



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**MODELO DE CALIDAD DE SOFTWARE PARA  
LA EVALUACIÓN DE HERRAMIENTAS  
BASADAS EN HOJAS DE CÁLCULO**

Autor

Jose Duvan Valencia Echeverry

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Medellín, Colombia

2021



Modelo de Calidad de Software para la Evaluación de Herramientas Basadas en Hojas de  
Cálculo

**Jose Duvan Valencia Echeverry**

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniero de Sistemas**

Asesores (a):

Ing. Diana Margot Lopez Herrera

Línea de Investigación:

Ingeniería de Software

Grupo de Investigación:

ITOS

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Medellín, Colombia

2021

*(Dedicatoria o lema)*

*A mis padres por el apoyo  
incondicional y el esfuerzo de recorrer  
conmigo los caminos que conllevaron a  
convertirme en el ser que soy hoy.*

## CONTENIDO

|   |    |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN  | 1  |
| 1.1. Planteamiento del Problema   | 1  |
| 1.2. Objetivos  | 3  |
| 1.2.1 Objetivo General  | 3  |
| 1.2.2 Objetivos Específicos   | 3  |
| 2. MARCO TEÓRICO  | 4  |
| 3. METODOLOGÍA  | 12 |
| 3.1. Identificación del Problema y Motivación   | 12 |
| 3.2. Objetivos de una Solución  | 13 |
| 3.3. Diseño y Desarrollo  | 14 |
| 3.4. Demostración   | 14 |
| 3.5. Comunicación   | 15 |
| 4. RESULTADOS   | 16 |
| 4.1 Estado del Arte   | 16 |
| 4.2. Diseño y Desarrollo  | 23 |
| 4.3. Caracterización a partir de Modelos Existentes   | 25 |
| 4.4. Modelo Propuesto   | 29 |
| 4.4.1. Modelo de Calidad para Herramientas de Software Basadas en<br>Hojas de Cálculo – Esquema Gráfico       | 31 |
| 4.4.2. Modelo de Calidad para Herramientas de Software Basadas en<br>Hojas de Cálculo – Descripción y Detalle | 32 |
| 4.5. Herramienta de Demostración del Modelo de Calidad  | 61 |
| 4.6. Demostración de Adecuación del Modelo y Aplicación Herramienta   | 65 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES   | 82 |
| 6. REFERENCIAS  | 85 |
| ANEXOS  | 89 |

## LISTA DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Características de calidad para hojas de cálculo.   | 25 |
| Tabla 2. <i>Spreadsheet Smells</i> para hojas de cálculo.  | 27 |
| Tabla 3. Aspectos, consideraciones o prácticas para tener en cuenta para la calidad en las hojas de cálculo. | 28 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Esquema gráfico de la metodología.                         | 12 |
| Figura 2. Esquema gráfico modelo de calidad propuesto.               | 31 |
| Figura 3. Sección datos generales.                                   | 62 |
| Figura 4. Encabezado sección aplicación herramienta de demostración. | 62 |
| Figura 5. Sección de resultados por numeral completo.                | 64 |
| Figura 6. Presentación encuesta panel de expertos.                   | 67 |
| Figura 7. Respuesta pregunta 1.                                      | 67 |
| Figura 8. Respuesta pregunta 2.                                      | 68 |
| Figura 9. Respuesta pregunta 3.                                      | 68 |
| Figura 10. Respuesta pregunta 4.                                     | 69 |
| Figura 11. Respuesta pregunta 5.                                     | 70 |
| Figura 12. Respuesta pregunta 6.                                     | 70 |
| Figura 13. Respuesta pregunta 7.                                     | 71 |
| Figura 14. Respuesta pregunta 8.                                     | 72 |
| Figura 15. Respuesta pregunta 9.                                     | 72 |
| Figura 16. Respuesta pregunta 10.                                    | 73 |
| Figura 17. Pregunta 11.  | 73 |
| Figura 18. Pregunta 12.  | 74 |
| Figura 19. Pregunta 13.  | 74 |
| Figura 20. Resultado global aplicación herramienta caso 1.           | 77 |
| Figura 21. Resultado global aplicación herramienta caso 2.           | 80 |

## GLOSARIO

*Aseguramiento de Calidad:* Conjunto de actividades planificadas y sistemáticas necesarias para aportar la confianza en que el producto satisfará los requisitos dados de calidad, dentro de las actividades se contemplan (Cueva, 1999):

- a) *Métricas:* Medidas para identificar el cumplimiento de un atributo o para el control del proyecto.
- b) *Verificación:* Forma de asegurar que se cumple con los requisitos establecidos.
- c) *Validación:* Forma de demostrar el ajuste al uso esperado del mismo a lo largo del ciclo de vida y la gestión de la configuración del software.

*Calidad de Software:* Grado con el que un sistema, componente o proceso cumple los requerimientos especificados y las necesidades o expectativas del cliente o usuario (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos [IEEE], 1990).

*Hoja de Cálculo:* Software usado para el manejo de datos numéricos y para la realización de cálculos automáticos de números ubicados en una tabla (Enciclopedia Colaborativa Cubana [EcuRed], 2020).

*Información:* Datos que son símbolos no aleatorios que representan valores de atributos o sucesos (Lapiedra, Devece y Guiral, 2011).

*Modelo de Calidad:* Estructura que determina diferentes factores que componen los criterios a evaluar o auditar en la implantación de un sistema (Callejas, Alarcón y Álvarez, 2017).

*Programa de Hoja de Cálculo:* Herramienta multiuso que es de aplicabilidad para actividades que implican la organización, manejo y control de grandes cantidades de datos (Obrenović y Gašević, 2008).



## RESUMEN

Las hojas de cálculo son herramientas usadas por las organizaciones en el desarrollo de sus actividades diarias, ya que gracias a sus diferentes funcionalidades y aplicaciones permiten la automatización, control y operación de las tareas que anteriormente se realizaban de manera manual y que por dicha condición aumentan el riesgo de error en los procesos, en la distribución y en los resultados obtenidos.

A pesar de los avances tecnológicos en la automatización de los procesos a través de soluciones informáticas y del crecimiento exponencial de nuevos programas y software en el mercado para todo tipo de tareas y actividades empresariales, las hojas de cálculo continúan siendo una solución, económica, accesible y fundamental para el cubrimiento de un sin número de necesidades existentes.

Al utilizar aplicaciones basadas en hojas de cálculo como una solución, son los usuarios expertos en el proceso y operadores del negocio quienes estructuran, elaboran y programan dichas herramientas, bajo las condiciones requeridas que puedan satisfacer y dar cumplimiento a los objetivos inherentes a sus funciones y a los objetivos del proceso y de la organización. Debido a ello, se dejan de lado consideraciones técnicas importantes como la calidad, integridad, confidencialidad, disponibilidad y seguridad de estas herramientas. Estas herramientas por ser creadas a medida y por los expertos en el negocio se convierten en verdaderos activos de negocio, por lo cual requieren ser objeto de calidad y seguridad informática.

Con el objeto de aportar un modelo que logre asegurar las condiciones mínimas de calidad de software para herramientas basadas en hojas de cálculo se desarrolla el presente proyecto, mediante la investigación de modelos de calidad o acercamientos similares que se

hayan planteado o utilizado como formas de control para la elaboración y mantenimiento de este tipo de herramientas tecnológicas. A continuación, se identificarán las características importantes y se determinará cuáles son los parámetros mínimos necesarios para aplicar que permitan definir un modelo de calidad de las soluciones de software basadas en hojas de cálculo.

Como parte central del proyecto se construirá un modelo de calidad de software que incluya los parámetros, requisitos y aspectos necesarios a evaluar para alcanzar un grado de cumplimiento de la calidad en las herramientas basadas en hojas de cálculo. La construcción del modelo logrará que al determinar los aspectos relevantes puedan ser auditados para indicar el nivel de conformidad del sistema o herramienta tecnológica. Se realizará la demostración del modelo aplicándolo en diferentes herramientas basadas en hojas de cálculo. Se realizará, además, la consulta de la pertinencia del modelo y la herramienta con un panel de expertos en el área. El desarrollo de este proyecto otorgará un modelo que permitirá ayudar a compañías de diferentes tipos y tamaños a controlar la calidad de su software basado en hojas de cálculo, que constituye en gran parte el control de su operación, el desarrollo de sus actividades y el soporte para sus formas de trabajo en los diferentes procesos o áreas.

**Palabras clave:** *Hoja de Cálculo, Calidad, Modelo.*

## **ABSTRACT**

Spreadsheets are tools used by organizations in the development of their daily activities, thanks to their different functionalities and applications they allow the automation, control and operation of tasks that were previously carried out manually and that due to this condition increase the risk of error in the processes, in the distribution and in the results obtained.

Despite technological advances in the automation of processes through computer solutions and the exponential growth of new programs and software on the market for all types of tasks and business activities, spreadsheets continue to be an economical, accessible and essential for the coverage of a number of existing needs.

When using applications based on spreadsheets as a solution, it is the expert users in the process and business operators who structure, develop and program these tools, under the required conditions that can satisfy and fulfill the objectives inherent to their functions and the objectives of the process and the organization. Because of this, important technical considerations such as the quality, integrity, confidentiality, availability and security of these tools are neglected. These tools, because they are created to measure and by experts in the business, become true business assets, for which they need to be the object of quality and information security.

In order to provide a model that manages to ensure the minimum conditions of software quality for tools based on spreadsheets, this project is developed through the investigation of quality models or similar approaches that have been proposed or used as forms of control for the development and maintenance of this type of technological tools. Next, the important characteristics will be identified and the minimum parameters

necessary to apply to define a quality model of software solutions based on spreadsheets will be determined.

As a central part of the project, a software quality model will be built that includes the parameters, requirements and aspects necessary to evaluate to achieve a degree of quality compliance in the spreadsheet-based tools. The construction of the model will achieve that when determining the relevant aspects, they can be audited to indicate the level of conformity of the system or technological tool. The model will be demonstrated by applying it to different spreadsheet-based tools. Also, the relevance of the model and the tool will be consulted with a panel of experts in the area. The development of this project will provide a model that will help companies of different types and sizes to control the quality of their software based on spreadsheets, which largely constitutes the control of their operation, the development of their activities and the support for their ways of working in the different processes or areas.

**Keywords:** *Spreadsheet, Quality, Model.*

# INTRODUCCIÓN

## 1.1. Planteamiento del Problema

El auge de la tecnología lleva a las organizaciones y personas a utilizar diferentes medios para mejorar sus procesos, allegando diferentes soluciones apoyadas en tecnología. Hay que reconocer que las hojas de cálculo son una herramienta potente, versátil, de fácil acceso y que provee gran capacidad de automatizar procesos a pequeña y mediana escala.

Gracias al avance tecnológico y al incremento de la oferta de soluciones de software a medida para cubrir las necesidades empresariales en cuanto a operación, control y obtención de resultados de las actividades y procesos, se han creado y establecido diferentes normas o estándares para garantizar la calidad. Las organizaciones independientemente de su tamaño, tipo o capacidad adquisitiva de soluciones de software usan y explotan las funcionalidades de las hojas de cálculo como una herramienta de solución tecnológica para infinidad de tareas, desarrollando y construyendo componentes a medida para satisfacer sus necesidades. (Abreu et al., 2014). Según estudios realizados se estima que el 52% de las hojas de cálculo en una compañía, son utilizadas para tareas de cálculo (Abreu et al., 2014) y toma de decisiones, (Hermans, Pinzger y Deursen, 2012). Adicionalmente, con las nuevas herramientas de inteligencia de negocio, las hojas de cálculo se potencian como fuentes de datos importante para ellas.

Del hecho anterior, se encuentra que este tipo de soluciones son generadas tanto por personas de las áreas tecnológicas, así como también en muchos casos son generadas por los mismos usuarios, ya que con conocimientos básicos o con la guía de tutoriales se puede trabajar y explotar las funcionalidades de los programas de hojas de cálculo. En cualquiera de las situaciones anteriores estas herramientas requieren de un modelo de calidad, del cual a la fecha aún no se logra evidenciar un estándar, guía, modelo o planteamiento definitivo,

que permita evaluar el grado de calidad con que cuentan para sus etapas de levantamiento y análisis de requisitos, diseño, implementación, verificación, documentación y mantenimiento. Por el motivo anterior, se deja una brecha amplia que no permite garantizar eficientemente la confiabilidad, disponibilidad, usabilidad, integridad, escalabilidad, seguridad y mantenibilidad, tanto del desarrollo realizado (Cunha et al., 2012), como del uso y tratamiento aplicado a los datos, y de la información resultante de estos (Wang, Yu y Yang, 2018).

Existen algunos organismos que se han preocupado por estas situaciones como la *European Spreadsheet Risks Interest Group* [EuSpRiG] o Grupo de Interés Europeo de Riesgos en Hojas de Cálculo el cual es un organismo motivado a describir el estado actual del arte en la gestión de riesgos en las hojas de cálculo. EuSpRiG ofrece a profesionales en todas las disciplinas información de riesgos, y casos e historias reales de situaciones catastróficas en diferentes compañías por errores en el uso de hojas de cálculo. La labor de EuSpRiG ha demostrado que en gran proporción las hojas de cálculo corporativas no se controlan. Cuando no se controlan o prueban las hojas de cálculo se derivan problemas de pérdida de ingresos, ganancias, efectivo, activos e impuestos. Adicionalmente, se presentan problemas de mala toma de decisiones, precios incorrectos, fraude por manipulación maliciosa y fallos financieros que no garantizan confiabilidad en la información (European Spreadsheet Risks Interest Group [EuSpRiG], 2021). Algunos casos de errores mencionados por EuSpRiG son:

- Datos no controlados, 16000 resultados de la prueba Covid-19 del Reino Unido perdidos durante una semana. Este problema puso vidas en peligro por retraso en el proceso de localización de contactos (Kelion, 2020).
- El fondo estatal para el empleo de Irlanda pierde €750.000 por error humano. Este problema generó pérdidas económicas en la Agencia Nacional de Gestión del Tesoro por un registro inadecuado del tipo de cambio de moneda. (Murphy, 2019).
- *New York Civil Liberties Union* se disculpa por declarar erróneamente la disparidad racial en los arrestos por marihuana de Schenectady. Este error daña la confianza que el departamento había construido, y cuya dificultad fue debida a una hoja de

cálculo desalineada que fusionó incorrectamente los datos del censo en Estados Unidos (Silberstein, 2019).

