbre [3].

Dejando de un lado la literatura en el campo de acción se puede recopilar información por medio de encuestas, por ejemplo: Quelal en su artículo Una encuesta de desarrollo de software ágil metodologías en Ecuador, permite decir que en América Latina hay poca información sobre la adopción de las metodologías ágiles, además, presenta un estudio realizado en Ecuador sobre el uso, la utilidad y las causas de dejar de usar metodologías ágiles en organizaciones medianas y grandes. Y en el cual permite concluir con que el desafío es integrar eficientemente el proyecto ágil en su entorno. Algunas de las razones percibidas para continuar utilizando metodologías ágiles en el sector bancario son: la necesidad de una metodología para controlar el desarrollo de software y procesos de mantenimiento; para garantizar la satisfacción de los requisitos; y, la versatilidad, fácil comprensión y adaptabilidad de las metodologías ágiles [29]. Por otro lado, Labedzki también realiza una encuesta donde proporciona una visión general de los métodos de estimación que las compañías de software aplican para estimar sus proyectos, por qué se eligen esos métodos y qué tan precisos son. Para mejorar la precisión de la estimación, dicho conocimiento es esencial. En las últimas dos décadas, varias encuestas de investigación se han centrado en el esfuerzo del proyecto de software y la estimación del cronograma. Esto es importante, ya que una visión imparcial

es esencial para ayudar a la industria a hacer estimaciones más precisas [30].

Finalmente, Méndez (2018), desarrolló una investigación sobre la estimación de esfuerzo en proyectos de desarrollo de software con metodologías ágiles, en la cual hizo una revisión sistemática de literatura, tomando como base el estudio realizado por Usman, Mendes, Weidt & Brito (2014) lo que le permitió ampliar el marco temporal y verificar el avance del uso de modelos de estimación de esfuerzo desde un foco investigativo. Tomando como base 46 estudios primarios, se afirma que desde 2015 las investigaciones sobre estimación de esfuerzo en desarrollo ágil han ganado interés, lo cual refleja que una gran variedad de modelos hayan sido investigados desde un punto de vista empírico. Así mismo, el estudio resalta que el uso de *Machine Learning* ha generado importancia por parte de los investigadores, lo cual ha llevado a relegar métodos como casos de uso, *Planning Poker* y los demás basados en juicio de expertos. *Story Point* sigue siendo la principal métrica para medir el tamaño de los proyectos en desarrollo ágil [10].

De acuerdo con la recopilación bibliográfica realizada, en Colombia no hay estudios sobre esta temática. Sin embargo, sí se tiene conocimiento que desde el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicación (MINTIC) han venido apoyando a las empresas de desarrollo de software de Colombia en la mejora de sus procesos por medio de la metodología CMMI [31]. Es basado en lo anterior, que se desarrolla este estudio empírico, fundamentado en profesionales de empresas de desarrollo de software de Bogotá que practican metodologías ágiles y se busca que sea la plataforma de inicio para impactar la industria del software en Colombia que cada día crece más y por ende necesita ser más competitiva.

1.2 Industria del software en Colombia

El mercado de software y tecnologías de la información de Colombia es el cuarto (4o) más grande de Latinoamérica, después de Brasil, México y Argentina. Durante los últimos 10 años el mercado de TI en Colombia ha crecido un 18%, el sector del software tuvo un crecimiento del 19.1% y en este mismo rango de tiempo los servicios de TI han crecido un 15.4% [32].

Así mismo, Paola Restrepo, presidenta de Fedesoft (Federación Colombiana de la Industria del Software y Tecnologías Informáticas), indicó que en el 2017 había 6.096 empresas de TI inscritas y en el 2018 subirían a más de 7.000. De igual forma dio a conocer que el 82% son microempresas, 13% pequeñas, 3% medianas y solo el 2% grandes que, sin embargo, aportan el 74% de la facturación. Las líneas de negocio principales son desarrollo de software, consultoría TI y diseño y desarrollo web. Comercio, financiero, Gobierno y logística son los sectores que más demandan servicios. Esta industria exporta 244 millones de dólares, siendo los principales destinos EE. UU., Ecuador, España y México. Las ventas a Panamá han crecido 39,1% [32].

Recopilando un poco de historia a partir de la década de los 90 el sector del software juega un papel importante en el desarrollo industrial colombiano, ya que este contribuye a la eficiencia de los procesos de diseño, producción, distribución y comercialización. Por eso desde 2008 Colombia cuenta con un plan estratégico del sector del software en el cual se pretende desarrollar y hacer cumplir un marco normativo apropiado, fortalecer la madurez de la industria de TI, mejorar la infraestructura entre otras (2011) [33].

En 2011, Zuluaga realizó un estudio del comportamiento de la industria del software en Colombia, ante escenarios de capacidades de innovación y ventajas comparativas por medio de dinámica de sistemas, en el que menciona que: "En general, las fortalezas y debilidades de la industria del software de Colombia han sido identificadas por diferentes organizaciones mediante diversos estudios que han ayudado a la caracterización del sector. Entre estas organizaciones se encuentran la Federación Colombiana de la Industria del Software y Tecnologías Informáticas (FEDESOFI); la corporación INTERSOFTWARE; PROEXPORT; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo; Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales de Colombia (DIAN), Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Cámara de Comercio de Medellín, y Cámara de Comercio de Bogotá. Estas organizaciones coinciden en la definición de factores que deben caracterizarse en la industria de software, tales como oferta y demanda de productos de software y actores que participan en la industria" [34].

Marín en su publicación "El crecimiento de la industria del software en Colombia" realizada el 2015, resalta que: "La industria del software en Colombia es considerada un sector de clase mundial que representa una oportunidad de crecimiento de competitividad, economía e industria" [35]. En este documento se establecen talleres de modelamiento en grupo donde se pretende identificar los problemas relacionados con el crecimiento de la industria, los cuales permiten construir un modelo de matriz DOFA como se ve en la Tabla I.

Cabe mencionar los tipos de empresas que se encuentran definidas en el sector del software, como Empresas desarrolladoras de software, Empresas distribuidoras y comercializadoras de productos informáticos, Empresas proveedoras de acceso y servicios de internet y Empresas productoras de hardware. En Colombia se cuenta con 800 empresas de industria TI, sin dejar de mencionar que algunas de ellas ya se encuentran posicionadas en el mercado internacional [36].

El sector TIC en Colombia es multidimensional y estratégico, por lo tanto, se mantiene en crecimiento, como se puede ver en la Fig. 1, esto gracias a la gran demanda que se mantiene en el mercado [37]. Entre 2014 y 2015 la industria de Tecnología de la información reportó un crecimiento significativo relacionado con el número de empresas, empleados y ventas, pues el sector aporta 1,19% al PIB nacional, según estudios realizados por el Observatorio TI [42].

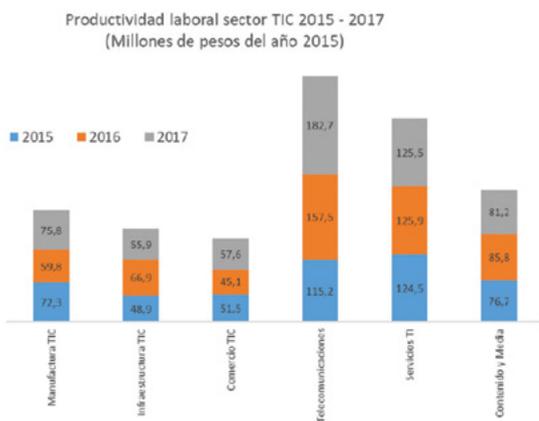
Tabla I.

MATRIZ DOFA A PARTIR DE LOS PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL CRECIMIENTO DE LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> Exceso de mano de obra Salarios competitivos Zona horaria Idioma español Buenas universidades Diversidad de la oferta nacional Capacidad de aprender y generar ideas innovadoras Experiencia del recurso humano tanto académica como empírica 	<ul style="list-style-type: none"> Poca especialización del recurso humano Barreras de idioma, es su mayoría inglés Bajos niveles de certificación a nivel empresarial y personal Productos de baja calidad Bajos niveles de innovación e inversión en estas Falta de organización empresarial Debilidad gremial del sector software Limitaciones en la observación del mercado Poca disponibilidad de la información
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> Amplias posibilidades del mercado de habla hispana Experiencia de países que han tenido éxito Mercado en crecimiento y altamente dinámico Incremento de demanda Creación de nuevas empresas y productos Creación de alianzas nacionales (Clúster) e internacionales Experiencia del recurso humano tanto académica como empírica Interés en la IS como sector de clase mundial Apoyo de nuevos emprendimientos de base tecnológica Ideas y estrategias exitosas No requiere alta inversión en activos fijos Alta virtualidad en los equipos de trabajo 	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad competitiva de las empresas extranjeras Establecimiento de multinacionales en modalidad de competencia Diáspora Regulaciones de exportación de software Fuertes efectos de red de usuario Escasez de capital de riesgo Conocimiento restringido Dinámica de la competencia Poca oferta de recurso humano calificado Costos internacionales competitivos

Fuente: Adaptado de [35].

Fig. 1 PRODUCTIVIDAD LABORAL



Fuente: Tomado de [37]

Según Merchán en su estudio realizado en 2007 “Caracterización de las empresas pertenecientes a la industria emergente de software del suroccidente colombiano”, en algunos países de Latinoamérica la industria del software es incipiente e inmadura, lo cual conlleva la falta de competitividad que a su vez dificulta su crecimiento con calidad. En la actualidad, la industria de software requiere de estudios que produzcan información detallada y precisa sobre todas las variables significativas en el mejoramiento de la competitividad de esta industria a nivel regional, nacional e internacional. En las empresas emergentes existen áreas específicas que necesitan tratarse con prioridad, una de ellas es el área de administración de configuración, debido a que no tienen un proceso definido y algunas de las actividades que realizan no son controladas, ejecutadas, ni documentadas, según sus procesos de desarrollo [38]. Los estudios encargados de consultorías internacionales y del gremio como lo es Fedesoft permiten tener información y control de los ingresos del sector de TI en Colombia. Un estudio realizado por IDC asegura que el mercado de TI en Colombia generó en el 2009 ingresos por US\$3,697 millones de dólares, representando un crecimiento cercano al 148% en los últimos 6 años [33].