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Implementar un modelo de calidad de software para la evaluación de herramientas basadas en hojas de cálculo.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Revisar los modelos de calidad de software existentes con énfasis en herramientas basadas en hojas de cálculo.
- Caracterizar los parámetros de calidad de software mínimos que pueden aplicarse a herramientas basadas en hojas de cálculo.
- Construir y documentar un modelo de calidad de software para herramientas basadas en hojas de cálculo.
- Demostrar la aplicación del modelo de calidad de software para herramientas basadas en hojas de cálculo.

## 2. MARCO TEÓRICO

En las empresas a través del tiempo se han considerado diferentes tipos de activos ya sean físicos, locativos o de componente material, los cuales se constituían como el o los recursos más importantes. Este concepto ha evolucionado, y hoy las empresas al estar continuamente captando y tratando información, esta se ha convertido en uno de los activos más importantes. La información está compuesta por datos que son símbolos no aleatorios que representan valores de atributos o sucesos (Lapiedra et al., 2011). Aplicar un tratamiento correcto, adecuado, a tiempo y en la cantidad precisa constituye un factor clave para las organizaciones. La información al ser un conjunto de datos transformados y de representaciones con formas significativas para la persona que los recibe, tiene un valor real o percibido para las decisiones y acciones (Lapiedra et al., 2011).

Por la definición anterior e importancia de la información, al revisar *Las 10 principales tendencias tecnológicas estratégicas para 2021* publicado por Gartner (Burke, 2020) la información es el trasfondo de la mayoría de ellas. Por tomar solo una de las tendencias, al hablar de la hiperautomatización que es la combinación de aprendizaje automático múltiple-ML, software empaquetado y herramientas de automatización para agilizar las entregas del trabajo. La hiperautomatización se refiere no solo a la amplitud de la paleta de herramientas, sino también a todos los pasos de la automatización en sí misma (descubrir, analizar, diseñar, automatizar, medir, monitorizar y reevaluar). Esta tendencia se inició con la automatización de procesos robóticos-RPA. La hiperautomatización requiere una combinación de herramientas para ayudar a respaldar la replicación de piezas en las que el humano participa en una tarea (Meza, 2020). Para el control y manejo de la información se utilizan diferentes herramientas tecnológicas que son fundamentales para facilitar el trabajo y el desarrollo de actividades repetitivas o no repetitivas. Esto logra la eficiencia en la utilización y aplicación de recursos, así mismo, esto favorece la captura, transformación y generación de la información (Ruiz, 2014).



Con la generación y aumento constante de diferentes herramientas tecnológicas o soluciones de software en el mercado, se evidencia la necesidad de definir ciertos controles que permitan evaluar la calidad de dichos desarrollos con el fin de garantizar todas las etapas de estos. Se entiende por calidad de software el grado de desempeño o de cumplimiento de las principales características que debe cumplir un programa o sistema computacional durante un tiempo determinado o durante su ciclo de vida. El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos [IEEE] (1990) define calidad de software como “el grado con el que un sistema, componente o proceso cumple los requerimientos especificados y las necesidades o expectativas del cliente o usuario”. Para estructurar y estandarizar la calidad, se habla de los denominados modelos de calidad de software, que determinan diferentes factores que componen los criterios a evaluar o auditar en la implementación de métricas necesarias (Callejas et al., 2017). Los modelos de calidad se clasifican respecto a su enfoque y entre ellos se encuentran modelos de calidad a nivel de proceso, a nivel de producto y a nivel de calidad en uso. Estos determinan los atributos que logran la aceptación por parte del usuario final, basada en eficacia, productividad, seguridad y satisfacción según la ISO/IEC 9126 (Callejas et al., 2017).

Como guía y base del conocimiento para idear o pensar en un modelo de calidad de un producto de software, se tiene en consideración la familia de normas ISO/IEC 25000. La familia de normas ISO/IEC 25000 otorga bases para la división de gestión, modelo, medición, requisitos y evaluación de la calidad de software (System and Software Quality Requirements and Evaluation [SQuaRE], 2020). De esta familia de normas se pueden adoptar técnicas, ideas o etapas que sean funcionales para un modelo de calidad de herramientas tecnológicas basadas en hojas de cálculo. Algunas normas siguen el modelo PHVA cuyas siglas significan planear, hacer, verificar y actuar (ISOTools, 2015). La planificación, tiene en cuenta todas las actividades previas a la realización indicando lo que se quiere lograr. La ejecución o el hacer, indica el llevar a cabo lo planificado. La verificación, evalúa si lo realizado se logra de acuerdo con lo planificado. La actuación ante los resultados permite tomar acciones que generen ajustes o mejoras. Las actividades de

planificación, ejecución, verificación y actuación ante los resultados caracterizan la estructura de las normas ISO-*International Organization for Standardization*. La elección de una estructura para el modelo se basa en el esquema de numerales de las normas ISO se realiza debido al alto uso y aplicación de este tipo de estándares a nivel mundial por compañías de diferente tipo y tamaño (International Organization for Standardization [ISO], 2020). Otro aspecto de importancia para la elección de este tipo de estructura es el conocimiento y experiencia en el uso de las normas ISO por parte del autor del presente trabajo de grado.

Cuando se habla de calidad y de modelos, un nuevo concepto ingresa a formar parte del vocabulario, el aseguramiento de calidad del software. El aseguramiento de la calidad no es más que el conjunto de actividades planificadas y sistemáticas necesarias para aportar la confianza en que el producto satisfará los requisitos dados de calidad. Dentro de las componentes para el aseguramiento de calidad se cuenta con (Cueva, 1999):

- a. Las métricas de software, que son las medidas para identificar el cumplimiento de un atributo o para el control del proyecto.
- b. La verificación que asegura que se cumple con los requisitos establecidos.
- c. La validación del software que demuestra su ajuste al uso esperado del mismo a lo largo del ciclo de vida y la gestión de la configuración del software.

Como se ha identificado hasta ahora, existe toda una estructura y esquema para el desarrollo de soluciones y herramientas tecnológicas buscando garantizar su calidad.

Las empresas utilizan las hojas de cálculo como una solución para muchas de las tareas en sus procesos. Las hojas de cálculo permiten usarse como herramientas de desarrollo para el manejo, control, organización, almacenamiento y análisis de datos en diferentes volúmenes de información. El uso de las hojas de cálculo parte desde simples tareas de control con el objeto de mejorar la productividad del trabajo. Las hojas de cálculo son un software usado para el manejo de datos numéricos y para la realización de cálculos

automáticos de números ubicados en una tabla. Este tipo de herramienta es funcional para automatizar cálculos complejos al utilizar una gran cantidad de parámetros y al crear tablas denominadas hojas de trabajo. El desarrollo de la solución a las necesidades se logra por medio del uso de fórmulas y macros que son tareas automatizadas. El desarrollo otorga la posibilidad de crear diferentes tipos de gráficos (EcuRed, 2020).

Estos programas son usados para la obtención de resultados en niveles operativos con la posibilidad de crear representaciones gráficas de la información sintetizada. Estos programas ayudan para la toma de decisiones en niveles estratégicos con resultados eficaces que puedan ser analizados. Las hojas de cálculo se componen de números y textos ubicados en campos denominados celdas. Las celdas permiten definir el tipo de dato que contiene o va a contener la misma. Las celdas permiten definir su dependencia por medio de relaciones con otras celdas de la misma cuadrícula o de diferentes hojas en el mismo archivo o archivos externos gracias a lo que se conoce como fórmulas. Debido a que la construcción de contenido y funcionalidad determinada de una hoja de cálculo se realiza por los usuarios, los datos pueden ser modificados interactivamente operando y visualizando los comportamientos de esta de manera inmediata. Según los parámetros definidos, esto supone una utilidad muy alta de la herramienta para la creación de prototipos o esquemas. Una gran ventaja, y que ha permitido el uso masivo de las hojas de cálculo, es la percepción espacial y el razonamiento del hombre. El diseño de estas herramientas permite el desarrollo de cálculos generales y tareas de creación usando la relación espacial en lugar del tiempo como organizador primario. Es explotando esta capacidad humana la clave de como se ha vuelto un éxito generalizado el uso de estas herramientas (Obrenović y Gašević, 2008).

Las herramientas de oficina en especial las hojas de cálculo son populares y presentan un costo asequible para las compañías. Gracias a que estas incluyen grandes capacidades aritméticas y de producción de datos, son una alternativa de solución para desarrollar, modificar, mantener y ejecutar aplicaciones y automatizar tareas en los procesos. Un ejemplo de ello, y a pesar de que el uso es limitado para el procesamiento de imágenes, en

la Agencia Espacial Canadiense utilizaron una herramienta basada en una hoja de cálculo para mostrar gráficos de respuesta polarimétrica (Fiset y Farhat, 2001).

Se puede citar el uso de hojas de cálculo para facilitar composiciones de servicios. Como ejemplo, se presenta el caso de AMICO:CALC (Obrenović y Gašević, 2008), planteado desde la implementación y uso como un marco capaz de conectar una hoja de cálculo a diferentes servicios de software. Este desarrollo se logró explotando la limitada relación entre la computación orientada a servicios y las hojas de cálculo. Se aprovecharon las funciones predefinidas que permiten acceder a datos en línea y diferentes servicios web por medio de funciones y extensiones establecidas y personalizadas. Con este desarrollo y contribución se mostró como el uso de las hojas de cálculo puede ser altamente productivo, con fácil aplicación y aprendizaje. Se realizaron diferentes pruebas de uso tanto en proyectos como en educación, analizando los resultados (Obrenović y Gašević, 2008).

Otro caso de alto impacto es COCT (Aliane, 2008) el cual es un libro de Microsoft Excel con macros, que son tareas automatizadas, y funciones de programación por código que funciona como una herramienta de control para trabajo con sistemas lineales orientada a la educación. Esta herramienta permite realizar varias simulaciones y análisis en una hoja de cálculo. Gracias a la aplicación de macros y otras funcionalidades en Microsoft Excel se permite a los desarrolladores diseñar complementos y ampliar las capacidades de las soluciones construidas. Otro uso de las hojas de cálculo es que permiten realizar simulaciones y demostraciones funcionando como herramientas de enseñanza. Debido al bajo costo y fácil adquisición las hojas de cálculo son una alternativa muy aceptada en la rama educativa (Aliane, 2008).

Entre los grandes aspectos de calidad a evaluar para las hojas de cálculo se encuentran (Cunha et al., 2012):

- a. La funcionalidad que determina la capacidad de las hojas de cálculo para satisfacer las necesidades de los usuarios.

- b. La fiabilidad como la capacidad de las hojas de cálculo para mantener su rendimiento según las condiciones determinadas.
- c. La usabilidad que es la capacidad para el fácil entendimiento, aprendizaje y uso.
- d. La eficiencia que controla la cantidad de recursos y el nivel de rendimiento.
- e. La mantenibilidad como la capacidad de modificación para ampliación o corrección de errores.
- f. La portabilidad para su transferencia y uso en diferentes ambientes.
- g. La seguridad como la capacidad de protección con que cuenta la hoja de cálculo.

Gracias a las diferentes funcionalidades y herramientas incluidas en las aplicaciones de hojas de cálculo, estas permiten el desarrollo y estructuración de soluciones a la medida para las empresas. Las hojas de cálculo dan solución a necesidades puntuales y satisfacen los requerimientos en materia de control y automatización de actividades (Fiset y Farhat, 2001). Existen diferentes alternativas en cuanto a distribución de hojas de cálculo, tanto pagas como gratuitas, donde cada opción tiene sus pros y sus contras dependiendo de las necesidades, condiciones y usos que dará cada empresa. Hay diferentes opciones de hojas de cálculo como Microsoft Excel, Libre Office Calc, OpenOffice Calc, entre otras. El espectro de uso de las hojas de cálculo depende del desarrollador o usuario. Éstas son adaptables a cualquier proceso de las organizaciones, ya sea estratégico, comercial, finanzas, recursos, planeación, operación, entre otros. Cada año se crean y se mantienen millones de hojas de cálculo en el sector empresarial y se han convertido en las herramientas de desarrollo más utilizadas por los usuarios finales. Esto también ha conllevado a que se presenten pérdidas económicas para muchas empresas por la falta de control y por la cantidad de errores que se presentan en el desarrollo y uso de este tipo de herramientas tecnológicas (Jannach, Schmitz, Hofer y Wotawa, 2014).

Las hojas de cálculo han evolucionado a herramientas de alto nivel empresarial aportando en la colaboración de grupos de trabajo y análisis conjunto. Siendo herramientas de nivel empresarial, la colaboración entre grupos de trabajo se convierte en un aspecto de suma importancia y es que, al consignar datos o información de actividades locales, estos se

requieren que se vuelvan disponibles para otros usuarios para combinar datos y obtener resultados integrales. Este aspecto colaborativo, de implementar la práctica de intercambiar información por diferentes medios, se ha convertido en otro aspecto de generación de errores por la falta de control, pérdida de la información, duplicidad de la información y disposición de información obsoleta o no actualizada (Maresca y Baglietto, 2017).

Estas herramientas al ser utilizadas por profesionales, no profesionales, personas con y sin conocimientos en programación, pueden ser vistas como simples calculadoras o como un gran aliado para explotar y desarrollar complejas herramientas tecnológicas. Lo anterior indica que las hojas de cálculo son consideradas un medio propenso a los errores, independientemente que la trabaje un profesional o programador. Este aspecto sugiere adicionalmente que estas herramientas cuentan con una baja calidad. De parte de los desarrolladores de software, se han presentado pocos esfuerzos para evaluar la calidad de este tipo de herramientas tecnológicas (Cunha et al., 2012).

Las hojas de cálculo son consideradas por resultados, respecto a la información final extraída de ellas, como productos de software genéricos. Esta apreciación se da debido a su alta utilización para diferentes tareas como informes, cálculos sencillos y complejos, y presentación de resultados. No se han determinado mecanismos efectivos para prevenir los errores llevando a situaciones indeseables con alto impacto económico para las empresas (Jannach et al., 2014).

En diferentes artículos e investigaciones se habla del concepto de *code smell*, mencionado inicialmente en 1999 que indica una especie de síntoma que pueda corresponder a un problema presente en un sistema (Fowler, 1999). El concepto de *code smell* no implica que siempre exista un error cuando se detecte, sino que determina un aspecto por revisar y prestar la atención necesaria para comprenderlo. Fowler (1999) al introducir el concepto de *code smell* propuso un catálogo de *code smells* o problemas potenciales. El catálogo de *code smells* es una construcción que se desarrolló con enfoque

para código fuente, pero en ocasiones puede aplicarse a otras ramas como en el caso de las hojas de cálculo que dió paso a generar el catálogo de *Spreadsheet Smells* (Abreu et al, 2014). Debido al alto uso de las hojas de cálculo, y a que ha estado marcada por ser un entorno de desarrollo de usuario final muy amplio, las probabilidades de que éstas contengan errores continúan siendo muy altas. Se considera positivo cualquier intento o modelo que pueda mejorar la corrección de las hojas de cálculo. Los modelos de calidad se diseñan con el objetivo de detección de errores, corrección de errores e incluso prevención de errores (Yu, Li y Zhong, 2009).

### 3. METODOLOGÍA

El presente trabajo se realizará en base a una versión adaptada de la metodología Design Science (Peffers, Tuunanen, Gengler, Rossi, Hui, Virtanen y Bragge, 2006), que comprende:

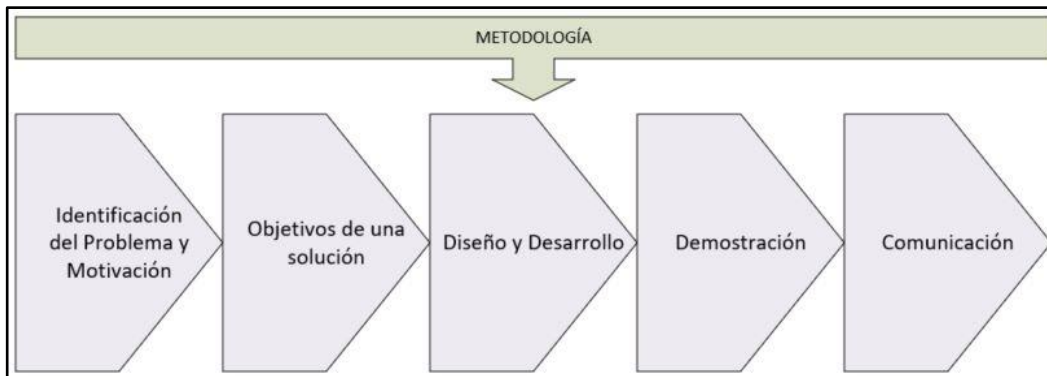


Figura 1. Esquema gráfico de la metodología.

#### 3.1 Identificación del Problema y Motivación

Consiste en la definición y planteamiento del problema buscando en la literatura la sustentación de este, así como la identificación de posibles soluciones o trabajos de investigación adelantados en el tema seleccionado que permitan validar el enfoque seleccionado (Peffers et al., 2006).

Como una solución empresarial al control y desarrollo de sus actividades, las organizaciones aprovechan las funcionalidades y posibilidades que ofrecen las hojas de cálculo para automatizar procesos y obtener resultados que permitan tomar decisiones. Este tipo de soluciones en muchas ocasiones suplen desarrollos de software a la medida, que,



por capacidades adquisitivas o prioridades de las empresas, convierten las herramientas tecnológicas basadas en hojas de cálculo en un activo primordial.

De allí se desprende que por su alta importancia estos requieren ser objeto de calidad y de seguridad informática, haciendo necesario que exista un modelo que ayude a proporcionar los aspectos y requisitos mínimos que se deben alcanzar para determinar el grado de cumplimiento de calidad de la herramienta tecnológica y por ende aportar a la calidad del dato. El planteamiento del problema se determinó en el numeral 1.1 de este documento.

### **3.2. Objetivos de una Solución**

En este apartado se define el objetivo que se quiere alcanzar con el desarrollo del trabajo de grado, por lo cual se identifican tanto el objetivo principal como los objetivos específicos describiendo la secuencia requerida para su ejecución (Peffer et al., 2006).

Como objetivo principal del trabajo de grado se tiene el de implementar un modelo de calidad de software para la evaluación de herramientas basadas en hojas de cálculo.

Este se completará por medio de la revisión de los modelos de calidad de software existentes con énfasis en herramientas basadas en hojas de cálculo, caracterizando los parámetros de calidad de software mínimos o esperados que pueden aplicarse a este tipo de herramientas, y construyendo y documentando un modelo de calidad de software, aplicando una demostración del mismo a diferentes herramientas basadas en hojas de cálculo, enfocado en una visión de calidad del dato para que posteriormente pueda ser usado en un proceso de inteligencia de negocio. El objetivo general y específicos se encuentran descritos en el numeral 1.2 de este documento.

### **3.3. Diseño y Desarrollo**

Consiste en llevar a cabo y ejecutar todas las actividades del trabajo de grado, es la parte del hacer, la cual permite obtener como resultado el producto esperado o el producto que se quiere alcanzar (Peffer et al., 2006).

Constituye y comprende actividades de construcción del marco teórico descrito en el numeral 2 y estado del arte descrito en el numeral 4.1 apoyado en la búsqueda bibliográfica, posteriormente la búsqueda y consulta de los modelos actuales o propuestas desarrolladas descritas en el numeral 4.3 acerca de la temática tratada y la caracterización de los parámetros de calidad de software a aplicar a las herramientas basadas en hojas de cálculo.

Con la investigación realizada, se continuará con la construcción y generación de la documentación del modelo de calidad de software propuesto para la evaluación de herramientas basadas en hojas de cálculo.

### **3.4. Demostración**

La demostración permite aplicar una revisión del funcionamiento del producto obtenido en la parte del diseño y desarrollo, con el fin de analizar los resultados alcanzados (Peffer et al., 2006).

En este punto se realizará la demostración por medio de la aplicación del modelo propuesto como ejemplo en diferentes herramientas basadas en hojas de cálculo, con el fin de analizar tanto el flujo de revisión y secuencia de auditoría, como los resultados

obtenidos del proceso ejecutado. Adicionalmente, se realizará una validación de la pertinencia del modelo y la herramienta de evaluación con un panel de expertos en el área por medio de una encuesta. Los resultados se encuentran en el numeral 4.6 de este documento.

La demostración se realizará aplicando una lista de chequeo descrita en el numeral 4.5 que permita cuantificar el nivel de cumplimiento de los requisitos y las etapas definidas en el modelo propuesto.

### **3.5. Comunicación**

Se determinarán e interpretarán los hallazgos obtenidos del trabajo realizado en relación con los objetivos determinados, consolidando los resultados y definiendo la forma de presentación (Peffer et al., 2006).

Se realizan los entregables del trabajo de grado incluyendo los análisis y resultados alcanzados, determinando la forma de entrega y de presentación. Esto se hará mediante el informe de investigación incluyendo el modelo propuesto, la escritura de un artículo de divulgación y la sustentación del trabajo de grado correspondiente.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Estado del Arte

A lo largo de los años de avance y evolución de las empresas, los sistemas de información para el control de actividades y procesos han sido objeto de análisis y estudios. Estos estudios se han realizado para garantizar un adecuado acoplamiento y funcionamiento permitiendo que de estos se obtengan los resultados correctos y esperados. Actualmente existen diferentes mecanismos para determinar la calidad de software a nivel de proceso (Callejas et al., 2017):

- a. ITIL, que incluye la perspectiva del negocio, entrega, soporte, manejo de infraestructura y manejo de aplicaciones.
- b. ISO/IEC 15504, para la adaptación y evaluación de calidad de procesos en pequeñas y medianas empresas.
- c. Bootstrap, como metodología para la mejora de procesos.
- d. Personal Software Process (PSP), el cual es un modelo enfocado en el desarrollo profesional de los ingenieros.
- e. Team Software Process (TSP), el cual es un modelo enfocado en el desarrollo de equipos de trabajo.
- f. IEEE/EIA 12207, es un modelo para el ciclo de vida del desarrollo del software.
- g. COBIT, caracterizado con orientación a negocios y proceso.
- h. ISO 90003, de estándares para el desarrollo, suministro y soporte de software.
- i. CMMI, como modelo para empresas constructoras de software.
- j. ISO/IEC 20000, que avala la prestación de servicios de tecnologías de la información.

También existen mecanismos para determinar la calidad a nivel de producto como (Callejas et al., 2017):

- a. McCall, el cual valida factores, criterios y métricas.
- b. GQM (Goal Question Metric), enfocado en la definición de métricas para medición de avances de los proyectos.
- c. Boehm, define planeación, análisis de riesgo, ingeniería y evaluación.
- d. GILB, orientado a la capacidad, adaptabilidad, disponibilidad y utilizabilidad.
- e. ISO 9126, está dividida como modelo de calidad, métricas externas, métricas internas y calidad de métricas.
- f. SQA (Software Quality Assessment Exercise), está enfocada en una revisión por parte de terceros.
- g. ISO 25000, que determina los requisitos y la evaluación de atributos en el desarrollo de software.

Dichos modelos de calidad buscan, a partir del cumplimiento de una serie de requisitos establecidos dar un control a todas las etapas de inicio a fin para la implementación, uso y mantenimiento de las herramientas informáticas. De los modelos anteriormente mencionados no se consideró explícitamente la adopción de un único modelo para el presente trabajo, puesto que estos presentan el enfoque para el desarrollo de software. Adicionalmente, no todas las características incluidas en los modelos puntualizados son funcionales para el modelo propuesto en el presente trabajo basado en hojas de cálculo.

Debido al tamaño, tipo, capacidad o complejidad de las organizaciones, se utilizan diferentes tipos de herramientas tecnológicas tanto desarrolladas de manera interna como adquiridas a la medida de la o las necesidades existentes. También hay adquisiciones por medio de la compra o contratación de una herramienta funcional en el mercado y adaptando los procesos de la organización a la misma. Entre la adquisición de herramientas tecnológicas en las empresas se encuentran las hojas de cálculo. Las hojas de cálculo son aplicaciones de software de código cerrado. Las hojas de cálculo incluyen funcionalidades que permiten su uso como una herramienta de desarrollo para organizar, almacenar y analizar datos en altos niveles o flujos de información.

Debido a que la mayoría de los usuarios que utilizan las hojas de cálculo no son programadores, pero si las pueden incluso desarrollar, son herramientas muy propensas a presentar errores tanto en su desarrollo como en su uso (Jannach et al., 2014). Ha sido un desafío la detección y reparación de las fallas para lograr un adecuado aseguramiento de la calidad de este tipo de herramientas tecnológicas. En un intento por lograr este avance se han propuesto y sugerido diferentes enfoques de garantía de la calidad que incluyen visualización de análisis de fórmulas estáticas, pruebas y técnicas de depuración automatizada (Wang et al., 2018). En los análisis propuestos y estudios realizados se ha partido de dos supuestos. El primer supuesto hace referencia a que los datos de entrada son correctos y las celdas formuladas son las que presentan los errores. Debido a la alta utilización de las hojas de cálculo, las correcciones y optimizaciones durante su uso permiten que se definan y establezcan plantillas. La utilización de plantillas correctas incrementa la posibilidad de que información resultante incorrecta se deba a datos de entrada equivocados. El segundo supuesto hace referencia a cuando se utiliza la relación múltiple entre hojas de cálculo, es decir, cuando se utilizan muchas referencias entre distintas hojas de trabajo o archivos, se hace más difícil el control y la detección de errores (Wang et al., 2018).

En aras de concentrar y verificar los tipos de errores comunes a validar en las hojas de cálculo y con la construcción del catálogo de *code smells* que inició con la propuesta de Fowler (1999), se han planteado los siguientes *spreadsheet smells* (Abreu et al., 2014):

- a. *Desviación Estándar (Standard Deviation)*: Detecta qué valores no siguen una distribución normal, es decir, similitud o igualdad del tipo y/o formato para los datos en un grupo de celdas continuas con valores numéricos.
- b. *Celda Vacía (Empty Cell)*: Detecta celdas vacías que en el contexto en que se presentan debieron completarse.
- c. *Buscador de Patrones (Pattern Finder)*: Detecta en un rango las celdas que no correspondan a un patrón existente en el mismo.
- d. *Distancia de la Cadena (String Distance)*: Detecta errores tipográficos, indicando celdas de cadena que difieren con respecto a las celdas circundantes.