El fortalecimiento de la industria de las tecnologías de la información en Colombia va de la mano con propuestos que tienen como meta duplicar el tamaño en ventas de la industria TI, con dimensiones estratégicas, como lo son el emprendimiento y fortalecimiento empresarial diseñando modelos de emprendimiento especializado; calidad, adoptando modelos de calidad globalmente reconocidos, normatividad, talento humano, I+D+i; asociatividad, tomando acciones como encuentros entre el MINTIC, los gremios y clúster de la industria TI de Colombia y trabajando en regiones como el Caribe, Antioquia, Valle del Cauca, Santander, entre otros [39]. Al mismo tiempo, la cadena de valor del sector TIC en Colombia está compuesta por las siguientes dimensiones, las cuales ayudan a su fortalecimiento: La infraestructura, que soporta la utilización de servicios y productos; la fabricación y venta

de los bienes TIC; la producción de los servicios de telecomunicaciones; la industria de las plataformas digitales y componentes transversales compuestos por conjuntos de investigación, desarrollo e innovación necesarias para la continua evolución del sector [42].

Cabe incluir y mencionar proyectos como Plan Vive Digital, donde se busca que el país se adapte y tenga mayor manejo de las tecnologías e internet. El plan estratégico de mercadeo y ventas que existe para el sector del software funciona como guía para focalizar y conducir la aplicación exitosa del negocio del software, con esto se identifica los segmentos de mercado más prometedores para Colombia y se propone las actuaciones esenciales para generar impactos positivos [40].

Una de las ventajas que tiene la industria del software es que no requiere de la adquisición de territorios e infraestructura compleja, y su oportunidad de desarrollo incrementa con el pasar de los años y surgimientos de necesidades. Es posible que un país como Colombia emerja para explotar este tipo de soluciones informáticas, pues el mapa económico mundial se ha modificado y Colombia ha venido fomentando el desarrollo de empresas de base tecnológica que presentan mayores y mejores oportunidades de crecimiento [41].

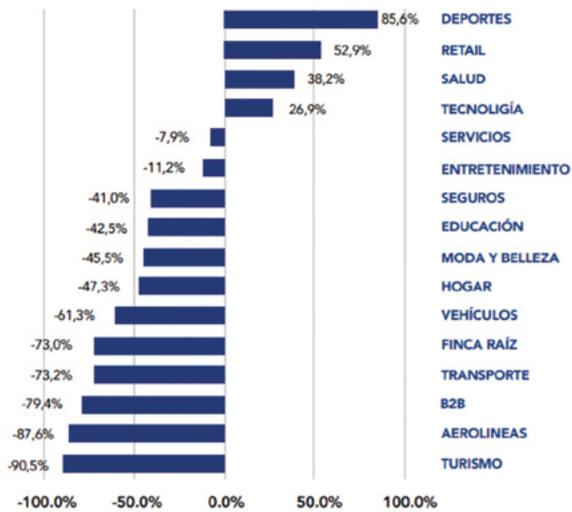
Con el paso del tiempo la exportación de soluciones de la tecnología de la información se convierten en una excelente alternativa en los mercados internacionales, gracias a la calidad, innovación y talento de los profesionales colombianos, todo esto se resume en que es un sector productivo con grandes beneficios. La oferta de exportación de software en Colombia entre 2015 y 2016 fue de un 40% convirtiéndose en prometedora la industria del software para la economía colombiana [61].

Dentro de las actividades que desempeñan las empresas en Colombia, según el “Informe de caracterización de la industria de software y tecnologías de la información”, se encuentra la producción y servicios para actividades de información y comunicación con un 40% de apropiación, actividades financieras y de seguros con un 10,4%, servicios administrativos y de apoyo con un 8,3%, actividades profesionales, científicas y técnicas con un 7,8% y, finalmente, se registran actividades relacionadas con la educación con un 2,8% [61].

Por medio de ProColombia, MinTIC y los convenios Colombia Bring IT On que tiene el Gobierno colombiano, se tienen grandes expectativas acerca del crecimiento de la industria TI y la industria del software, se pretende que en 2025 la industria del software represente el 5% del PIB en Colombia [61].

La transformación digital que se ha construido como mediador por la llegada de la pandemia del COVID-19 a Colombia desde marzo, ha traído beneficios sobre el comercio electrónico, ya que fue un cambio en un corto periodo de tiempo y que afectó la vida de millones de personas [60].

Fig. 2 COMERCIO ELECTRÓNICO EN ALGUNOS SECTORES DE COLOMBIA.



Fuente: Tomado de [60].

La Fig. 2 muestra un amplio panorama de la huella que deja el paso de la pandemia. Muchos de los productos y servicios que se venden por medio del comercio electrónico crecieron, pero otros muchos fueron muy afectados, el sector del deporte se encuentra con un crecimiento del 85,6%, mientras que el turismo de decreció un -90,5% [60]. Son comprensibles estas cifras y aun así permiten evidenciar el gran impacto que tiene el comercio electrónico y las herramientas mediadas por las TIC para mantener en pie una gran variedad de sectores económicos.

En Colombia se puede identificar que las principales empresas con actividades relacionadas a edición de programas de informática (software) se encuentran ubicadas en la capital del país, dejando así a Bogotá y Antioquia encabezando la mayor parte de empresas que pertenecen al sector de las TI [62].

Colombia cuenta con un 81% de trabajadores ocupando puestos de trabajo con niveles Baja/Media según la estimación de la Organización Internacional del Trabajo en el 2017 [66], dejando así solo un 19% de profesionales que se capacitan para suplir las necesidades y demandas del Sector TIC. Sin embargo, un estudio realizado en 2017 por McKinsey & Company con información del Observatorio TI, Informe Talent Gap realizado por MINTIC, EAFIT & Infosys permite identificar que Colombia tiene una brecha digital enfocada a talento digital, la cual llegaría a 160.000-250.000 puestos de trabajo en 2025, de los cuales 68.000-112.000 de ellos pertenecen a desarrolladores de software [66].

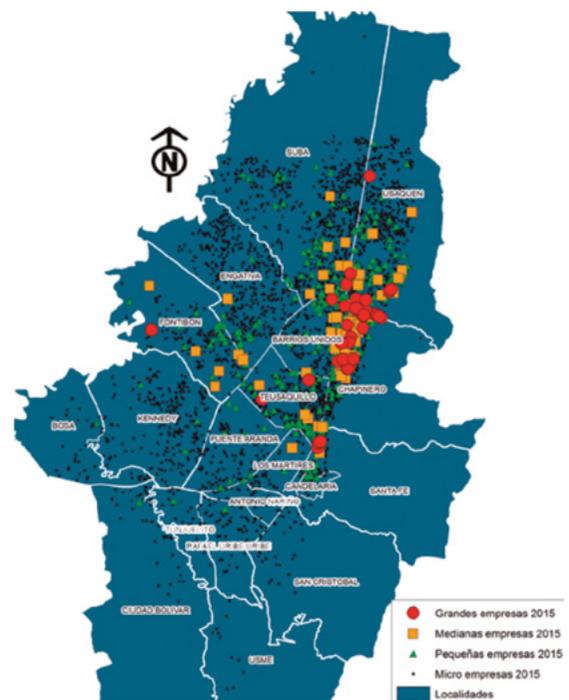
Esto permite identificar la brecha digital que existe en Colombia por falta de capacitación enfocada, específicamente en el Sector TI y desarrollo de software, para lo cual el MINTIC encabeza proyectos para generar nuevas oportunidades a personas que tengan la disponibilidad

de capacitarse y quieren ser parte de la cuarta revolución industrial.

Según el SPE en el 2017 la demanda de vacantes para TI dejó un desbalance de 28,09%, ya que solo el 71,9% de las personas que se capacitan en este sector se gradúan [66]. A nivel general para el año 2020, el viceministro de Transformación Digital de las Tecnologías y las Comunicaciones, por medio de la dirección de Economía Digital, se interesa en contratar empresas que estén dispuestas a formar colombianos para fortalecer la ruta de aprendizaje de sus habilidades en programación y enfrentar los desafíos de la Cuarta Revolución Industrial. Este proyecto incluye el ecosistema TI y se divide en dos rutas, la Ruta 1 está enfocada a estudiantes de educación media (grados 10 y 11), mientras que la Ruta 2 se enfoca para adultos [66].

Por su parte, en Bogotá, las empresas desarrollan software financiero para la industria bancaria. La principal apuesta de las empresas de software en Bogotá es ofrecer software y servicios TI para el sector financiero, teniendo presente el gran número de bancos que hay en la capital colombiana. Así mismo, en Bogotá se desarrollan proyectos de software a gran escala, basados en la gran cantidad de recurso humano, donde dominan las plataformas de software corporativo como SAP, ORACLE, Microsoft, o IBM [32].

Fig. 3 LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR DE SOFTWARE Y TI



Fuente: Tomado de [63].

Por medio de la Fig. 3, se puede demostrar la localización geográfica de las grandes, medianas pequeñas y micro empresas que se encuentran en la ciudad de Bogotá, las cuales pertenecen al sector de software y TI [63].

Las empresas encabezan el uso de estas tecnologías con un 91%, la academia con un 4%, entidades de apoyo con un 3%, gremios con un 1% y el Gobierno con un 2%, lo que permite evidenciar que son las empresas las que toman la decisión de su actualización y además de ayudar a romper con la brecha digital [63].

Por otro lado, el sector de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) hace parte de plan de competitividad e innovación de Bogotá. En la Fig. 4, se evidencia que para el año 2019 se registraron 5.204 empresas nuevas en la ciudad de Bogotá para obtener un total de 27.147 empresas y un promedio de 161.244 de personas con empleos que desarrollan actividades y servicios en este sector tecnológico, permitiendo así ventas de \$53,1 billones de pesos, una productividad e \$320 millones de pesos y una exportación de US\$41,7 millones de dólares [64].

Fig. 4 SECTOR TIC, BOGOTÁ.