- e. *Referencia a Celdas Vacías (Reference to Empty Cells)*: Detecta la referencia o apunte de fórmulas a celdas vacías.
- f. *Dependencias Cuasi-Funcionales (Quasi-Functional Dependencies)*: Detecta valores sucios usando una versión flexible de Dependencias Funcionales, es decir, cuando un atributo A de una relación depende de un atributo B si para todo valor de B corresponde siempre el mismo valor de A.
- g. *Operaciones Múltiples (Multiple Operations)*: Inspirado en el código de método largo. Detecta las fórmulas largas con visualización reducida y que son difíciles de entender.
- h. *Múltiples Referencias (Multiple References)*: Detecta cuando las fórmulas hacen referencia a muchas celdas diferentes.
- i. *Complejidad Condicional (Conditional Complexity)*: Detecta fórmulas con muchas operaciones condicionales.
- j. *Larga Cadena de Cálculos (Long Calculation Chain)*: Detecta fórmulas que crean cadenas de cálculos y que pueden referirse a otras fórmulas. Estas son difíciles de entender y se deben seguir varios pasos para encontrar el origen y cálculos intermedios.
- k. *Fórmulas Duplicadas (Duplicated Formulas)*: Detecta fórmulas duplicadas o similares.
- l. *Intimidad Inapropiada (Inappropriate Intimacy)*: Detecta una hoja de cálculo relacionada en alta medida con otra hoja de cálculo.
- m. *Característica de la Envidia (Feature Envy)*: Detecta cuando una fórmula está más asociada a celdas de otra hoja de cálculo.
- n. *Hombre del Medio (Middle Man)*: Detecta fórmulas intermedias, es decir, contiene solo una referencia a otra celda.
- o. *Cirugía de Escopeta (Shotgun Surgery)*: Ayuda a identificar fórmulas que se refieren a múltiples fórmulas en múltiples hojas de trabajo.

Con las diferentes características que se han planteado para determinar la calidad del software, el trabajo investigativo *A Quality Model for Spreadsheets* (Cunha et al., 2012) ha propuesto algunas de ellas. Estas características se pueden usar para evaluar la calidad de

las hojas de cálculo. Entre las características y subcaracterísticas planteadas se encuentran (Cunha et al., 2012):

a. *Funcionalidad*: Capacidad de satisfacer la o las necesidades implícitas o declaradas del usuario en la hoja de cálculo.

I. *Idoneidad*: Hace referencia a que se posean las propiedades correctas respecto al propósito de la hoja de cálculo.

II. *Precisión*: En esta subcaracterística se plantea la exactitud que tenga la hoja de cálculo. Referido a cantidad de fórmulas mal referenciadas o salidas con errores.

III. *Interoperabilidad*: Determina la capacidad y posibilidad de intercambiar y utilizar información entre dos o más hojas de trabajo sin que las fórmulas y resultados presenten problemas.

IV. *Seguridad*: Indica la protección aplicada a las hojas de trabajo, como restricción de celdas, hojas protegidas, libros protegidos, evitando la alteración consciente o inconsciente.

b. *Fiabilidad*: Capacidad de mantener el nivel de rendimiento de la hoja de cálculo en un periodo determinado según las condiciones dadas.

I. *Madurez*: Nivel de calidad completamente desarrollado en la hoja de cálculo.

II. *Tolerancia a Fallos*: Capacidad de continuar funcional ante la presencia de fallos en alguna o algunas de sus fórmulas. Depende de la interconexión que presenten las fórmulas.

c. *Usabilidad*: Capacidad y facilidad de entendimiento y uso por parte de los usuarios.

I. *Comprensibilidad*: Facilidad de ser entendido. Interviene la separación de componentes de entrada, cálculo y salida. Uso de código o notación de colores.

II. *Capacidad de Aprendizaje*: Facilidad de comprensión y utilización por parte de los usuarios. Interviene el diseño y la separación de componentes de entrada, cálculo y salida.



III. *Operabilidad*: Facilidad de uso u operación. Interviene el uso de listas desplegables y de validación.

IV. *Atractivo*: Capacidad para ser visualmente agradable. Interviene un buen diseño y separación clara de componentes.

d. *Eficiencia*: Permite medir la cantidad de recursos realizando una comparación con el rendimiento.

I. *Comportamiento Temporal*: Control de las funciones que requieran alta computación y afecten el desempeño en el tiempo.

II. *Utilización de Recursos*: Control de las funciones que requieran alto número de recursos.

e. *Mantenibilidad*: Capacidad para modificar una hoja de cálculo corrigiendo errores detectados o ampliando sus funcionalidades.

I. *Analizabilidad*: Facilidad de análisis para realizar diagnósticos y encontrar deficiencias presentadas.

II. *Cambiabilidad*: Capacidad para cambiar una hoja de cálculo y eliminar fallas.

III. *Estabilidad*: Capacidad de ser consistente y mantener su correcto funcionamiento.

IV. *Testabilidad*: Capacidad de probar una hoja de cálculo, para validar que los resultados son correctos.

f. *Portabilidad*: Capacidad de transferir una hoja de cálculo.

I. *Adaptabilidad*: Capacidad de la hoja de cálculo para funcionar en diferentes entornos.

Los modelos planteados por Cunha et al. (2012) y Abreu et al. (2014) buscan establecer características para las mediciones concretas en las hojas de cálculo. Las características mencionadas en los modelos indicados han estado directamente relacionadas

con las nociones de calidad de software. Los modelos planteados se han basado en la norma de calidad de software ISO 25000 según lo aplicable a las hojas de cálculo. Una forma común y aplicada en el trabajo de Cunha et al. (2012) es la forma de validación aplicando clasificaciones de 0 a 5 estrellas según intervalos definidos para los resultados de las métricas evaluadas. Las características que se han definido para los modelos de calidad de Cunha et al. (2012) y Abreu et al. (2014) incluyen:

1. Definición de características genéricas comunes de la norma de calidad de software con las hojas de cálculo. Definición de métricas para evaluación.
2. Validación de un repositorio de hojas de cálculo compartido para experimentación. Calibración del modelo calculando métricas.
3. Evaluación y calibración más profunda sobre la calidad. Comparación de resultados.

Muchos errores presentados en las organizaciones pueden evitarse aplicando diferentes prácticas que aseguren la calidad en este tipo de herramientas tecnológicas o software basado en hojas de cálculo. A pesar de que se han planteado ciertas técnicas o modelos para mejorar la calidad de las hojas de cálculo, el soporte por parte de las casas desarrolladoras de este tipo de software ha sido escaso. Como una solución puntual también se presentó la herramienta FRITZ (Koch y Schekotihin, 2018) desarrollada para el aseguramiento de la calidad en hojas de cálculo incorporando diferentes investigaciones.

El uso de la herramienta FRITZ (Koch y Schekotihin, 2018) se centra en los siguientes aspectos:

- a) Enriquecimiento de la interfaz del usuario. Permite al usuario resaltar atributos. El usuario puede colocar colores a grupos de celdas para identificar visualmente entradas, salidas o fórmulas. El resalte facilita la detección de celdas sobrescritas.
- b) Generación de advertencias por problemas en celdas.

La herramienta mencionada genera advertencias de problemas potenciales en celdas o grupos de celdas. Se basa en una clasificación de los *spreadsheet smells*, centrada en la

detección de fórmulas, faltantes o de estructura. Genera de forma detallada información contextual en partes seleccionadas. El prototipo generado se realizó con análisis de hojas de cálculo estáticas. El público objetivo de la herramienta son todas aquellas personas que usen hojas de cálculo (Koch y Schekotihin, 2018).

A lo largo del tiempo se han presentado otras formas o técnicas de revisión como identificación de errores, metodologías para mejora de la confiabilidad y entornos de prueba. Se ha reconocido la importancia del tipo de usuario novato o programador para la aplicación de pruebas y técnicas de validación (Yu et al., 2009).

Se han presentado propuestas de solución para la forma de compartir hojas de cálculo, como la forma basada en sincronización. El modelo basado en sincronización no usa los archivos directamente como elementos de intercambio atómico, sino las unidades de datos. La unidad de datos es llamada Elemento de Hoja de Cálculo. El elemento corresponde a rangos de celdas, una tabla o una hoja de cálculo (Maresca y Baglietto, 2017).

Un enfoque propuesto por Wang et al. (2018) es el uso de técnicas de ejecución simbólica para identificación de entradas. Esta técnica permite la identificación de celdas con resultados incorrectos en las salidas. Con esta validación de las relaciones identificadas se propone una opción de reparación para la solución (Wang et al., 2018).

## **4.2. Diseño y Desarrollo**

Para el desarrollo del trabajo se realiza la revisión de diferentes artículos cronológicamente que describen características de calidad aplicables a las hojas de cálculo. A continuación, se realiza la extracción de los elementos o características de calidad comunes en los diferentes artículos referenciados. Las características de calidad faltantes o

ausentes en los artículos y que se consideran importantes por la experiencia en el uso de estas herramientas por parte del autor del presente trabajo se incluirán para complementar el desarrollo del modelo propuesto. Luego, se diseña un cuadro comparativo de las características incluidas en los diferentes artículos investigados para dar soporte a las características seleccionadas en el modelo propuesto. Después, se diseña el modelo propuesto en el presente trabajo de acuerdo con la estructura de presentación de las normas ISO bajo el esquema de numerales y siguiendo el orden de planificación, ejecución, verificación y actuación ante los resultados. Por último, se desarrolla y aplica un instrumento tipo lista de chequeo para demostrar el funcionamiento del modelo.

La literatura revisada permitió obtener un panorama acerca de los modelos de calidad o formas de verificar la calidad en las hojas de cálculo a través del tiempo. Los diferentes artículos consultados determinan una serie de componentes a tener en cuenta para validar la calidad de las hojas de cálculo. Cada uno de los artículos investigados y estudiados, indicados en las referencias, determina una serie de características a verificar en las hojas de cálculo para determinar su nivel de calidad. Los modelos presentados en los artículos de referencia no se enmarcan bajo una estructura global que permitiera llevar la trazabilidad al proceso. Hasta nuestro conocimiento hay ausencia de un marco de trabajo único en los artículos investigados, por tanto, el presente modelo de calidad se implementará bajo el marco de las normas técnicas ISO definida por numerales. Algunas de las características listadas [Tabla 1] de los artículos consultados, repitieron su uso en diferentes investigaciones demostrando la recurrencia de su utilización. Componentes como el Uso Compartido, Almacenamiento en la Nube, Portabilidad, Mantenibilidad, Usabilidad, Fiabilidad, Eficiencia y Funcionalidad no se identificaron como repetitivos en los modelos, pero se incluyeron por su nivel de importancia. La característica de eficiencia se complementa con la eficacia y se define como Efectividad. Gracias al uso de una estructura de norma ISO para proponer el modelo de calidad, se tienen en cuenta criterios o componentes ausentes en el material investigado, como el campo de aplicación, el levantamiento de requisitos, la planificación y las auditorías. Los *Spreadsheet Smells* listados [Tabla 2], fueron incluidos dentro del modelo de calidad propuesto asignando su

verificación al numeral que más se adapta según su descripción. La división y subdivisión del modelo propuesto en sus numerales 4, 5, 6 y 7 descrito en el numeral 4.4 del presente documento, se realiza según el conocimiento, experiencia en manejo de normas y consideraciones del autor del presente trabajo.

### 4.3. Caracterización a partir de Modelos Existentes

Como punto de partida en relación con la investigación de diferentes artículos, se diseña un cuadro comparativo de diferentes autores, indicados en las referencias, que incluyen una serie de características de calidad para hojas de cálculo en sus trabajos. En la revisión de los artículos se observa que cada uno presenta diferentes enfoques a verificar con la selección de ciertas características de calidad.

El diseño del siguiente cuadro comparativo [Tabla 1] lista las características de calidad para hojas de cálculo en filas y los artículos y autores en columnas, logrando identificar tanto las recurrencias de uso como las ausencias de dichas características en cada uno.

| Características de Calidad para Hojas de Cálculo | Azam, Alam y Umair, 2019 | Maresca y Baglietto, 2017 | Koch, Hofer y Wotawa, 2016 | Abreu et al., 2014 | Cunha et al., 2012 | Kruck, 2006 |
|--|--------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|-------------|
| Portabilidad: Adaptabilidad                      |                          |                           |                            |                    | X                  |             |
| Mantenibilidad: Analizabilidad                   |                          |                           |                            |                    | X                  |             |
| Mantenibilidad: Cambiabilidad                    |                          |                           |                            |                    | X                  |             |
| Mantenibilidad: Estabilidad                      |                          |                           |                            |                    | X                  |             |
| Mantenibilidad: Testabilidad                     |                          |                           |                            |                    | X                  |             |
| Usabilidad: Comprensibilidad                     |                          |                           |                            |                    | X                  |             |

| Características de Calidad para Hojas de Cálculo | Azam, Alam y Umair, 2019 | Maresca y Baglietto, 2017 | Koch, Hofer y Wotawa, 2016 | Abreu et al., 2014 | Cunha et al., 2012 | Kruck, 2006 |
|--|--------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|-------------|
| Usabilidad: Capacidad de aprendizaje             |                          |                           |                            |                    | X                  |             |
| Usabilidad: Operabilidad                         |                          |                           |                            |                    | X                  |             |
| Usabilidad: Atraktividad                         |                          |                           |                            |                    | X                  |             |
| Fiabilidad: Madurez                              |                          |                           |                            |                    | X                  |             |
| Fiabilidad: Tolerancia a fallas                  |                          |                           |                            |                    | X                  |             |
| Eficiencia: Comportamiento temporal              |                          |                           |                            |                    | X                  |             |
| Eficiencia: Utilización de recursos              |                          |                           |                            |                    | X                  |             |
| Funcionalidad: Idoneidad                         |                          |                           |                            |                    | X                  |             |
| Funcionalidad: Exactitud/Precisión               |                          |                           |                            |                    | X                  |             |
| Funcionalidad: Interoperabilidad                 |                          |                           |                            |                    | X                  |             |
| Funcionalidad: Seguridad                         |                          |                           |                            |                    | X                  |             |
| Correcta agrupación                              | X                        |                           | X                          |                    |                    |             |
| Separación en bloques                            |                          |                           | X                          |                    |                    |             |
| Asignación de encabezados                        |                          |                           | X                          |                    |                    |             |
| Planificación                                    |                          |                           |                            |                    |                    | X           |
| Diseño   | X                        |                           |                            |                    |                    | X           |
| Reducción de la complejidad en formulación       |                          |                           |                            |                    |                    | X           |
| Aplicación de pruebas y depuración               |                          |                           |                            |                    |                    | X           |
| Identificación y reparación de errores           | X                        |                           |                            |                    |                    |             |

Tabla 1. Características de calidad para hojas de cálculo.

Dentro de los artículos investigados se identifica la clasificación de los *Spreadsheet Smells* [Tabla 2] para las hojas de cálculo, que no se identifican de entrada como errores sino como aspectos a revisar o a tener en cuenta para encontrar posibles desviaciones.

| <b>Spreadsheet Smells para Hojas de Cálculo</b>                              | <b>Koch, Hofer y Wotawa, 2016</b> | <b>Abreu et al., 2014</b> | <b>Hermans, Pinzger y Deursen, 2012</b> |
|--|-----------------------------------|---------------------------|---|
| Standar Deviation - Desviación Estándar                                      | X                                 | X                         |   |
| Empty Cell - Celda Vacía   | X                                 | X                         |   |
| Pattern Finder - Buscador de Patrones  | X                                 | X                         |   |
| String Distance - Distancia de Cadena  | X                                 | X                         |   |
| Reference to Empty Cells - Referencia a Celdas Vacías                        |                                   | X                         |   |
| Quasi-Functional Dependencies - Dependencias Cuasi-Funcionales               |                                   | X                         |   |
| Multiple Operations - Operaciones Múltiples                                  |                                   | X                         |   |
| Multiple References - Referencias Múltiples                                  | X                                 | X                         |   |
| Conditional Complexity - Complejidad Condicional                             |                                   | X                         |   |
| Long Calculation Chain - Cadena de Cálculo Larga                             |                                   | X                         |   |
| Duplicated Formulas - Fórmulas Duplicadas                                    | X                                 | X                         |   |
| Inappropriate Intimacy - Intimidad Inapropiada                               |                                   | X                         | X                                       |
| Feature Envy - Característica de la Envidia                                  |                                   | X                         | X                                       |
| Middle Man - Hombre en el Medio  |                                   | X                         | X                                       |
| Shotgun Surgery - Cirugía de Escopeta  |                                   | X                         | X                                       |
| Formula Group Distance - Distancia del Grupo de Fórmula                      | X                                 |                           |   |
| Unrelated Neighbors - Vecinos No Relacionados                                | X                                 |                           |   |
| Inconsistent Reference Dimensions - Dimensiones de Referencia Inconsistentes | X                                 |                           |   |

Tabla 2. *Spreadsheet Smells* para hojas de cálculo.

En los artículos investigados también se identifican ciertos aspectos [Tabla 3] que se consideran de importancia para garantizar la calidad en las hojas de cálculo. Estos aspectos no son características, pueden considerarse como actividades, consideraciones o prácticas a tener en cuenta que ayudan en mantener la calidad en las hojas de cálculo.

| Aspectos, consideraciones o prácticas para tener en cuenta para la calidad en las hojas de cálculo | Azam, Alam y Umair, 2019 | Maresca y Baglietto, 2017 | Abreu et al., 2014 | Cunha et al., 2012 | Hermans, Pinzger y Deursen, 2012 | Chadwick, Knight y Rajalingham, 2001 |
|--|--------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Sincronización y uso compartido de hojas de cálculo  |                          | X                         |                    |                    |                                  |                                      |
| Cifrado de hojas de cálculo  |                          | X                         |                    |                    |                                  |                                      |
| Spectrum-based Fault Localization (SFL) - Adaptación   | X                        |                           | X                  |                    |                                  |                                      |
| Características genéricas con modelo de calidad para software.                                     |                          |                           |                    | X                  |                                  |                                      |
| Almacenamiento en la nube de hojas de cálculo  |                          | X                         |                    |                    |                                  |                                      |
| Inspección y comparación manual de resultados  |                          |                           | X                  |                    |                                  |                                      |
| Análisis de spreadsheet smells individualmente   |                          |                           | X                  |                    |                                  |                                      |
| Clasificación de spreadsheet smells  | X                        |                           | X                  |                    |                                  |                                      |
| Calibración por medio de métricas para cada característica de calidad                              |                          |                           |                    | X                  | X                                |                                      |
| Evaluación manual de la calidad y comparación de resultados  |                          |                           |                    | X                  |                                  |                                      |
| Definición de valores para intervalos de métricas - umbrales                                       |                          |                           |                    | X                  | X                                |                                      |
| Método visual de verificación  |                          |                           |                    |                    |                                  | X                                    |
| Representación visual de los elementos de las fórmulas   |                          |                           |                    |                    |                                  | X                                    |
| Representación de rangos de copia de fórmulas  |                          |                           |                    |                    |                                  | X                                    |

Tabla 3. Aspectos, consideraciones o prácticas para tener en cuenta para la calidad en las hojas de cálculo.



De las anteriores tablas, se puede listar una serie de características y aspectos que se repiten, faltan o aparecen esporádicamente a la hora de evaluar o considerar la calidad en las soluciones software derivadas de hojas de cálculo. A partir de estas tablas se realizará un análisis para proponer un modelo que incluya los hallazgos e incorpore la experiencia del autor en estos temas.

#### **4.4. Modelo Propuesto**

Como etapa principal del presente trabajo se propone el siguiente modelo de calidad para hojas de cálculo aplicable en cualquier compañía indistintamente de su naturaleza o tamaño.

Inicialmente para proponer el modelo, se realizó la agrupación de características de calidad, la agrupación de los *spreadsheet smells* y los aspectos, consideraciones o prácticas para evaluar y determinar el grado de calidad de las hojas de cálculo. Con la identificación de las características de calidad en los artículos investigados se incluyeron en el modelo las que se identificaron como recurrentes. Las características como el Uso Compartido, Almacenamiento en la Nube, Portabilidad, Mantenibilidad, Usabilidad, Fiabilidad, Eficiencia y Funcionalidad no se identificaron como repetitivos en los modelos, pero se incluyeron en el presente modelo de calidad para cubrir integralmente todo el ciclo de vida de las hojas de cálculo. Se tuvieron en cuenta criterios o componentes ausentes en el material investigado, como el campo de aplicación, el levantamiento de requisitos, la planificación y las auditorías. Los *Spreadsheet Smells* fueron incluidos dentro del modelo de calidad propuesto asignando su verificación al numeral que más se adapta según la descripción.

El modelo se estructuró basado en el marco de las normas técnicas ISO definida por numerales, donde la experiencia del autor en el trabajo con dichas normas ayudó a la división y subdivisión del modelo. La presentación de este sigue el orden de planificación, ejecución, verificación y actuación ante los resultados, propuesto por dichas normas. Esto con el fin de cubrir todo el ciclo de vida de las hojas de cálculo, desde la creación y uso hasta el mantenimiento de éstas. Los numerales 1, 2 y 3 del modelo propuesto son de carácter informativo. Los numerales 4, 5, 6 y 7 determinan la serie de requisitos a cumplir, cuando sean aplicables, para determinar el grado de calidad de las hojas de cálculo.

El numeral 4 de Requisitos determina la etapa de planeación donde se evalúan las consideraciones mínimas para determinar el uso o utilización de las hojas de cálculo y las consideraciones de calidad que se deben tener desde la organización.

El numeral 5 de Componentes Hoja de Cálculo determina la etapa de ejecución donde se evalúan las consideraciones mínimas para la creación, desarrollo y uso con calidad de las hojas de cálculo.

El numeral 6 de Medición determina la etapa de verificación donde se evalúan las consideraciones mínimas para validar la calidad de las hojas de cálculo.

El numeral 7 de Evaluación y Auditoría determina la etapa de actuación donde se verifican las consideraciones mínimas para autorizar el uso de las hojas de cálculo cuando cumplen los criterios definidos en los numerales anteriores. El numeral 7 igualmente determina la verificación periódica del cumplimiento de los diferentes criterios de calidad en los numerales anteriores buscando garantizar la permanencia de la calidad en las hojas de cálculo. El cumplimiento de los requisitos establecidos debe contar con las evidencias pertinentes que permitan su revisión y la verificación de la trazabilidad. Al aplicar el siguiente modelo propuesto, se logrará cubrir los aspectos importantes a tener en cuenta

para controlar y buscar garantizar la calidad de las hojas de cálculo en todo su ciclo de vida, desde la planificación, diseño, desarrollo, hasta su mantenimiento y soporte. Se incluye el siguiente esquema gráfico [Figura 2] para visualizar fácilmente el modelo propuesto con su diseño y estructura. A continuación, se presenta el desarrollo del modelo con la descripción y detalle correspondiente a cada sección y numeral incluidos.

#### 4.4.1 Modelo de Calidad para Herramientas de Software basadas en Hojas de Cálculo - Esquema Gráfico

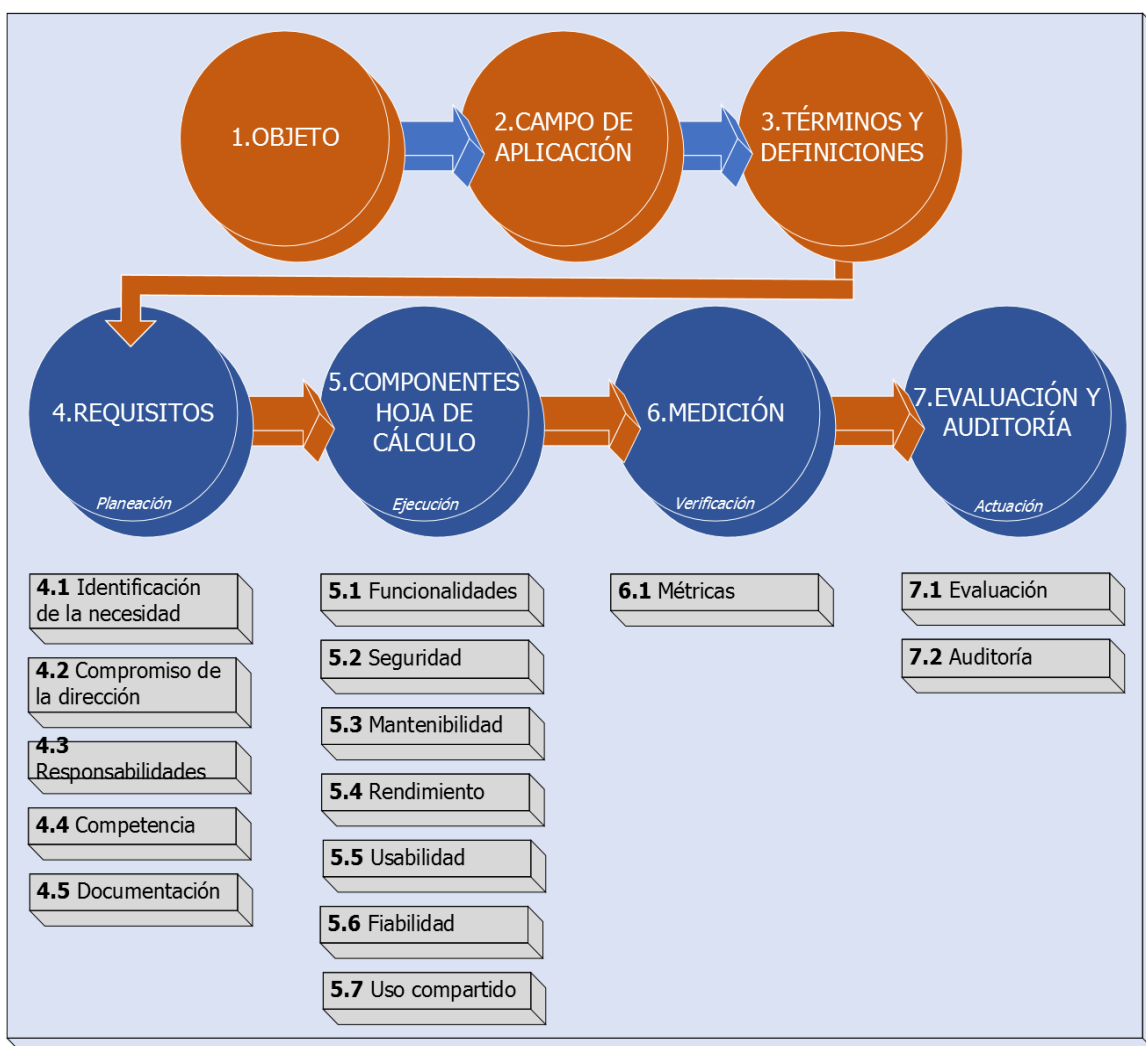


Figura 2. Esquema gráfico modelo de calidad propuesto.

#### **4.4.2 Modelo de Calidad para Herramientas de Software basadas en Hojas de Cálculo**

##### **– Descripción y Detalle**

###### **1. Objeto**

El presente modelo de calidad determina los requisitos mínimos esperados a aplicar para llevar a cabo la definición, construcción y mantenimiento de herramientas tecnológicas basadas en hojas de cálculo.

###### **2. Campo de aplicación**

El presente modelo de calidad puede ser utilizado en organizaciones de cualquier tipo y/o tamaño, donde se utilicen hojas de cálculo para alguna o varias de las siguientes opciones:

- a) Soportar diferentes actividades clave de sus procesos,
- b) Actividades que determinen la toma de decisiones,
- c) Sirvan como insumo o base de información para diferentes plataformas o software, y/o
- d) Cualquier otra definida por la organización según su enfoque.

### 3. *Términos y definiciones*

*Aseguramiento de Calidad:* Conjunto de actividades planificadas y sistemáticas necesarias para aportar la confianza en que el producto satisfará los requisitos dados de calidad, dentro de las actividades se contemplan (Cueva, 1999):

a) *Métricas:* Medidas para identificar el cumplimiento de un atributo o para el control del proyecto.

b) *Verificación:* Forma de asegurar que se cumple con los requisitos establecidos.

c) *Validación:* Forma de demostrar el ajuste al uso esperado del mismo a lo largo del ciclo de vida y la gestión de la configuración del software.