Fuente: Tomado de [64].

Para el 2019, la cifra de clúster de software y TI de Bogotá ha crecido un 2,8% con ventas aproximadas a 17,5 billones, según el registro mercantil-CCB. La capital representa el 59% de la industria del software y TI en Colombia según la Confecámaras-CCB [65]. Es evidente el crecimiento de la industria del software a nivel Colombia, sobre todo en la capital del país permitiendo así la apropiación de las tecnologías, evolución de estas y crecimiento de la economía en el país.

2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

En esta sección se describen las preguntas de investigación, el tipo de estudio, diseño, ejecución y amenazas de validez.

2.1 Preguntas de investigación

En el presente estudio son investigadas siete (7) preguntas:

- RQ1: En una escala de 1 a 5, siendo 5 el mayor peso ¿Qué tan importante considera usted la adopción de una metodología de estimación de esfuerzo en el desarrollo de proyectos de software?

- RQ2: ¿Qué técnica de estimación utiliza o ha utilizado más su empresa para estimar el esfuerzo de proyectos de desarrollo de software?
- RQ3: ¿Cuál predictor de esfuerzo se utiliza en su empresa para estimar el esfuerzo de proyectos de desarrollo de software?
- RQ4: ¿Qué metodología ágil utiliza su empresa para el desarrollo de software?
- RQ5: ¿Cuál es el factor que en su empresa consideran más determinante para estimar el esfuerzo?
- RQ6: En la experiencia de su empresa ¿Qué porcentaje de error hay entre la estimación del esfuerzo proyectada y el esfuerzo real en los proyectos realizados?
- RQ7: ¿Cuál ha sido el principal obstáculo o dificultad en su empresa para estimar el esfuerzo de proyectos mediante desarrollo de software ágil?

2.2 Tipo de estudio, diseño y ejecución

El principal objetivo del estudio realizado fue conocer la perspectiva de empresarios de distintas organizaciones que se desenvuelven en el sector del desarrollo de software o que han tenido proyectos orientados al tema en Bogotá. La idea es, Analizar la importancia de la estimación de esfuerzo en el desarrollo de proyectos de software; Determinar las técnicas de estimación y predictores de esfuerzo que se utilizan para estimar el esfuerzo en el desarrollo de software; Identificar las metodologías ágil que utilizan las empresas para el desarrollo de software; Considerar los factores más determinantes para estimar el esfuerzo en proyectos de desarrollo de software; Identificar la desviación de error que existe entre la proyección estimada y la real, de igual modo las principales dificultades para estimar el esfuerzo. Para lo anterior, se desarrolló un cuestionario en Formularios de Google, empleado como instrumento para la recolección de los datos correspondientes, puesto que es una herramienta de uso libre y gratuito.

El cuestionario estuvo disponible entre el mes de febrero de 2019 y 31 de julio de 2019, fue enviado aproximadamente a 500 personas, logrando 360 respuestas y teniendo una tasa de no respuesta del 28%. Solo se utilizaron los datos de las empresas domiciliadas en Bogotá, lo cual lleva que en el presente estudio se darán a conocer los resultados basados en 314 empresas. Es importante resaltar que de las 314 respuestas recibidas el 65,4% son de empresas que se dedican a la comercialización y desarrollo de software en Bogotá. El 34,6% restante fueron obtenidas de profesionales, expertos y especialistas que trabajan en áreas de desarrollo en empresas de otros sectores, como financiero, telecomunicaciones, mensajería, construcción y aeronáutico, donde aplican metodologías de desarrollo ágil de software.

Los especialistas en el tema fueron seleccionados inicialmente entre los contactos personales y adicionalmente se contactaron mediante llamadas directas a las empresas de desarrollo del país. Así mismo, un muestreo de bola de

nieve se utilizó por medio de los contactos en el sector de desarrollo de software.

La encuesta se organizó en dos partes: La primera parte hacía referencia al registro de los datos e información básica de los encuestados y, la segunda parte, corresponde a los RQ descritos en la sección anterior, era enfocada en la experiencia práctica y el conocimiento de los encuestados en el tema de desarrollo de software mediante metodologías ágiles.

Esta investigación es un estudio cuantitativo transversal de tipo descriptivo, la cual buscó describir unas variables establecidas de acuerdo con la revisión literaria realizada. El análisis de los datos cuantitativos se realizó por medio del paquete estadístico de Statgraphics, para interpretar los datos se utilizó la estadística descriptiva. La muestra fue no probabilística, específicamente a conveniencia del investigador.

2.3 Amenazas de validez

A continuación se analizan las principales amenazas de validez del estudio.

Validez de constructo: Está relacionado con los problemas que se pueden presentar respecto al diseño del cuestionario, lo cual podría llevar a no estar midiendo lo que en realidad se busca medir. Esta amenaza esta mitigada debido a que el cuestionario fue validado por tres expertos en estimación de esfuerzo de desarrollo de software ágil.

Validez interna: Hace referencia a factores de confusión que podrían generarse en caso tal de que el encuestado no tuviera conocimiento acerca de los conceptos de desarrollo de software acerca de los cuales se le está preguntando en la encuesta. La presente amenaza se mitiga teniendo presente que en primer lugar el cuestionario en el encabezado dejaba claridad a que solo estaba dirigido a profesionales y expertos en temas de estimación de esfuerzo de desarrollo ágil de software. Adicionalmente se les aseguró a los encuestados su anonimato para que no se abstuvieran de presentarla.

Validez externa: También conocida como generalización, haciendo referencia a que los descubrimientos logrados a través de un estudio específico son aplicables fuera del contexto de estudio. Debido al tipo de estudio realizado los resultados solo se pueden generalizar para equipos de desarrollo de software de la industria del software de Bogotá. Así mismo, basado en la metodología utilizada se logró tener una muestra representativa de la población de interés y que lleve a que esta sea diversa.

3. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados del estudio organizados a partir de las preguntas de investigación.

3.1 Datos de los encuestados

A continuación, se presenta una serie de datos correspondientes a la primera parte del cuestionario, con el fin de entender el contexto de los encuestados seleccionados.

3.1.1 Cargo

En la Figura 5 se presentan los cargos de los encuestados junto con las correspondientes frecuencias y porcentajes. Los resultados muestran tantos Roles gerenciales, Roles no gerenciales y Otros, teniendo en cuenta que los encuestados participan en actividades de estimación de esfuerzo en proyectos de software.

- Roles gerenciales: Los roles gerenciales constituyen un total de 36 (11.46%) de los encuestados y aquí se incluyen directores, CIO y coordinadores.
- Roles no gerenciales: Los roles no gerenciales constituyen alrededor del 80.25% del total de los encuestados y se incluyen los analistas, programadores, desarrolladores de software, arquitectos de TI, gerentes de proyectos, ingenieros de software y técnicos.
- Otros: Los otros roles constituyen el 8.28% del total de los encuestados y se incluyen emprendedores, docentes e instructores.

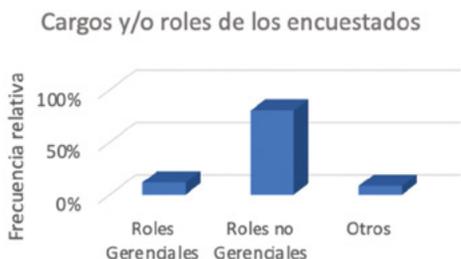
Tabla II.

TABLA DE FRECUENCIAS PARA CARGOS

Clase	Valor	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa acumulada
1	Roles gerenciales	36	11,46%	36	11,46%
2	Roles no gerenciales	252	80,25%	288	92%
3	Otros	26	8,28%	314	100%

Fuente: Elaboración propia.

Fig. 5 CARGOS Y ROLES DE LOS ENCUESTADOS



Fuente: Elaboración propia.

En la Fig. 5 se evidencia que el 80,25% de las respuestas obtenidas provienen de personal que trabajan en roles técnicos ligados al desarrollo de software ágil determinados como Roles no gerenciales. Así mismo, el 11,46% tiene conocimiento y experiencia en desarrollo de software ágil y está ligado a proyectos de software en su día a día, pese a tener Roles gerenciales. Para finalizar, los otros dos roles constituyen el resto de los encuestados con un 8,28%.

La estimación y planeación de esfuerzo es realizada en las diferentes fases, niveles o etapas del proceso de desarrollo de software ágil [21] por esto es importante que la encuesta se haga a personas con Roles gerenciales y Roles no gerenciales para lograr la verificación en las respuestas y diferentes puntos de vista.

3.2 RQ1: Importancia de la adopción de una metodología de estimación de esfuerzo

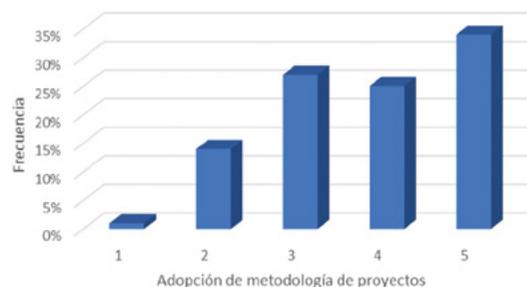
Por medio de una de las preguntas de investigación se pretende conocer la importancia que le dan las empresas a la adopción de una metodología de estimación de esfuerzo. En la Fig. 6 se detallan las respuestas correspondientes a la importancia de la adopción de una metodología de estimación de esfuerzo junto con la frecuencia y porcentajes. De acuerdo con esto, se puede observar que para la escala presentada (1 a 5), el mayor valor muestra, además, el mayor porcentaje de acogida entre los encuestados (34%), es decir, que 106 encuestados consideran muy importante la adopción de una metodología de estimación de esfuerzo en el desarrollo de proyectos de software, seguido del valor medio (3) con un porcentaje del 27% (86 encuestados) y a continuación un 25% (79 encuestados) respondieron con 4 en la escala.

Por otro lado, se puede observar que un total de 4 (1%) encuestados consideran que la adopción de una metodología de estimación de esfuerzo no es importante y un 13% (40 encuestados) la consideran poco importante.