*Auditoría:* Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias objetivas y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar el grado en que se cumplen los criterios de auditoría (International Organization for Standardization [ISO], 2015).

*Calidad de Software:* Grado con el que un sistema, componente o proceso cumple los requerimientos especificados y las necesidades o expectativas del cliente o usuario (IEEE, 1990).

Catálogo de *Spreadsheet Smells* (Abreu, Cunha, Fernandes, Martins, Perez y Saraiva, 2014):

*Desviación Estándar (Standard Deviation):* Detecta qué valores no siguen una distribución normal en un grupo de celdas con valores numéricos

*Buscador de Patrones (Pattern Finder):* Detecta en un rango las celdas que no correspondan a un patrón existente en el mismo.

*Hombre del Medio (Middle Man):* Detecta fórmulas intermedias, es decir, contiene solo una referencia a otra celda.

*Intimidad Inapropiada (Inappropriate Intimacy):* Detecta una hoja de cálculo relacionada en alta medida con otra hoja de cálculo.

*Complejidad Condicional (Conditional Complexity):* Detecta fórmulas con muchas operaciones condicionales

*Larga Cadena de Cálculos (Long Calculation Chain):* Detecta fórmulas que crean cadenas de cálculos y que pueden referirse a otras fórmulas. Estas son difíciles de entender y se deben seguir varios pasos para encontrar el origen y cálculos intermedios

*Operaciones Múltiples (Multiple Operations):* Inspirado en el código de método largo. Detecta las fórmulas largas con visualización reducida y que son difíciles de entender.

*Múltiples Referencias (Multiple References):* Detecta cuando las fórmulas hacen referencia a muchas celdas diferentes.

*Fórmulas Duplicadas (Duplicated Formulas):* Detecta fórmulas duplicadas o similares.

*Cirugía de Escopeta (Shotgun Surgery)*: Ayuda a identificar fórmulas que se refieren a múltiples fórmulas en múltiples hojas de trabajo.

*Característica de la Envidia (Feature Envy)*: Detecta cuando una fórmula está más asociada a celdas de otra hoja de cálculo.

*Código de Colores*: Buena práctica para el diseño de hojas de cálculo que permite la identificación de rangos o secciones de celdas ayudando en la ubicación y navegación a los usuarios.

*Hoja de Cálculo*: Aplicación usada para el manejo de datos numéricos y para la realización de cálculos automáticos de números ubicados en una tabla (EcuRed, 2020).

*Medición*: Proceso para determinar un valor (International Organization for Standardization [ISO], 2015).

*Modularidad*: Propiedad del desarrollo que permite construir o relacionar secciones de la hoja de cálculo con otras secciones.

#### ***4. Modelo de calidad - Requisitos***

En este numeral se hace referencia a la etapa de planeación donde se evalúan las consideraciones mínimas para determinar el uso o utilización de las hojas de cálculo y las consideraciones de calidad que se deben tener desde la organización.

##### ***4.1 Identificación de la Necesidad***

Cuando se requiere satisfacer una necesidad dentro de la organización en cualquiera de sus procesos, y se plantea la posible solución por medio de una hoja de cálculo, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

###### ***4.1.1 Determinación del Alcance***

Identificar y determinar los límites y aplicabilidad de la hoja de cálculo según la necesidad planteada. Estos deben documentarse.

###### ***4.1.2 Levantamiento y Comprensión de los Requerimientos del Usuario***

###### ***Final***

Se deben establecer y documentar los requisitos que debe cumplir la hoja de cálculo. Estos requisitos deben ser comprensibles y estar a disposición de la persona o grupo de personas que construirán la herramienta o diseñarán la solución.



El levantamiento de los requerimientos podrá hacerse en compañía de los usuarios que usarán la herramienta, así como del proceso o los procesos implicados en el uso y/o clientes de los resultados a obtener con la misma.

#### ***4.1.3 Validación de la Viabilidad de Hoja de Cálculo como Solución***

Una vez se determinen el alcance y los requerimientos para la herramienta tecnológica, se debe analizar si es viable y funcional para satisfacer la necesidad el planteamiento de una hoja de cálculo como solución. Se deben documentar los resultados del análisis.

#### ***4.2 Compromiso de la Dirección***

La alta dirección de la organización debe comprometerse y responsabilizarse de lo siguiente:

- a) Asegurar que el modelo de calidad sea aplicado en las actividades de la organización, según el campo de aplicación definido en el numeral 1.
- b) Asegurar que los recursos necesarios para cumplir con el presente modelo de calidad estén disponibles.
- c) Asegurar que todos los colaboradores de la organización estén familiarizados con el presente modelo de calidad y entiendan su aplicabilidad.

### ***4.3 Responsabilidades***

La alta dirección debe asegurar las responsabilidades y autoridades dentro de la organización para:

- a) Identificar las hojas de cálculo que deban estar abarcadas por el presente modelo de calidad.
- b) Determinar la aplicación del presente modelo de calidad para una nueva herramienta basada en hojas de cálculo.
- c) Realizar las auditorías de hojas de cálculo bajo los parámetros del presente modelo de calidad.
- d) Comunicar los resultados de las auditorías aplicadas.
- e) Asegurar que se tomen las medidas correspondientes respecto a los resultados.

### ***4.4 Competencia***

La alta dirección debe:

- a) Asegurarse que las personas que trabajen con hojas de cálculo abarcadas dentro de la aplicación del modelo tengan claros los requisitos aplicables.
- b) Determinar la competencia necesaria de las personas que construyan herramientas tecnológicas basadas en hojas de cálculo dentro de la organización.
- c) Determinar la competencia de la o las personas que lleven a cabo las auditorías de revisión de aplicación de este modelo de calidad.

d) Cuando aplique, brindar la formación o tomar las acciones para alcanzar la competencia necesaria según los requisitos de este modelo de calidad y mantener los registros apropiados.

#### ***4.5 Documentación***

Se deben establecer, mantener y controlar los documentos y registros necesarios para evidenciar la aplicación de este modelo de calidad, y deben ser trazables.

La documentación debe estar disponible, y debe ser conservada y protegida contra modificaciones no intencionadas.

### ***5. Modelo de calidad - Componentes hoja de cálculo***

En este numeral se determina la etapa de ejecución donde se evalúan las consideraciones mínimas para la creación, desarrollo y uso con calidad de las hojas de cálculo.

#### ***5.1 Funcionalidades***

Cuando se generan hojas de cálculo, basadas en la planificación y según el levantamiento de los requerimientos establecidos, se deben tener en cuenta las siguientes características:

### ***5.1.1 Idoneidad del Producto***

Se debe asegurar que la hoja de cálculo sea idónea respecto a los requerimientos establecidos desde su planificación, y que las propiedades establecidas para la misma cumplan los propósitos específicos.

La idoneidad de la hoja de cálculo puede validarse con resultados diferentes a los esperados, inconsistencias en fórmulas, referencias o incongruencias entre rangos y/o celdas relacionadas, ya sea por formatos de celda o valores a ingresar.

### ***5.1.2 Completitud del Producto***

La completitud de la hoja de cálculo debe garantizar la precisión y la exactitud en los resultados, por tanto, tener en cuenta:

#### ***5.1.2.1 Hoja de Cálculo Básica***

Evitar que se presente un alto porcentaje de celdas vacías dentro del espacio o marco utilizado, incongruencias y/o fórmulas de referencia a celdas en blanco dentro del mismo archivo o archivos relacionados.

Así mismo, se debe asegurar que:

- a) Las celdas de salida no contengan errores de formulación,
- b) Que la hoja de cálculo contenga toda la información necesaria para el entendimiento óptimo del funcionamiento por parte de los usuarios finales, y
- c) Que exista trazabilidad de la información para aplicar validaciones o revisiones.

#### ***5.1.2.2 Inclusión de Macros y/o Programación por Código***

Cuando se incluye la funcionalidad y utilización de macros en las hojas de cálculo o se realizan inclusiones por programación de código, se debe garantizar que el nombre asignado sea adecuado y se debe incluir una descripción clara y completa de la función que realiza la macro o el código desarrollado.

Al incluir macros o programación por código para funciones específicas en las hojas de cálculo, se deben tener en cuenta lo determinado en el numeral 5.5.4.

Se recomienda mantener una base de datos controlada con los códigos utilizados en las hojas de cálculo cubiertas por este modelo de calidad.

## ***5.2 Seguridad***

Se debe asegurar que la hoja de cálculo cuente con la protección adecuada para evitar alteraciones o modificaciones intencionadas o no intencionadas, así como para evitar el acceso por parte de terceros y mantener la integridad y confidencialidad de la información.

### ***5.2.1 Accesos y Confidencialidad***

Se debe garantizar la confidencialidad y evitar la visualización de la información por parte de terceros ajenos a la misma, la hoja de cálculo debe disponerse en rutas restringidas al acceso general y se deben establecer los permisos y accesos sólo a las personas o procesos que la usan, así como a las personas o procesos clientes o con interés en los resultados arrojados por esta.

### ***5.2.2 Integridad de la Información***

Se debe asegurar la integridad de la hoja de cálculo, tanto de la estructura como de la información mantenida. Se debe aplicar la protección de celdas que contengan fórmulas, valores constantes, etiquetas y cualquier otro valor que se considere no deba ser alterado por parte de los usuarios finales. Cuando aplique, se puede utilizar la protección completa de libros o archivos según las necesidades de la organización o condiciones para la hoja de cálculo.

Cuando se diligencien hojas de cálculo y se obtengan los resultados esperados, se debe mantener una copia que respalde el resultado y debe protegerse con accesos no autorizados y/o alteraciones posteriores por parte de los usuarios finales. Esta debe estar disponible para verificación y consulta según los niveles pertinentes definidos.

Las hojas de cálculo deben contar con un backup o respaldo de la información en caso de pérdida o daño, según la frecuencia de uso y las políticas definidas por el proceso tecnológico.

### ***5.3 Mantenibilidad***

La organización debe asegurar que las hojas de cálculo sean mantenidas, para controlar la vigencia, la inclusión de mejoras, la corrección de errores y el correcto funcionamiento a lo largo del tiempo de uso.

#### ***5.3.1 Modularidad - Worksheet***

Cuando el diseño de la hoja de cálculo lo permita, se debe dividir en secciones o módulos por funcionalidad o agrupación de funcionalidades para permitir el fácil mantenimiento, expansión, ajuste y/o la identificación de errores.

La complejidad y el alcance de la hoja de cálculo determina la necesidad y condiciones para aplicar una adecuada modulación.

Se debe asegurar que se tienen identificados y controlados los *Spreadsheet Smells*:

- a) Desviación estándar (*Standard Deviation*), al presentarse celdas que no siguen su distribución normal.
- b) Patrones alterados de la hoja de cálculo, al presentarse cambios de patrón en rangos definidos.
- c) Hombre en el Medio (*Middle Man*), cuando se detecta la mayor parte de operaciones referenciadas a otra u otras hojas de cálculo, es decir, presenta un funcionamiento de intermediario.
- d) Intimidad inapropiada (*Inappropriate Intimacy*), al existir alta dependencia de otra hoja de cálculo o módulo.

### **5.3.2 Reusabilidad**

Las hojas de cálculo deben ser diseñadas procurando dar solución a una única necesidad planteada desde la planificación. Cuando esta se considera funcional o adecuada para otros usos, se debe incluir en la documentación ampliando su descripción, y en caso de ser necesario, ajustar el alcance definido.

Si al reutilizar una hoja de cálculo se requiere realizar modificaciones estructurales, se debe considerar y tratarse como un nuevo ciclo de este modelo de calidad, para validar requerimientos, documentar el proceso y evidenciar la trazabilidad.



### 5.3.3 Formulación

Se debe asegurar que las fórmulas utilizadas en la hoja de cálculo incluyan buenas prácticas en su definición y tipografía, estas deben ser claras y entendibles para una adecuada trazabilidad y mantenimiento.

Entre las buenas prácticas para las fórmulas, cuando sea aplicable, se debe tener en cuenta:

- a) Limitar el uso de condicionales IF en una misma fórmula (Complejidad Condicional - *Conditional Complexity*).
- b) Evitar declarar fórmulas muy largas que hacen difícil su visualización (Cadena de Cálculo Larga - *Long Calculation Chain*).
- c) Evitar el uso de operaciones múltiples dentro de la misma fórmula.
- d) Evitar el uso de referencias múltiples dentro de la misma fórmula.
- e) No incluir fórmulas duplicadas.
- f) Evitar referenciar muchas fórmulas diferentes en diferentes hojas de trabajo o archivos (Cirugía de Escopeta - *Shotgun Surgery*).
- g) Evitar el uso de una o varias fórmulas que dependan exclusivamente de otro módulo, hoja de cálculo o archivo (Característica de la Envidia - *Feature envy*).

#### ***5.3.4 Mantenimiento***

Con el fin de garantizar la adecuación permanente de la hoja de cálculo para los fines establecidos, se debe realizar un mantenimiento de esta a intervalos planificados según su frecuencia de uso.

El mantenimiento debe incluir, revisión general de la estructura, fórmulas, referencias, restricciones, bloqueos y la realización de pruebas aleatorias para verificación de los resultados y su consistencia.

El mantenimiento y cualquier necesidad de ajustes deben ser documentados para evidenciar la trazabilidad.

#### ***5.3.5 Flexibilidad y Expansión***

Cuando se determina la necesidad de ampliar o expandir las funcionalidades o alcance de una hoja de cálculo, se debe documentar dicha ampliación y las modificaciones realizadas que evidencian la expansión de esta.