Es significativo resaltar que la segunda respuesta con más frecuencia es la de valor 3 (27%), lo que se podría concluir como poco importante para las empresas, pero si se analizan las demás respuestas y se consideran el valor 4 y valor 5 como uno solo, con frecuencias de (59%) suman un poco más de la mitad de los encuestados, siendo así con-

siderable que sí es importante adoptar metodologías de estimación de esfuerzo.

Fig. 6 IMPORTANCIA DE LA ADOPCIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE ESFUERZO



Fuente: Elaboración propia.

3.2.1 Análisis estadístico variable

¿Qué tan importante considera usted la adopción de una metodología de estimación de esfuerzo en el desarrollo de proyectos de software?

3.2.1.1 Estadísticos descriptivos

Tabla III.

RESUMEN ESTADÍSTICO PARA ADOPCIÓN METODOLOGÍA PROYECTOS

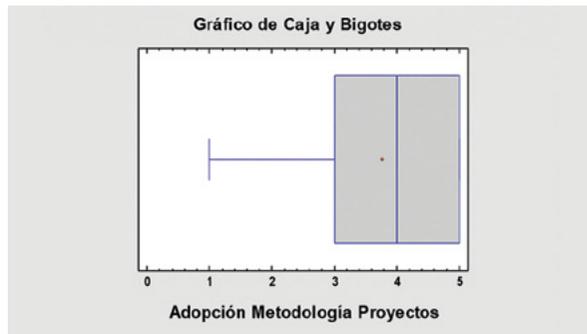
Recuento	314
Promedio	3,77143
Desviación estándar	1,08778
Coefficiente de variación	28,8426%
Mínimo	1,0
Máximo	5,0
Rango	4,0
Sesgo estandarizado	-2,69675
Curtosis estandarizada	-3,39653

La Tabla III muestra los estadísticos de resumen para Adopción Metodología Proyectos. En promedio el grado de importancia es de 3,77. Así mismo, de este valor se desvía en promedio 1,08 unidades. La puntuación más baja fue de 1 y la más alta de 5. De manera especial aquí son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada, las cuales pueden utilizarse para determinar si la muestra proviene de una distribución normal. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar cualquier prueba estadística con referencia a la desviación estándar. Para este caso ni el sesgo estandarizado ni la curtosis estandarizada se encuentran dentro del rango para una distribución normal.

3.2.2 Análisis diagrama caja y bigotes

En la Fig. 7 de caja y bigotes es asimétrico hacia la izquierda, lo que demuestra y confirma que los datos no son normales. El gráfico muestra que la mediana es 4, por lo que el 50% de las calificaciones se encuentran por encima de este valor y el otro 50% se sitúa por debajo.

Fig. 7 CAJAS Y BIGOTES IMPORTANCIA ADOPCIÓN DE METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE ESFUERZO



Fuente: Elaboración propia.

El dato que más se repite o la calificación con más frecuencia fue la de 5, según lo que se puede observar en la tabla de frecuencias y en el histograma. Por lo tanto, el grado de importancia en la adopción de esta metodología es muy significativo para los encuestados.

3.3 RQ2: Técnicas de estimación

Es importante considerar una técnica de estimación por el nivel de precisión que aporta, además que numerosos métodos ha sido propuestos por investigadores desde el inicio de la estimación de software como área de investigación [12], por esto se proporciona esta pregunta. A continuación, los resultados.

La Fig. 8 expone las respuestas correspondientes a la técnica de estimación adoptada por los encuestados en el desarrollo de proyectos de software junto con las frecuencias. En esta muestra, Puntos de casos de uso (43.3%) es la técnica de estimación más usada, seguida por STORY POINT (26.11%) y Juicio de expertos (18.47%). Adicionalmente, se reporta Datos históricos e histórico de proyectos (2) en el TEXT FIELD proporcionado como otras técnicas de estimación empleada y PLANNING POKER (11.46%), es adoptado por 36 del total de los encuestados.

Fig. 8 TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN DE ESFUERZO



Fuente: Elaboración propia.

Dado los resultados obtenidos y relacionándolo con el estudio de revisión sistemática de literatura realizado por Usman [11] se evidencia un contraste respecto a que los investigadores indican que la técnica de juicio de expertos es la más utilizada y en los datos obtenidos por los expertos y profesionales de desarrollo de software en Bogotá, se indica que la técnica más utilizada es la de puntos de casos de uso con 43.31%, seguida de puntos de historia por un 26.11%, mientras que el juicio de expertos figura como tercera con apenas el 18.47%.

Tabla IV.
FRECUENCIAS PARA ADOPCIÓN METODOLOGÍA PROYECTOS

Clase	Límite inferior	Límite superior	Punto medio	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa acumulada
	menor o igual	1		4	1,27%	4	1,27%
1	1	1,8	1,4	0	0%	4	1,27%
2	1,8	2,6	2,2	40	12,74%	44	14,01%
3	2,6	3,4	3,0	86	27,39%	130	41,40%
4	3,4	4,2	3,8	78	24,84%	208	66,24%
5	4,2	5,0	4,6	106	33,76%	314	100%
	mayor de	5		0	0%	314	100%

Media = 3,7707 Desviación Estándar = 1,09118.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla V.
FRECUENCIA PARA TÉCNICA DE ESTIMACIÓN

Clase	Valor	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa acumulada
1	Histórico de proyectos o datos	2	0,64%	2	0,64%
2	Juicio de expertos	58	18,47%	60	19,11%
3	Planning Poker	36	11,46%	96	30,57%
4	Puntos de caso de uso	136	43,31%	232	73,89%
5	Story Point	82	26,11%	314	100%

Fuente: Elaboración propia.

De igual forma sucede con el estudio realizado por Usman [21], donde los resultados arrojados por la encuesta que ellos realizaron se evidencian que la técnica más utilizada para la estimación de esfuerzo en desarrollo de software ágil en la práctica es *PLANNING POKER* con 63%, seguida de estimación por analogía con un 46% y juicio de expertos con 38%. Lo cual contrasta con los resultados obtenidos en el presente estudio dado que la técnica más utilizada para la estimación de esfuerzo en desarrollo de software ágil por parte de los encuestados en Bogotá son puntos de caso de uso (43.17%), mientras que esta técnica solo tiene 13.3% de uso en el estudio Usman, Mendes & Borstler [21].

PLANNING POKER es la técnica de estimación más encontrada en la revisión actualizada realizada por Dantas [16]. Así mismo, en relación con el estudio de revisión de literatura más reciente realizado por Méndez [10], los resultados obtenidos en este punto presentan un contraste mayor debido a que la revisión de literatura arroja un 6.5% con respecto al 43.17% del presente estudio. *PLANNING POKER* es la técnica más citada en la revisión de literatura realizada mientras que para los profesionales y expertos de Bogotá esta solo alcanza un 11.4%.

De acuerdo con lo anterior, se evidencia que, en las áreas de desarrollo de software ágil de Bogotá, consideran más relevante la técnica de estimación de puntos de casos de uso. Esto lleva a motivar próximos estudios de estimación de esfuerzo de desarrollo de software ágil en Bogotá y Colombia en los cuales se profundice sobre el por qué es la técnica más usada y por ende mejor vista por los profesionales y expertos en Bogotá.

3.4 RQ3: Predictores de esfuerzo

En la pregunta 3, relacionada con los predictores de esfuerzo utilizados, el 38.85% (122) de los encuestados seleccionaron Líneas de código como métrica adoptada, es prudente la adaptación de esta, pues con ella se puede generar una estimación del tamaño del producto de software que se va a desarrollar [16]. Del mismo modo, otras métricas son mencionadas como *STORY POINTS* (33.76%) y puntos de caso de uso (23.57%).

Las respuestas de los encuestados en esta muestra sugieren que otros predictores de esfuerzo no son empleados o son poco usados como funcionalidad de la aplicación (0.64%), Puntos de función (0.64%), Reporte de actividades mensual (0.64%) y Juicio de expertos que es únicamente acogida por 4 encuestados (1.27%).

De acuerdo con los resultados de predictores de esfuerzo y en relación con el estudio realizado por Usman [11], se evidencia que los puntos de casos de uso a 2014 eran los predictores de esfuerzo más utilizados mientras que a nivel de los encuestados las líneas de código se convierten en el predictor de mayor uso en la actualidad, siendo un contraste claro con respecto a la teoría, ya que este predictor para los investigadores es de los menos usados. Así mismo, los puntos de historia son los segundos predictores más utilizados, tanto desde la práctica como desde la parte investigativa. A nivel de los encuestados los puntos de casos de uso son el tercer predictor de esfuerzo más utilizado.

Tabla VI.
FRECUENCIAS MÉTRICAS DE ESTIMACIÓN

Clase	Valor	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa acumulada
1	Horas de trabajo	2	0,64%	2	0,64%
2	Juicio de expertos	4	1,27%	6	1,91%
3	Líneas de código	122	38,85%	128	40,76%
4	Puntos de caso de uso	74	23,57%	202	64,33%
5	Puntos de función	2	0,64%	204	64,97%
6	Reporte de actividades mensual	2	0,64%	206	65,61%
7	Se mide por funcionalidad de aplicación	2	0,64%	208	66,24%
8	Story Points	106	33,76%	314	100%

Fuente: Elaboración propia.

En relación con el estudio de Usman [21], los puntos de historia son los más utilizados con un 61% con respecto al segundo lugar que ocupan en el presente estudio con 35%. Es de resaltar que mientras para el presente estudio las líneas de código son el predictor de esfuerzo más utilizado con un 39%, en el estudio en relación citado anteriormente las líneas de código ocupan el cuarto lugar con un 11%. Los puntos de caso de uso ocupan el tercer lugar en ambos casos. Al igual que el estudio realizado por Usman [21], Dantas realiza una revisión actualizada, donde concluye igualmente, que en 17 de los documentos revisados se hace uso de puntos de historia [16].

Finalmente, comparando los resultados de este punto con el estudio de Méndez [10], es claro el contraste que se presenta debido a que los puntos de historia son el principal predictor de esfuerzo con un 67% con respecto al 35% del presente estudio que lo ubican como en el segundo lugar. Así mismo, otro contraste que se evidencia es que las líneas de código (39%) según este estudio son el predictor más utilizado por los profesionales y expertos de estimación de esfuerzo de desarrollo de software ágil en Bogotá, mientras que en el estudio realizado por Méndez ocupan el tercer lugar de importancia con un 8.7%.

Junto con esto se realiza un análisis cruzado de los datos obtenidos que se puede apreciar en la Tabla VII, lo cual se hace con el fin de relacionar métricas y técnicas usadas al mismo tiempo, ya que en ellas hay valores relacionados.

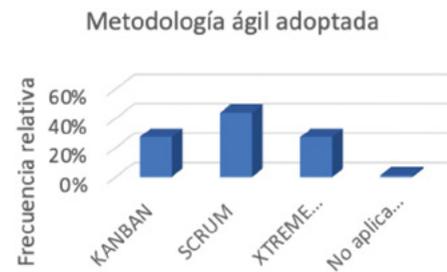
Es conveniente señalar que hay técnicas y métricas similares que son usadas al mismo tiempo, como lo son los Puntos de caso de uso y *STORY POINT*. Pues los Puntos de caso de uso tienen una frecuencia de uso del 26% y *STORY POINT* lo encabeza con un 41.5%, sin embargo, estas no son las únicas con más uso, pues la técnica de *STORY POINT* se

une con la métrica de líneas de código generando un 41,5% de uso. Lo que nos permite concluir que las mayorías de las empresas emplean las mismas métricas y técnicas, esto con el fin de facilitar el uso de las herramientas y objetivos de estas, permitiendo un mismo enfoque. Por otro lado, las demás empresas utilizan técnicas diferentes con métricas específicas, ya que permite un abarcamiento completo de lo que se planea dependiendo de los objetivos de cada uno.

3.5 RQ4: Metodología ágil

Para este ítem se proporcionaron únicamente tres (3) opciones de selección entre las cuales la más acogida es *SCRUM* (43.95%), seguida de *XTREME PROGRAMMING* (27.39%) y *KANBAN* (27.39%). Adicionalmente, se encontró que el 1.27% de los encuestados (4) respondieron que no emplean ninguna metodología ágil para el desarrollo de software. Los resultados se presentan en la Fig. 9 junto con sus correspondientes porcentajes.

Fig. 9 METODOLOGÍA ÁGIL ADOPTADA



Fuente: Elaboración propia.

Tabla VII.
MÉTRICAS DE ESTIMACIÓN VS TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN

Métricas de estimación	Juicio de expertos	Planning poker	Puntos de caso de uso	Story point
Horas de trabajo	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
Juicio de experto	4(7%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
Líneas de código	10(17%)	16(45%)	62(46%)	34(41,5%)
Puntos de caso de uso	16(27%)	8(22%)	36(26%)	14(17%)
Puntos de función	2(3%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
Reporte de actividades mensual	2(3%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
Se mide por funcionalidad de aplicación	2(3%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
Story points	22(40%)	12(33%)	38(28%)	34(41,5%)
Total	58	36	136	82

Fuente: Elaboración propia.

Tabla VIII.
FRECUENCIA PARA METODOLOGÍA ÁGIL

Clase	Valor	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa acumulada
1	KANBAN	86	27,39%	86	27,39%
2	SCRUM	138	43,95%	224	71,34%
3	XTREME PROGRAMMING	86	27,39%	310	98,73%
5	No aplica metodología ágil	4	1,27%	314	100%

Fuente: Elaboración propia.

En relación con las metodologías ágiles utilizadas en la estimación de esfuerzo los resultados del presente estudio reafirman los resultados de las revisiones sistemáticas de literatura realizada por Usman [11] y Méndez [10] respecto a que SCRUM es la metodología ágil más utilizada seguida de XTREME PROGRAMMING que en las tres investigaciones es la segunda de mayor uso para estimar el esfuerzo.

Es de resaltar que en el estudio realizado por Usman [11] no se nombra KANBAN como una metodología ágil para la estimación. Entre tanto, el estudio de Méndez [10] con respecto al presente, evidencia un claro contraste debido a que la metodología ágil KANBAN en la SLR indica que es de las menos utilizadas con el 2.17% mientras que para los profesionales y expertos en desarrollo de software ágil de Bogotá la metodología KANBAN es la tercera más utilizada con un 27%.

Al igual que en el estudio realizado y el análisis de las respuestas de los encuestados, la revisión actualizada realizada

por Dantas [16] se evidencia que en la mayoría de los documentos estudiados (11 artículos) se hace uso de SCRUM como metodología de desarrollo de software ágil.

Existe una faceta importante en la que se puede ver que los métodos ágiles se investigan en estudios de estimación cuando de desarrollo de software ágil se trata, Usman [1] presenta en su estudio que se menciona el uso de métodos ágiles en el desarrollo de software ágil, pero no se especifica el método exacto, lo que puede generar poco entendimiento y efectividad en el desarrollo de actividades, es importante que el momento de analizar y realizar investigaciones como estas no se tengan amenazas de validez, como sucedió en el estudio mencionado anteriormente.

Por otro lado, los resultados permiten hacer una relación con la métrica y la metodología ágil que se puede observar en la Tabla IX.

Tabla IX.
MÉTRICA DE ESTIMACIÓN VS METODOLOGÍA ÁGIL

Métricas de estimación	KANBAN	SCRUM	XP	NA
Horas de trabajo	2(2%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
Juicio de experto	0(0%)	4(3%)	0(0%)	0(0%)
Líneas de código	36(42%)	40(29%)	46(53%)	0(0%)
Puntos de caso de uso	12(14%)	44(32%)	18(21%)	0(0%)
Puntos de función	0(0%)	2(1%)	0(0%)	0(0%)
Reporte de actividades mensual	0(0%)	0(0%)	0(0%)	2(50%)
Se mide por funcionalidad de aplicación	0(0%)	0(0%)	0(0%)	2(50%)
Story points	36(42%)	48(35%)	22(26%)	0(0%)
Total	86	138	86	4

XP=XTREME PROGRAMMING, NA= No aplica metodología ágil.

Fuente: Elaboración propia.

El 43,94% de los encuestados permite evidenciar que la metodología más usada es SCRUM junto con ella el uso de la métrica STORY POINTS evidencia que el 35% de su total hace uso de las dos en las empresas generando una tendencia en su implementación, esto suele ocurrir ya que estas mismas son las más reconocidas y ofrecidas a nivel general en el momento de planeación. Los resultados permiten determinar que el uso de estas dos genera buenos resultados al ser las más implementadas, por otro lado, y seguida de esta se encuentra el uso de la metodología XTREME PROGRAMMING junto con métricas de líneas de código con un 53% de uso. Por debajo está KANBAN con metodología y Puntos de caso de uso como métrica siendo uno de los menos usados con un 14%.

Las técnicas de estimación y metodologías ágiles son otros factores que permiten analizar juntamente generando así resultados de uso dentro de la empresa y permitiendo considerar cuál de estas están siendo más usadas, esto se puede evidenciar en la Tabla X.

Puntos de caso de uso, como en los resultados anteriores, sigue encabezando como una de las técnicas más usadas por su efectividad y adaptación en los diferentes proyectos. El análisis anterior permite determinar que siendo una técnica de estimación fija y variando entre las diferentes metodologías ágiles sigue teniendo mayor frecuencia en su uso, esta técnica junto con la metodología SCRUM resaltan con su frecuencia de uso con un 47% entre las demás; seguida de esta se encuentra XP con un 42% y, finalmente, siendo una de las primeras esta KANBAN con un 40%, esto permite evidenciar que la técnica de caso de uso es la más usada por los encuestados,

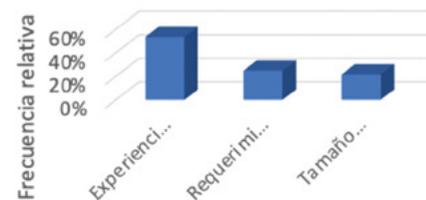
siendo así se puede concluir que sus resultados son efectivos y fiables para los proyectos. Sin embargo, es importante resaltar que las diferentes metodologías son útiles, pero se deben emplear con técnicas que permitan su adaptabilidad.

3.6 RQ5: Factor más determinante para estimar el esfuerzo

En la Fig.10 se presentan los resultados correspondientes al factor más determinante para estimar el esfuerzo según los encuestados de esta muestra. Por un lado, Experiencia del equipo es seleccionada por el 53.50% del total, es decir, 168 de los encuestados y es el factor más acogido. El 24.84% de los encuestados (78) responden a Requerimientos no funcionales, seguido de Tamaño de la tarea con 21.66% (68).

Fig.10 FACTOR MÁS DETERMINANTE EN LA ESTIMACIÓN DE ESFUERZO

Factor más determinante en la estimación de esfuerzo



Fuente: Elaboración propia.

Tabla X.
TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN VS METODOLOGÍAS ÁGIL

Técnicas de estimación	KANBAN	SCRUM	XP	NA
Históricos de proyectos o datos	2(2%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
Juicio de expertos	12(14%)	30(22%)	12(14%)	4(100%)
Planning poker	12(14%)	12(9%)	12(14%)	0(0%)
Puntos de caso de uso	34(40%)	66(47%)	36(42%)	0(0%)
Story point	26(30%)	30(22%)	26(30%)	0(0%)
Total	86	138	86	4

XP= XTREME PROGRAMMING, NA= No aplica metodología ágil.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XI.
FRECUENCIA FACTOR DETERMINANTE EN LA ESTIMACIÓN DE ESFUERZO

Clase	Valor	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa acumulada
1	Experiencia del equipo	168	53,50%	168	53,50%
2	Requerimientos no funcionales	78	24,84%	246	78,34%
3	Tamaño de la tarea	68	21,66%	314	100%

Fuente: Elaboración propia.