Al desarrollar la hoja de cálculo se debe tener en cuenta lo determinado en los numerales 5.3.1, 5.4 y 5.4.1 para obtener una estructura y organización de datos que permita fácilmente la expansión y flexibilidad en los ajustes.

## ***5.4 Rendimiento***

Las hojas de cálculo deben cumplir con el rendimiento mínimo esperado para obtener los resultados y satisfacer las necesidades de los procesos con su uso. Cuando sea aplicable, el rendimiento debe evaluarse para conocer los límites de la hoja de cálculo.

### ***5.4.1 Recursos y Comportamiento***

Se deben establecer y documentar los recursos y/o los insumos necesarios para la completitud de la hoja de cálculo en relación con la base y estructura.

Dependiendo de la complejidad de la hoja de cálculo, tanto en cantidad de información como en cantidad de operaciones y cálculos, se deben garantizar los recursos tecnológicos y de infraestructura para el adecuado comportamiento y funcionamiento de esta.

## ***5.5 Usabilidad***

Las hojas de cálculo deben asegurar los componentes necesarios para facilitar la usabilidad y el entendimiento tanto para operar por parte de los usuarios finales, como para la fácil comprensión por parte de los procesos o usuarios cliente de la información para consulta. Los componentes mínimos que se deben tener en cuenta son:

### ***5.5.1 Diseño, Atractividad y Etiquetado***

Asegurar que el diseño y diagramación de la hoja de cálculo sea atractivo para el usuario, conservando debidamente la organización de cada uno de sus componentes y secciones, y que el espacio de trabajo sea simple, limpio y presentable para su fácil comprensión y utilización.

La hoja de cálculo debe contar con todas las etiquetas necesarias para identificar secciones, rangos, celdas y cualquier otra consideración que se identifique como importante para el usuario final. Se pueden incluir observaciones, notas o comentarios que ayuden al usuario final en su diligenciamiento y/o navegación.

Cuando aplique, se recomienda utilizar códigos de colores para separar e identificar secciones de la hoja de cálculo. Si se utiliza código de colores se debe incluir una pestaña adicional con la explicación del código de colores y mantenerse disponible.

Las celdas vecinas no relacionadas en un rango, módulo u hoja de cálculo se deben tener identificadas y controladas.

### ***5.5.2 Operabilidad***

La operabilidad de la hoja de cálculo debe garantizar la fácil navegación y ubicación de los componentes de la misma para el fácil diligenciamiento y evitar errores en la entrada de los datos.

Cuando sea posible, se recomienda que se establezca un flujo secuencial de navegación para la entrada de los datos por cada sección o módulo implementado.

### ***5.5.3 Aprendizaje o Inteligibilidad***

Se debe asegurar el fácil aprendizaje e inteligibilidad por parte de los usuarios finales para el uso de la hoja de cálculo. Se recomienda incluir una pestaña instructiva para guiar al usuario final en la forma de uso y diligenciamiento de la hoja de cálculo.

Cuando sea requerido, la persona o grupo de personas que desarrollan la hoja de cálculo, deben otorgar la capacitación o formación necesaria al usuario o usuarios finales en la forma de uso y de las consideraciones a tener en cuenta. Esta capacitación o formación debe documentarse.

### ***5.5.4 Uso de Gráficos, Tablas, Macros, Programación por Código y Otros Componentes***

Cuando se utilicen de manera predefinida gráficos, gráficos dinámicos, tablas, tablas dinámicas, macros, programación por código, complementos, vínculos y demás componentes disponibles por la herramienta, se deben incluir comentarios, observaciones o etiquetas para describir el objetivo de estos.

Al aplicar los diferentes niveles de protección a la hoja de cálculo, se debe garantizar que los usuarios cliente de la información tengan la disponibilidad para generar informes dinámicos, gráficos y cualquier componente adicional que permita ayudar en el análisis de la información.

## ***5.6 Fiabilidad***

Se debe asegurar que la hoja de cálculo cuente con la capacidad para mantener su rendimiento en el periodo de tiempo de uso y según las condiciones que se hayan establecido para la misma. Cuando se detecten fallas en el rendimiento debido al cumplimiento del límite de las capacidades para la misma, se deben tomar las correcciones y medidas para generar la solución adecuada. Debe documentarse cualquier novedad presentada y medida tomada.

### ***5.6.1 Disponibilidad***

La organización debe determinar un listado de permisos para controlar la disponibilidad a las hojas de cálculo abarcadas en el presente modelo de calidad. Se debe identificar el tipo de permiso otorgado, lectura, edición, diligenciamiento con restricciones, entre otros, según los niveles de cargo y uso de la hoja de cálculo.

### ***5.6.2 Recuperabilidad y Validez***

Las hojas de cálculo deben permanecer disponibles y debe facilitarse la recuperabilidad inequívoca, por lo cual se debe garantizar la vigencia de los archivos utilizados por parte de los usuarios finales.

Se recomienda definir un mecanismo de versionamiento y control para garantizar la utilización de la última versión de las hojas de cálculo.

### ***5.6.3 Compatibilidad o Adaptabilidad***

Desde la planificación deben identificarse las limitaciones de la hoja de cálculo en materia de adaptación a diferentes entornos de desarrollo, debido a que no todas las funcionalidades se incluyen o se comportan de igual forma en estos.

Cuando aplique, se deben realizar los desarrollos y las validaciones necesarias en diferentes entornos o software de hojas de cálculo para garantizar la compatibilidad.

## ***5.7 Uso Compartido***

La organización puede determinar el uso de hojas de cálculo compartidas por diferentes medios en red, según las necesidades de operación y

disposición de la información, estas se deben controlar de igual forma a lo determinado en este modelo de calidad.

Se debe asegurar cuando se mantengan y usen hojas de cálculo compartidas en la nube u otros servicios web, que se cuente con las medidas de control, accesos y seguridad establecidos en los numerales 5.2.1 y 5.2.2.

Cuando se establezcan el uso de hojas de cálculo por medio compartido, y sea aplicable, se debe validar la forma de visualización en diferentes dispositivos.

## **6. Medición**

En este numeral se determina la etapa de verificación donde se evalúan las consideraciones mínimas de medición para validar la calidad de las hojas de cálculo.

### **6.1 Atributos**

Para la validación de la calidad de las hojas de cálculo se recomienda usar los atributos de *Exactitud*, *Consistencia*, *Estandarización*, *Efectividad*, *Modularidad* y *Seguridad*.

La organización debe definir las métricas y la escala de rangos para cada atributo a utilizar dependiendo de las condiciones de la hoja de cálculo.



Para los atributos que defina usar la organización, se debe demostrar su cumplimiento antes de la liberación de la hoja de cálculo para su uso. Cuando uno de los atributos no se utilice se debe justificar su exclusión o no aplicabilidad.

### ***6.1.1 Exactitud***

Este atributo permite corroborar que los resultados obtenidos por la hoja de cálculo responden a las necesidades planteadas desde su determinación.

Este atributo debe evidenciar que se da respuesta a todas las necesidades establecidas por el proceso y por el cliente de la hoja de cálculo.

### ***6.1.2 Consistencia***

La consistencia radica en la capacidad que tiene la hoja de cálculo para entregar resultados iguales al ingresar los mismos datos de entrada en situaciones controladas durante diferentes tiempos.

Este atributo debe demostrar que la información no se ve alterada ni presenta inconsistencias cuando se obtienen los resultados.

### ***6.1.3 Estandarización***

La estandarización manifiesta que la hoja de cálculo se diseña de forma óptima y generalizada, permitiendo un adecuado diseño por secciones.

La estandarización debe demostrar que la estructura de la hoja de cálculo no presenta información desconocida o no explicada dentro de los instructivos, manuales o ayudas incluidas para su diligenciamiento.

### ***6.1.4 Efectividad***

La efectividad de la hoja de cálculo determina la capacidad de llevar a cabo los procesos u operaciones determinados en la misma de una forma eficaz y eficiente.

La eficacia de la hoja de cálculo indica que cumple con sus funciones u operaciones en los tiempos esperados para el proceso y la eficiencia de la hoja de cálculo indica que cumple adecuadamente con todas las funciones u operaciones programadas sin aumentar el uso de los recursos disponibles.

### ***6.1.5 Modularidad***

La modularidad se determinó en el numeral 5.3.1 de este modelo de calidad.

Cuando aplique, este atributo debe evidenciar la correcta modularidad por componentes y su adecuado relacionamiento y uso con los demás módulos de la misma hoja de cálculo o en diferentes hojas de trabajo o archivos.

### ***6.1.6 Seguridad***

La seguridad se determinó en el numeral 5.2 de este modelo de calidad.

Se debe evidenciar que se tienen definidos y documentados todos los componentes de seguridad asociados a la hoja de cálculo, este atributo debe validar que en la práctica se está cumpliendo con los protocolos y permisos definidos.

## ***7. Evaluación y auditoría***

Este numeral determina la etapa de actuación donde se verifican las consideraciones mínimas para autorizar el uso de las hojas de cálculo cuando cumplen los criterios definidos en los numerales anteriores.

## ***7.1 Evaluación***

La organización debe realizar pruebas a las hojas de cálculo durante su diseño y desarrollo y mantener registro de los resultados.

La organización debe evaluar las hojas de cálculo durante su uso según lo determinado en el numeral 7.2

### ***7.1.1 Información de Entrada - Datos del Usuario***

La evaluación de la información de entrada determina todos los campos que serán editables por el usuario final, y donde se ingresarán los datos y valores necesarios para realizar las operaciones y obtener los resultados.

La evaluación debe determinar errores presentados por información de entrada mal ingresada, faltantes de información, inconsistencias en los datos, o cualquier detección de errores por mal diligenciamiento.

Cuando sea aplicable, se debe confrontar la fuente de la información que determina los datos de entrada.

### ***7.1.2 Restricciones de Acceso***

Las restricciones se deben evaluar para identificar que las personas o procesos cuenten con los accesos y permisos definidos según el cargo o función a realizar en la misma.

La evaluación de las restricciones debe identificar que un usuario final no tenga permiso de editar fórmulas, a no ser que lo tenga determinado; que un usuario visualizador no tenga permitido modificar la información, entre otros permisos definidos en el numeral 5.2 de este modelo de calidad.

### ***7.1.3 Fórmulas y Funciones***

La evaluación de las fórmulas y funciones determina todos los campos que serán estáticos y contendrán las sintaxis de operaciones matemáticas, condicionales o demás funciones permitidas por el software, y donde se visualizarán los resultados de la hoja de cálculo en general.

La evaluación debe determinar errores presentados por mala sintaxis, referencias a celdas inexistentes, referencias redundantes, referencias equívocas, malas formulaciones según la necesidad, entre otras.

#### ***7.1.4 Rangos y Modulación***

Los rangos y la modulación cuando aplique deben evaluarse para verificar que se encuentren debidamente separados según las necesidades de la hoja de cálculo.

Los rangos deben estar debidamente separados o identificados, si se utiliza código de colores según lo definido en el numeral 5.5.1 debe evaluarse su uso frente al código establecido.

La modularidad debe evaluarse cuando sea requerido para evidenciar el uso adecuado de las secciones y las referencias de cada módulo, sea dentro de la misma hoja, del mismo archivo o a diferentes archivos.

#### ***7.1.5 Gráficos, Tablas, Macros, Programación por Código y Otros Componentes***

Cuando se utilice cualquier tipo de componente que brinda el software donde se realice la hoja de cálculo, sean gráficos, tablas, tablas dinámicas, macros, entre otros, debe evaluarse la adecuación del mismo con los datos de la hoja de cálculo para verificar que la información mostrada o entregada sea consecuente y correcta.

### ***7.1.6 Información Documentada***

Se debe verificar toda la información documentada generada sobre la hoja de cálculo para evaluar la trazabilidad de esta, y que se cumpla con todos requisitos establecidos para garantizar que se está dando respuesta a los mismos.

### ***7.1.7 Uso Compartido***

Evaluar el mecanismo de uso compartido implementado para la hoja de cálculo, incluyendo la evaluación de los componentes de seguridad y los componentes de visualización y uso en diferentes dispositivos.

### ***7.1.8 Aplicación de Pruebas y/o Ejercicios de Simulación***

En la evaluación se deben realizar las pruebas necesarias para verificar tanto el funcionamiento de la hoja de cálculo como los resultados obtenidos por esta.

Si en el momento de la revisión no se cuenta con información real para aplicar las pruebas, se deben realizar ejercicios de simulación para verificar el funcionamiento y los resultados.

La organización determinará el número de pruebas y/o ejercicios de simulación a realizar a las hojas de cálculo según criterios de impacto y frecuencia de uso de estas.

## ***7.2 Auditoría***

La organización debe realizar a intervalos planificados ejercicios de auditoría a las hojas de cálculo incluidas dentro de la aplicación de este modelo de calidad según sus frecuencias de uso. Las auditorías deben incluir los requisitos propios de la organización y los determinados en este modelo de calidad.

Se debe determinar la frecuencia, criterios y alcance de la auditoría. La selección de los auditores debe ser objetiva e imparcial para asegurar que no se audite el propio trabajo.

### ***7.2.1 Informe de Resultados***

Se debe conservar la información documentada que evidencie la realización de la auditoría y los resultados obtenidos. Los resultados deben ser comunicados a los niveles y direcciones pertinentes de la organización con el fin de que se realicen las correcciones y se tomen las medidas adecuadas para su solución.



### ***7.2.2 Planteamiento y Documentación de la Solución***

La organización debe asegurar que se realizan las correcciones pertinentes y se toman las medidas adecuadas para dar solución a los hallazgos identificados en los ejercicios de auditoría.

Las correcciones y toma de acciones para la solución deben ser documentadas y mantenerse como evidencia.

### ***7.2.3 Lecciones Aprendidas***

Al aplicar mejoras, mantenimientos, correcciones o cuando se tomen acciones para dar solución a errores presentados, cuando aplique, se debe documentar el tratamiento realizado para garantizar la adecuada actualización documental, la transferencia del conocimiento, y evidenciar las lecciones aprendidas.