El resultado de este punto es claro para determinar que el factor más importante para estimar el esfuerzo en desarrollo de software ágil es la Experiencia del equipo. Y tiene sentido porque la experiencia se gana con el tiempo y con la práctica. Así mismo, la experiencia va mucho más allá del conocimiento y de cualquier curso, certificación, título o diploma. Cuando hablamos de estimación de esfuerzo cobra aún un mayor peso porque por más conocimiento que se tenga no es suficiente si no se cuenta con la experiencia necesaria en lo que se va a estimar. Por ello, este factor determinante cada día cobra más fuerza en el desarrollo de software, ya que un equipo sin experiencia puede cometer grandes errores en la estimación de esfuerzo y esto conlleva que repercuta a nivel reputacional y financiero.

Pues en el estudio realizado por Usman [21] más de la mitad de los encuestados consideran como factor importante para estimar el esfuerzo actividades de implementación y pruebas, donde el conocimiento está por encima de la experiencia como lo determinó este estudio. Es conveniente aclarar que este patrón puede resaltarse por políticas y culturas diferentes, ya que son realizadas zonas geográficamente dierentes.

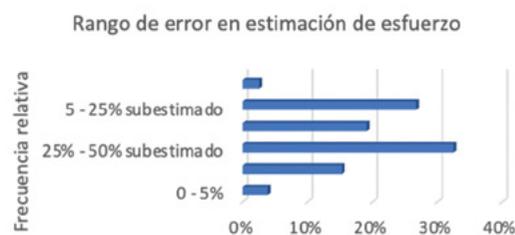
Así mismo, los requerimientos no funcionales, pese a que ocupan el segundo lugar, tienen relevancia dado que son los que especifican los criterios que se tendrán en cuenta para evaluar un desarrollo. Es por eso que hay que tener cuidado especial con estos, ya que están asociados a la evolución funcional de un proyecto de software y de ahí su importancia en los procesos de estimación de esfuerzo en entorno ágil.

3.7 RQ6: Porcentaje de error entre estimación de esfuerzo proyectada y esfuerzo real

En el formulario presentado se proporciona una lista de rangos porcentuales entre los cuales los encuestados seleccionaron el porcentaje de error de estimación de esfuerzo en contraste con el esfuerzo real que se puede evidenciar en el desarrollo de proyectos de software (Fig.

11). El 32.48% de los encuestados (102) respondieron con un rango de error de 25% al 50% subestimado, seguido del 26.75% (84) que seleccionan un rango de error de 5% al 25% subestimado y el 19.11% (60) que seleccionaron un rango de error de 5% al 25% sobreestimado. Los datos recogidos sugieren que la tendencia de subestimar el esfuerzo es mayor en comparación a sobreestimar el esfuerzo en el desarrollo de proyectos de software.

Fig. 11 RANGO DE ERROR EN ESTIMACIÓN DE ESFUERZO



Fuente: Elaboración propia.

La Tabla XII provee una vista adicional de los resultados recogidos acerca del porcentaje de error de estimación que los encuestados han percibido a través de los proyectos de software en los que han participado.

Los rangos de error de estimación están divididos en dos grupos: rango de error desde 0% a 25% (tanto sobreestimado como subestimado) y más del 25%. El primer grupo representa un nivel aceptable mientras que el segundo grupo representa una preocupación potencial para todos los que intervienen en el proyecto por desarrollar.

Los resultados de rango de error de estimación del presente estudio con respecto al realizado por Usman, Mendes & Borstler [21] coinciden que la estimación de esfuerzo en desarrollo de software ágil se estima en más o menos un factor de 25% o superior donde la tendencia es la subestimación.

Tabla XII. FRECUENCIA PARA PORCENTAJE DE ERROR

Clase	Valor	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa acumulada
1	0 - 5%	12	3,82%	12	3,82%
2	25% - 50% sobreestimado	48	15,29%	60	19,11%
3	25% - 50% subestimado	102	32,48%	162	51,59%
4	5 - 25% sobrestimado	60	19,11%	222	70,70%
5	5 - 25% subestimado	84	26,75%	306	97,45%
6	50% o más sobreestimado	8	2,55%	314	100%

Fuente: Elaboración propia.

3.8 RQ7. Obstáculos y dificultades para la estimación de esfuerzo

De un total de 314 encuestados, 308 de ellos suministraron comentarios para esta pregunta abierta, se proporcionó un espacio en el cual se registraron las respuestas de los expertos con relación al principal obstáculo o dificultad que a partir de su experiencia en las diferentes empresas han logrado identificar, y en consecuencia las respuestas presentadas son diversas, sin embargo, se logró identificar en general que muchos de los encuestados afirman que esta dificultad son recursos (26,11%) y tiempo (23,57%), expresada desde distintos puntos, tales como la demora en los procesos y en las entregas del proyecto.

Por otro lado, también se registraron respuestas orientadas a la falta de conocimiento (12,10%), tanto de procesos propios de la estimación de esfuerzo en el desarrollo de proyectos de software, como de los requerimientos (9,55%) y requisitos que el cliente acuerda desde antes de iniciar el desarrollo del proyecto, ambos por parte de quien estima el esfuerzo.

Adicionalmente, se reconocen factores, tales como la falta de compromiso (10,51%) y la limitación económica (7,01%), siendo esta última poco nombrada, pero con alto énfasis en la disposición de los recursos y las nuevas tecnologías.

Así mismo, es importante señalar que para este ítem se obtuvieron 6 respuestas en blanco, es decir, aproximadamente el (2%) del total de la muestra no respondió a la pregunta del formulario.

En relación con Usman, Mendes & Borstler [21] hay un contraste en cuanto que los profesionales de las empresas de Bogotá consideran que la falta de recursos, el tiempo y la

falta de conocimiento son las principales dificultades en el proceso de estimación de esfuerzo de proyectos de software ágil, mientras que las principales razones para estimaciones inexactas en desarrollo de software ágil en el estudio realizado en 2015 fueron los requerimientos, gestión de proyectos y cuestiones relacionadas con los equipos de trabajo.

4. DISCUSIÓN

En esta sección se presenta una discusión detallada acerca del contexto de las preguntas de investigación, las cuales corresponden a los siguientes temas:

- Técnicas de estimación de esfuerzo empleadas.
- Predictores de esfuerzo empleados en la estimación de esfuerzo en el desarrollo de software ágil.
- Metodologías de estimación de esfuerzo en el desarrollo de software.
- Factores importantes en la estimación de esfuerzo.
- Exactitud de la estimación de esfuerzo.
- Obstáculos y dificultades en la estimación de esfuerzo.

Los resultados expuestos en el presente documento muestran que Punto de casos de uso y *STORY POINT* son las técnicas de estimación más empleadas y acogidas por los expertos del sector de software en Bogotá; sin embargo, vale la pena resaltar que la respuesta en este ítem se encuentra limitada debido a que toda la muestra únicamente podía seleccionar una técnica, sin tener en cuenta que puede existir una combinación de estas. Así mismo, estos resultados contrastan por los obtenidos en los estudios de revisión sistemática de literatura (SLR) de Usman, Mendes, Weidt & Britto [11] y Méndez [10] donde Juicio de expertos y Planning poker respectivamente son los más utilizados.

Tabla XIII.
FRECUENCIA PARA OBSTÁCULOS Y DIFICULTADES

Clase	Valor	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa acumulada
1	Conocimiento	38	12,10%	38	12,10%
2	Falta de compromiso	33	10,51%	71	22,61%
3	NS/NR	6	1,91%	77	24,52%
4	No aplica	3	0,96%	80	25,48%
5	Presupuesto	22	7,01%	102	32,48%
6	Procesos internos	11	3,50%	113	35,99%
7	Recursos	82	26,11%	195	62,10%
8	Requerimientos	30	9,55%	225	71,66%
9	Resistencia al cambio	15	4,78%	240	76,43%
10	Tiempo	74	23,57%	315	100%

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los predictores de esfuerzo las líneas de código y los puntos de historia son los más utilizados por los profesionales del sector en Bogotá. Estos hallazgos también difieren de los estudios de Usman, Mendes, Weidt & Britto [11] y Méndez [10] donde en el primero los puntos de casos de uso era la técnica más utilizada hasta 2016, según el SLR y, en el segundo, los Puntos de historia es el predictor de esfuerzo más utilizado en los últimos años. Este no es tan lejano de los resultados obtenidos en el presente estudio, puesto que para los equipos ágiles de Bogotá los puntos de historia es el segundo predictor de esfuerzo más utilizado con una diferencia muy corta con respecto a las líneas de código que figura como el predictor más utilizado.

Los resultados del presente estudio corroboran lo evidenciado en los SLR de Usman [11] y Méndez [10] siendo *SCRUM* la metodología ágil más utilizada en la actualidad en los procesos de estimación de esfuerzo. Así mismo, *XTREME PROGRAMMING* en los tres estudios ocupa el segundo lugar de uso. Por su parte, *KANBAN* es la tercera más utilizada por los equipos ágiles de Bogotá, mientras que en el estudio de Méndez [10] es de las menos utilizadas, con un 2%.

La Tabla XIV se elabora con el fin de relacionar cuáles son las variables a la hora de estimar el esfuerzo de desarrollo de proyectos junto con la estimación misma que consideran los encuestados; adicional a esto se pretende determinar cuál es el porcentaje de error de subestimación y sobreestimación. Para este punto los encuestados podrían escoger 3 variables importantes a la hora de estimar el esfuerzo, entre las cuales se encontraban, tiempo, habilidad del equipo, experiencia, calidad, confiabilidad, conocimiento, entre otras, para la estimación múltiple se consideraron los encuestados que seleccionaron 2 o 3 de estas variables y para la estimación simple, aquellos que solo seleccionaron una. Esto se realiza con el fin de evidenciar cuáles son las herramientas usadas y si se emplean más de una. Como

se puede ver en la Tabla XIV, la estimación de experiencia del equipo, considerada importante por los encuestados, hace uso de múltiples variables estimadas como importantes con un 35% de uso, siendo subestimado lo que permite determinar que existe un porcentaje de error entre el 25% - 50% y con un 26% de sobreestimación y un porcentaje de error del 5% - 25% en el momento en que se implementa. Por otro lado, también se puede analizar que en su gran mayoría las empresas consideran múltiples variables cuando se habla de estimación de esfuerzo, lo que genera alternativas para lograr los objetivos.

Para los profesionales de la muestra de estudio la experiencia del equipo se convierte en el factor más importante para estimar el esfuerzo de desarrollo de software ágil. Así mismo, los Requerimientos no funcionales son el segundo factor relevante para estimar el esfuerzo, puesto que en estos se encuentran los criterios con los que serán evaluados los proyectos desarrollados.

En relación con la exactitud de estimación de esfuerzo, los resultados del presente estudio y el realizado por Usman, Mendes & Borstler [21] coinciden en que en la valoración de esfuerzo en desarrollo de software ágil se estima en más o menos un factor de 25% o superior donde la tendencia dominante es la subestimación.

Finalmente, en cuanto a las principales dificultades y obstáculos presentados a la hora de estimar el esfuerzo el presente estudio indica que los recursos, el tiempo y la falta de conocimiento son los de mayor impacto, lo cual lleva a un contraste con respecto al estudio de Usman, Mendes & Borstler [21] donde se indica que los requerimientos, Gerencia de proyectos y Cuestiones relacionadas con los equipos de trabajo son las principales razones para estimaciones inexactas.

Tabla XIV.

ANÁLISIS CRUZADO, ESTIMACIÓN DE ESFUERZO, PORCENTAJE DE ERROR Y VARIABLES EN LA ESTIMACIÓN DE ESFUERZO DE DESARROLLO DE PROYECTOS

Porcentaje de error	Estimación de esfuerzo					
	Experiencia del equipo		Requerimientos no funcionales		Tamaño de tarea	
	Múltiple	Simple	Múltiple	Simple	Múltiple	Simple
0 - 5%	2(2%)	0(0%)	4(8%)	0(0%)	4(7%)	2(14%)
25% - 50% sobreestimado	20(15%)	14(37%)	2(4%)	4(13%)	8(15%)	0(0%)
25% - 50% subestimado	46(35%)	10(25%)	18(38%)	8(27%)	16(30%)	4(29%)
5% - 25% sobreestimado	34(26%)	4(11%)	8(16%)	10(33%)	2(4%)	2(14%)
5% - 25% subestimado	28(22%)	6(16%)	16(34%)	6(20%)	24(44%)	4(29%)
50% o más sobreestimado	0(0%)	4(11%)	0(0%)	2(7%)	0(0%)	2(14%)
Total	130	38	48	30	54	14

Fuente: Elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

La estimación de esfuerzo juega un papel fundamental en la actualidad, debido que es muy importante para una organización determinar sus necesidades, inversión en recursos, tiempos de desarrollo, recursos necesarios que le permitan tener una planificación aproximada de los proyectos. Así mismo, la estimación de esfuerzo proporciona un apoyo para la toma de decisiones y su fortaleza de apoyo está basada en la fiabilidad del modelo de estimación y ciclo de vida del sistema.

A lo largo de la investigación se pudo identificar numerosos documentos relacionados con la estimación de esfuerzo y desarrollo de software ágil, tanto en artículos donde se realiza un trabajo investigativo por medio de encuestas o búsqueda de documentos en línea y documentos históricos que se relacionan con el desarrollo del software, lo que funciona como estado de arte y motor de búsqueda.

El documento presentó los resultados de un estudio empírico con el fin de determinar y entender el estado actual de la práctica en la estimación de esfuerzo en el desarrollo de software ágil. El estudio fue realizado con una encuesta tipo formulario como instrumento empleado para recolectar los datos de expertos en el tema y trabajadores de empresas que se desenvuelven en el sector en Bogotá con experiencia en estimación de esfuerzo.

Los resultados indican que la mayoría de equipos de desarrollo de software ágil hacen uso de técnicas como Punto de casos de uso y *STORY POINT*, esto confirma que mediante estas técnicas se logra un mayor consenso entre las personas del equipo, se dedica un menor tiempo a estimar la duración de los proyectos lo cual también conlleva que se genere menos estrés en el equipo de trabajo.

Las líneas de código y puntos de historia hacen referencia a los predictores de esfuerzo más acogidos por los desarrolladores, mientras que otras métricas, como Puntos de casos de uso, Reporte de actividades mensual, Funcionalidad de la aplicación y Puntos de función son usados con poca frecuencia.

De acuerdo con el 47% de los encuestados, la estimación de esfuerzo en el desarrollo de software se encuentra sub/sobreestimado por un factor contemplado entre el 25% y el 50%, en el cual la tendencia dominante es subestimada con 33%.

La metodología ágil más utilizada en el desarrollo de software por los desarrolladores bogotanos es *SCRUM* (41%), aunque *XTREME PROGRAMMING* (29%) y *KANBAN* (27%), también destacan como metodologías utilizadas en el desarrollo de software en la actualidad. Las metodologías ágiles hoy en día sobresalen por su sencillez, tanto en el aprendizaje como en su aplicación, llevando a reducir costos de implantación en un equipo de desarrollo.

Todas las metodologías ágiles son consideradas como eficientes en el momento de su implementación, lo que le da un valor agregado es el uso que se les da a estas junto con técnicas de estimación adaptables a las mismas, se puede concluir que la mayoría de las empresas usan la técnica de estimación fija como lo es el punto de caso de uso y es eficiente con diferentes metodologías ágiles, como *SCRUM* (47%), seguida de *XTREME PROGRAMMING* (42%).

Existe gran implementación de las mismas métricas y técnicas de estimación, como lo es Puntos de caso de uso (26%) y *STORY POINT* (41.5%), sin dejar de lado la implementación de diferentes entre las dos, pues hay gran uso con el tipo de técnica de *STORY POINT* junto con la métrica de línea de código con un 41.5%, esto permite evidenciar que las empresas buscan las métricas y técnicas que más se adapten a sus necesidades.

En su mayoría son el tiempo (5.73%) y experiencia (5.73%) variables consideradas como las más importantes a la hora de estimar el esfuerzo, también son consideradas en grupos de tres en su gran mayoría con 71.34% como importantes por los encuestados, lo que permite concluir que son varios los factores que se deben tener en cuenta.

Es motivante encontrar y observar patrones positivos en la adaptación y uso empleado en la metodología ágil, como las compañías se van adaptando a estas, dependiendo de sus necesidades, y donde los estudios realizados previamente forman conjuntos de datos [1] que validan la información obtenida en esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] Ricardo Britto, Muhammad Usman, and Emilia Mendes, "Effort Estimation in Agile Global Software Development Context", 2014. DOI: 10.1007/978-3-319-14358-3_15
- [2] Saurabh Bilgaiyan, Samaresh Mishra and Madhabananda Das, "Effort estimation in agile software development using experimental validation of neural network models", 2019. DOI: 10.1007/s41870-018-0131-2
- [3] Abhishek Saini, Laxmi Ahuja and Sunil Kumar Khatri, "Effort Estimation of Agile Development using Fuzzy Logic", IEEE, 2018. DOI: 10.1109/ICRITO.2018.8748381
- [4] Wantana Singhto and Nuansri Denwattana, "An experience in blending the Traditional and Agile methodologies to assist in a small software development project", 2016 DOI: 10.1109/JCSSE.2016.7748914
- [5] BinishTanveer, LilianaGuzmán and UlfMartinEngel, "Effort estimation in ágil software development: Cases study and improvement framework", *Journal of Software: Evolution and Process* Volume 29, Issue 11, 2017.
- [6] Sameera Sadaf, Shama Iqbal, Aliya Saba and Md. KamarMohsin, "An Extended Adaptive Process Model for Agile Software Development Methodology", IEEE, 2017. DOI: 10.1109/ICICICT1.2017.8342770
- [7] Ajith Jerom B and Rajamohana SP, "A Survey on Comparative Analysis of Agile Software Development Methodologies", *Recent Trends in Computer Science*

- and Software Technology*, Volume 4, Issue 1, 2019. DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.2561994>
- [8] Srdjana Dragicevic, Stipe Celar and Mili Turic, "Bayesian Network model for task effort estimation in agile software development", *The Journal Of Systems And Software*, 2017. Available: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0164121217300171>
- [9] F. Sarro, A. Petrozziello and M. Harman, "Multi-objective software effort estimation," in May 14, 2016, Available: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2884830>. DOI: 10.1145/2884781.2884830.
- [10] Méndez, Erwin. "Estimación de esfuerzo en proyectos de desarrollo de software con metodologías ágiles". Julio, 2018.
- [11] Usman, M., Mendes, E., Weidt, F., y Britto, R. (2014). Effort estimation in agile software development: A systematic literature review. In Proceedings of the 10th international conference on predictive models in software engineering (pp. 82-91). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2639490.2639503>
- [12] Erwin R. Méndez, "Estimación de esfuerzo en proyectos de desarrollo de software con metodologías ágiles", Trabajo fin de máster, Valencia, España, Julio, 2018. Available: <http://hdl.handle.net/10251/109927>
- [13] Harshita Vachhani, "A Study of Agile Methodologies and its use in Software Development", Vol. 4, Special Issue 8, February, 2018. Available: <http://irjms.in/sites/irjms/index.php/files/article/view/699>
- [14] Mirko Perkisich, Lenardo Chaves e Silva, Alexandre Costa, Felipe Ramos and Renata Saraiva, "Intelligent software engineering in the contexto f ágil software development: A systematic literatura review", *Information and Software Technology*, 2020.
- [15] Jorgensen, M. and Molokken, K, "How large are software cost overruns? A review of the 1994 Chaos Report". *Information and Software Technology*, 48, 4. April. 2006.
- [16] Emanuel Danta, Mirko Perkusich, Ednaldo Dilorenzo, Danilo F. S. Santos, Hyggo Almeida and Angelo Perkusich, "Effort Estimation in Agile Software Development: An Updated Revie". DOI: 10.1142/S0218194018400302
- [17] Muhammad Usman, Ricardo Britto, Lars-Ola Dammb and Jürgen Börstler, "Effort estimation in large-scale software development: An industrial case study", *Information and Software Technology*, 2018. Available: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0950584918300326>
- [18] Da Yang, Qing Wang, Mingshu Li, Ye Yang, Kai Ye and Jing Du. "A Survey on Software Cost Estimation in the Chinese Software Industry". *Published by ACM*, 2008 Article, 2008.
- [19] Capretz, Luiz Fernando, Marza, Venus. "Improving effort estimation by voting software estimation models". *Advances in Software Engineering archive*, Volume 2009, January 2009.
- [20] Danh Nguyen-Cong, De Tran-Cao. "A review of effort estimation studies in agile, iterative and incremental software development", *RIVF*, 2013: 27-30. <https://doi.org/10.1109/RIVF.2013.6719861>
- [21] Usman, M., Mendes, E., y Börstler, J. "Effort estimation in agile software development: A survey on the state of the practice". Proceedings of the 19th international conference on evaluation and assessment in software engineering (pp. 12:1-12:10). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2745802.2745813>
- [22] R.Sriram, and S. K. Mathew, "Global Software Development using Agile Methodologies: A Review of Literature", *IEEE*, 2012. DOI: 10.1109/ICMIT.2012.6225837
- [23] Binish Tanveer, Anna Maria Vollmer, Stefan Braun and Nauman bin Ali, "An evaluation of effort estimation supported by change impact analysis in agile software development, 2018. DOI: 10.1002/smr.2165
- [24] Meghann L. Drury-Grogan, Kieran Conboy and Tom Acton, "Examining decision characteristics & challenges for agile software development", *The Journal of Systems and Software*, 2017.
- [25] Carlos Tam, Eduardo Jóia da Costa Moura, Tiago Oliveira and João Varajão, "The factors influencing the success og on-going agile software development projects", *International Journal of Project Managment*, 2020.
- [26] Mg. Mirta E. Navarro, Mg. Marcelo P. Moreno, Lic. Juan Aranda, Lic. Lorena Parra, Lic. Jose R. Rueda and Juan Cruz Pantano, "Integración de arquitectura de software en el ciclo de vida de las metodologías ágiles. Una perspectiva basada en requisitos". Available: <http://hdl.handle.net/10915/62077>
- [27] Lise Tordrup Heeagera and Peter Axel Nielsenb, "A conceptual model of agile software development in a safety-critical context: A systematic literature review", *ScienceDirect, Information and Software Technology*, 2018. DOI: 10.1016/j.infsof.2018.06.004
- [28] Kumar Rai A, Agarwal S and Kumar A, "A Novel Approach for Agile Software Development Methodology Selection Using Fuzzy Inference System", *IEEE Xplore*. 2018. Available: DOI: 10.1109/ICSSIT.2018.8748767
- [29] Rosa E. Quelal, Mónica Villavicencio and Luis E. Mendoza, "A Survey of Agile Software Development Methodologies in Ecuador", 2018. DOI: 10.23919/CISTI.2018.8399186
- [30] Łabędzki, M, Promiński, P, Rybicki, and Wolski, M, "Agile effort estimation in software development projects – case study", *CEREM*, Vol. 1, No. 3, 135-152, September 2017. Available: DOI: 10.29015/cerem.359
- [31] Anaya, Raquel. Gómez, Liliana. "Lecciones aprendidas en el acompañamiento masivo para mejora de procesos en empresas de software: Un caso colombiano". Memorias XV Congreso Iberoamericano de Ingeniera de Software CIBSE. Buenos Aires, Argentina, Abril, 2012.
- [32] Federación Colombiana de la Industria del Software y Tecnologías Informática. www.fedesoft.org Julio, 2019
- [33] Perfil del mercado software en Colombia, Informes especializados, 2011.
- [34] Palomino Z. Karla, "Estudio del comportamiento de la industria del software en colombia ante escenarios de capacidades de innovación y ventajas comparativas por medio de dinámica de sistemas", Trabajo dirigido de grado como requisito parcial para optar al título de Magíster en Ingeniería de Sistemas, Julio de 2011.
- [35] Sindy Johana Martínez Marín, Santiago Arango Aramburo and Jorge Robledo Velásquez, "El crecimiento

- de la industria del software en Colombia: Un análisis sistémico”, *Revista EIA*, ISSN 1794-1237 / Año XII / Volumen 12 / Edición N.23 / Enero-junio 2015 / pp. 95-106.
- [36] Pumarejo J, “Descripción del sector del software, Analisis del mercado”. www.fedesoft.org
- [37] Productividad laboral del sector TIC en Colombia, MinTIC. Available: https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-124764_recurso_1.pdf
- [38] Luis Merchán and Alba Urrea, “Caracterización de las empresas pertenecientes a la industria emergente de software del sur occidente colombiano. Caso Red de Parques PARQUESOFT”, 2007.
- [39] FiTi, Fortalecimiento de la industria del las tecnologías de la información, Colombia. Available: <http://www.albeirocuesta.co/uploads/1/2/6/5/12651029/presentacionfiti.pdf>
- [40] Visión estratégica del sector plan de mercadeo y ventas de software y servicios asociados. Available: https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-73982_recurso_1.pdf
- [41] Actividades de desarrollo de sistemas y servicios informáticos para Medellín. Medellín, Antioquia, 2019. Available: <http://www.aceleratuempresa.com.co/web/images/doc/17SistemasyServiciosInformaticos.pdf>
- [42] Análisis del sector, dirección de Gobierno Digital, enero de 2019. Available: <https://community.secop.gov.co/Public/Archive/RetrieveFile/Index?DocumentId=22889732>
- [43] A. Niazi et al, “Product Cost Estimation: Technique Classification and Methodology Review,” *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, vol. 128, (2), pp. 563, 2006. DOI: 10.1115/1.2137750.
- [44] Cordero Raul, “Una herramienta de apoyo a la estimación del esfuerzo de desarrollo de software en proyectos pequeños”, 2013. Available: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/115273/cf-cordero_rc.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [45] D. Basten and A. Sunyaev, “Guidelines for Software Development Effort Estimation,” *Mc*, vol. 44, (10), pp. 88-90, 2011. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6036100>. DOI: 10.1109/MC.2011.315.
- [46] ISO/IEC 14143-1:2007. Information technology. Software measurement. Functional size measurement. Part 1: Definition of concepts. 2007.
- [47] Anaya, Raquel, Gómez, Liliana. Lecciones aprendidas en el acompañamiento masivo para mejora de procesos en empresas de software: Un caso colombiano. Memorias XV Congreso Iberoamericano de Ingeniera de Software CIBSE. Buenos Aires, Argentina. Abril, 2012.
- [48] Federación Colombiana de la Industria del Software y Tecnologías Informática. www.fedesoft.org Julio, 2019
- [49] M. Jorgensen and K. Molokken-Ostfold, “Reasons for software effort estimation error: impact of respondent role, information collection approach, and data analysis method,” *Tse*, vol. 30, (12), pp. 993-1007, 2004. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/1377193>. DOI: 10.1109/TSE.2004.103.
- [50] Sandra Patricia Forigua y Oscar Arturo Ballesteros, “Propuesta de un modelo de análisis para estimación del tamaño del software y gestión de costos y riesgos a partir de requerimiento funciones”. 2007. Available: http://pegasus.javeriana.edu.co/~riesgors/tesis%20definitiva_4-11.pdf.
- [51] S.A.S, E. L. R. Industria del software y tecnologías de la información aporta 1,6% del PIB anual. Retrieved from <https://www.larepublica.co/economia/industria-del-software-y-tecnologias-de-la-informacion-aporta-16-del-pib-anual-2551102>
- [52] MinTic, Fedesoft. “Informe de caracterización del sector de software y tecnologías de la información en Colombia”, Dec 2015, Available: <https://fedesoft.org/noticias-fedesoft/disponible-estudio-de-caracterizacion-de-la-industria-del-software-colombiano/>
- [53] X. Qin and M. Fang, “Summarization of Software Cost Estimation,” *Procedia Engineering*, vol. 15, pp. 3027-3031, 2011. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705811020698>. DOI: 10.1016/j.proeng.2011.08.568.
- [54] M. Owais and R. Ramakishore, “Effort, duration and cost estimation in agile software development,” in Aug 2016, Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7880216>. DOI: 10.1109/IC3.2016.7880216.
- [55] Xiao Zhou et al, “Cost Estimation Models of MJ Class HTS Superconducting Magnetic Energy Storage Magnets,” *Tasc*, vol. 28, (4), pp. 1-5, 2018. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8328918>. DOI: 10.1109/TASC.2018.2821363.
- [56] E. Ghabach et al, “Clone-and-own software product derivation based on developer preferences and cost estimation,” May 2018, Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8406682>. DOI: 10.1109/RCS.2018.8406682.
- [57] M. Jorgensen and K. Molokken-Ostfold, “Reasons for software effort estimation error: impact of respondent role, information collection approach, and data analysis method,” *Tse*, vol. 30, (12), pp. 993-1007, 2004. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/1377193>. DOI: 10.1109/TSE.2004.103.
- [58] D. Basten and A. Sunyaev, “Guidelines for Software Development Effort Estimation,” *Mc*, vol. 44, (10), pp. 88-90, 2011. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6036100>. DOI: 10.1109/MC.2011.315.
- [59] Cabrera Enrique, “Universidad de Cuenca,” 2013. Available: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4667/1/Tesis.pdf>.
- [60] Cámara Colombiana de Comercio Electrónico, “Impacto del COVIC-19 sobre el comercio electrónico en Colombia”, 2020. Available: https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-151267_recurso_1.pdf
- [61] Colombia *BringITon*, “Estas son las fortalezas de la industria de software colombiana: la mejor opción en Latinoamérica”. Available: <https://www.colombiabringiton.co/es/estas-son-las-fortalezas-de-la-industria-de-software-colombiana-la-mejor-opcion-en>

- [62] Alcaldía de Medellín, "Actividades de desarrollo de sistemas y servicios informáticos para Medellín", 2019.
- [63] Clúster de software y tecnologías de la información de Bogotá – Región. Available: <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/handle/11520/19760>
- [64] Cámara de Comercio de Bogotá, Sector TIC, 2019. Available: <https://www.ccb.org.co/Sectores/TIC>
- [65] Consejo Ampliado, Clúster de Software y TI de Bogotá, 2019. Available: <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/24939/Consejo%20Ampliado%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [66] Invitación a presentar cotización, 2020. Available: <https://www.misiontic2022.gov.co/portal/>