## **4.5. Herramienta de Demostración del Modelo de Calidad**

La herramienta de demostración se encuentra en el documento “*Anexo 1 – Herramienta de Demostración Modelo de Calidad.xlsx*” adjunta a este trabajo de grado. Con esta herramienta se pretende encontrar el porcentaje de calidad total con que cuenta la hoja de cálculo evaluada. La herramienta también indica el detalle por cada numeral y subnumeral con el fin de poder tomar las acciones necesarias ante sus resultados.

La herramienta de demostración está distribuida en secciones de la siguiente manera:

✓ Datos Generales:

| DATOS GENERALES  |  |
|------------------|--|
| Empresa:         |  |
| Hoja de Cálculo: |  |
| Finalidad:       |  |

Figura 3. Sección datos generales.

En esta sección se encuentra la información general de la hoja de cálculo donde se determinan el nombre de la “Empresa”, el nombre de la “Hoja de Cálculo” y la “Finalidad” de esta.

✓ Aplicación:

En esta sección se determina el siguiente encabezado:

| Subnumeral | Descripción | Ponderación Experticia | Ponderación Usuario (Distribuida según necesidad) | Total Ponderación por ítem | Verificación | Resultado | Justificación | Subtotal por ítem | Subtotal por Subnumeral | Resultado por Subnumeral |
|------------|-------------|------------------------|---|----------------------------|--------------|-----------|---------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|
|------------|-------------|------------------------|---|----------------------------|--------------|-----------|---------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|

Figura 4. Encabezado sección aplicación herramienta de demostración.

*Subnumeral:* Indica el subnumeral evaluado correspondiente al modelo.

*Descripción:* Indica el nombre del subnumeral evaluado correspondiente al modelo.

*Ponderación Experticia:* Determina el peso fijo en valor numérico asignado para cada ítem evaluado según su nivel de importancia o relevancia acorde a la investigación desarrollada en el presente trabajo.

*Ponderación Usuario:* Determina el peso variable en valor numérico asignado para cada ítem evaluado por parte del usuario que utilice la herramienta, asignado según sus necesidades y relevancia.

*Total Ponderación por Ítem:* Sumatoria de la Ponderación Experticia y Ponderación Usuario por cada ítem.

*Verificación:* Determina la pregunta a realizar para la verificación del cumplimiento del subnumeral evaluado según el modelo.

*Resultado:* Determina el resultado de “Cumple”, “Cumple Parcialmente” y “No Cumple”. Para algunos ítems se incluye la opción “No Aplica”.

*Justificación:* Espacio para incluir observaciones o consideraciones del resultado indicado según la verificación realizada.

*Subtotal por Ítem:* Indica el cumplimiento por cada ítem evaluado, según el peso total y el resultado alcanzado. Para los resultados alcanzados se determinan los siguientes valores:

*Cumple:* Asigna la equivalencia de 100%

*Cumple Parcialmente:* Asigna la equivalencia de 50%

*No Cumple:* Asigna la equivalencia de 0%

*No Aplica:* No asigna equivalencia y no se tiene en cuenta en el resultado final.

*Subtotal por Subnumeral:* Indica el cumplimiento por cada subnumeral evaluado, según la agrupación de los Subtotales por Ítems correspondientes.

*Resultado por Subnumeral:* Corresponde a la sumatoria del Subtotal por Ítem dividido por la sumatoria del Total Ponderación por Ítem correspondiente al subnumeral verificado.

La sección aplicación está distribuida en los cuatro numerales del modelo:

Numeral 4. Modelo de Calidad – Requisitos.

Numeral 5. Modelo de Calidad – Hoja de Cálculo.

Numeral 6. Medición.

Numeral 7. Evaluación y Auditoría.

✓ Resultados:

En esta sección se determina el Detalle, la Ponderación Experticia, la Ponderación Usuario y los Resultados globales por cada numeral completo del modelo, determinando el porcentaje de cumplimiento ponderado de cada uno.

| Resultados  |                        |   |                |
|---|------------------------|---|----------------|
| Detalle   | Ponderación Experticia | Ponderación Usuario (Distribuida según necesidad) | Resultados     |
| Cumplimiento Numeral 4  | 15,00%                 | 5,00%   | 100,00%        |
| Cumplimiento Numeral 5  | 25,00%                 | 5,00%   | 100,00%        |
| Cumplimiento Numeral 6  | 25,00%                 | 5,00%   | 100,00%        |
| Cumplimiento Numeral 7  | 15,00%                 | 5,00%   | 100,00%        |
| <b>Porcentaje de Cumplimiento Total del Modelo de Calidad</b> | <b>80,00%</b>          | <b>20,00%</b>                                     | <b>100,00%</b> |

Figura 5. Sección de resultados por numeral completo.

La ponderación determinada en la herramienta se realizó asignando un 80% de experticia dividido entre la cantidad de ítems de cada subnumeral. Se determinó el restante 20% para asignación por parte del usuario que utilice la herramienta y así pueda elegir cual ítem a medir tiene mayor peso en su organización. (La escala se determina según lista desplegable respecto a cada subnumeral). La ponderación de experticia y la ponderación del usuario deben constituir el 100% del valor del subnumeral. El subtotal por ítem determina por formulación un resultado de 100%, 50% o 0% con respecto al total ponderación por ítem, según el resultado indicado de Cumple, Cumple Parcialmente o No

Cumple respectivamente en la columna resultado. El subtotal por subnumeral corresponde por formulación a la sumatoria del subtotal por ítem del subnumeral correspondiente. El resultado por subnumeral determina por formulación la sumatoria del subtotal por ítem dividido por la sumatoria del total ponderación por ítem del subnumeral correspondiente.

#### **4.6. Demostración de Adecuación del Modelo y Aplicación Herramienta**

Con el fin de demostrar la funcionalidad y adecuación del modelo, y de validar la aplicación de la herramienta de demostración, se realizó el ejercicio en dos etapas:

##### **Validación Externa**

Se realiza una validación externa con un panel de expertos en calidad del software de diferentes universidades de la región. Para este ejercicio se compartió una presentación del proyecto, el modelo propuesto, la herramienta de demostración propuesta y se realizó un mecanismo de encuesta. La encuesta permitió obtener las percepciones, consideraciones y retroalimentación del panel con el fin de posteriormente realizar los análisis y generar los resultados y conclusiones adecuadas.

Las preguntas propuestas para la validación externa fueron las siguientes:

1. ¿Es adecuado que en las organizaciones se estructuren y controlen las hojas de cálculo más importantes bajo un modelo de calidad?
2. ¿El modelo propuesto contiene todos los elementos relevantes para su propósito?
3. ¿El modelo de calidad propuesto es pertinente según el objetivo planteado?
4. ¿El modelo de calidad propuesto es funcional para su finalidad según el objetivo planteado?

5. ¿El modelo propuesto incluye las características mínimas a tener en cuenta para validar la calidad de una herramienta basada en hojas de cálculo?

6. ¿La secuencia y flujo de aplicación del modelo es acorde al ciclo de vida de una herramienta basada en hoja de cálculo?

7. ¿La aplicación del modelo generará valor a las organizaciones o empresas que la implementen?

8. ¿El modelo de calidad es entendible y de fácil implementación para su aplicación?

9. ¿El modelo de calidad es ajustable según los criterios y necesidades de cada organización?

10. ¿La ponderación de la herramienta de demostración es la adecuada?

11. ¿Qué características o componentes faltantes considera que son necesarios incluir en el modelo de calidad propuesto? Pregunta Abierta.

12. ¿Qué consideraciones o recomendaciones realizaría para completar o mejorar el modelo de calidad propuesto? Pregunta Abierta.

13. Sugerencias o comentarios.

La herramienta utilizada para realizar el ejercicio de la encuesta fue Google Forms. Se compartió por medio de correo electrónico con el panel de expertos, a los cuales se les indicó:

# Modelo de Calidad de Software para la Evaluación de Herramientas basadas en Hojas de Cálculo

**Objetivo:**  
Implementar un modelo de calidad de software para la evaluación de herramientas basadas en hojas de cálculo.

**Encuesta:**  
Agradecemos su colaboración al responder esta encuesta y le solicitamos lo haga de la manera más objetiva. Sus respuestas son fundamentales para el proceso de investigación que adelantamos.

Conteste las siguientes preguntas de acuerdo a su nivel de experticia en el tema, eligiendo la respuesta de la escala que más se adecúe a su juicio.

Figura 6. Presentación encuesta panel de expertos.

Como análisis del ejercicio de validación externa se obtuvieron los siguientes resultados por cada una de las preguntas:

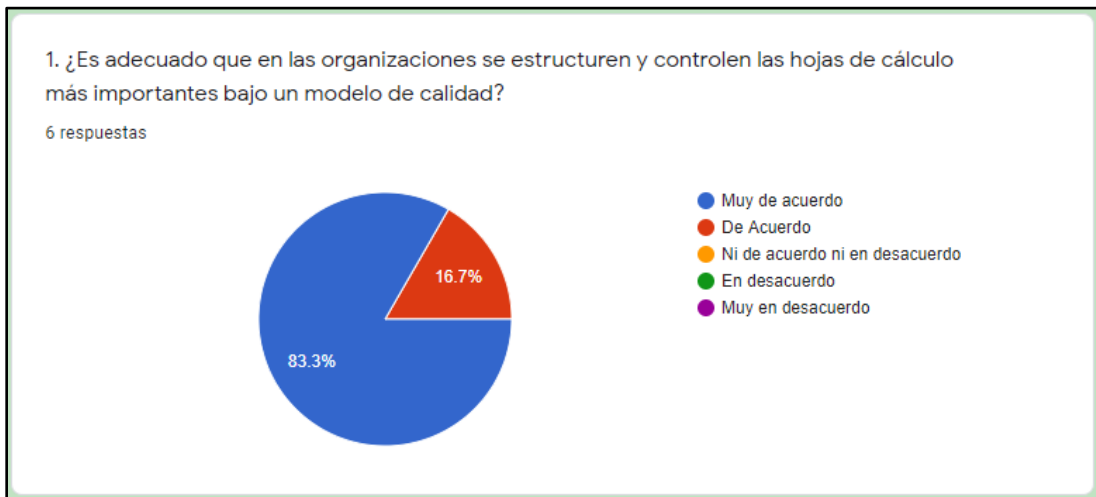


Figura 7. Respuesta pregunta 1.

Los resultados indican que la totalidad de los encuestados consideran que es adecuado para las organizaciones estructurar y controlar las hojas de cálculo más importantes para la

organización. Bajo un modelo se garantiza la calidad y por ende se demuestra confiabilidad y seguridad de la información.



Figura 8. Respuesta pregunta 2.

Los expertos manifiestan que en el modelo de calidad propuesto se contemplaron todos los elementos necesarios para lograr el propósito de este. Esto indica que las características, aspectos y criterios de verificación abarcan todo el ciclo de vida de las herramientas de software basadas en hojas de cálculo.



Figura 9. Respuesta pregunta 3.



El modelo es pertinente al objetivo planteado. Las respuestas del panel de expertos se ubicaron dentro de las categorías “Muy de Acuerdo” y “De Acuerdo”. Se demuestra que con el modelo se está dando respuesta a la necesidad inicial identificada. Se demuestra que el desarrollo se enfocó de manera acorde según los objetivos determinados.



Figura 10. Respuesta pregunta 4.

Las respuestas de los expertos determinan que el modelo propuesto fue desarrollado de manera adecuada. Así mismo, la aplicación será funcional para las organizaciones que lo implementen. El modelo cuenta con los componentes mínimos necesarios para validar y garantizar la calidad de este tipo de herramientas de software.

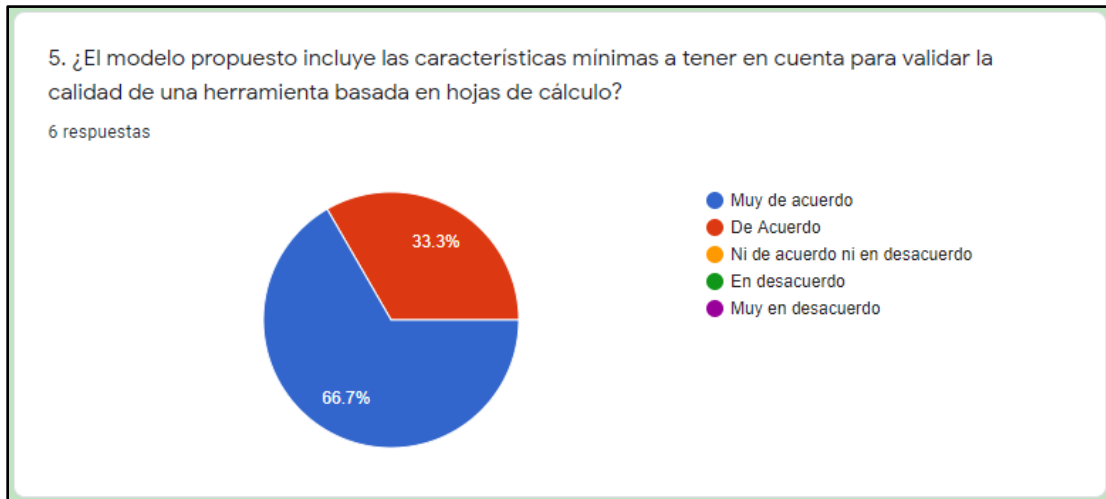


Figura 11. Respuesta pregunta 5.

Los resultados obtenidos para la pregunta cinco indican la completitud del modelo propuesto. Se abarcan todas las características necesarias a evaluar para determinar la calidad de una herramienta de software basada en hojas de cálculo. Esto indica que la investigación, ordenamiento y determinación del ciclo del modelo se realizó de manera correcta.

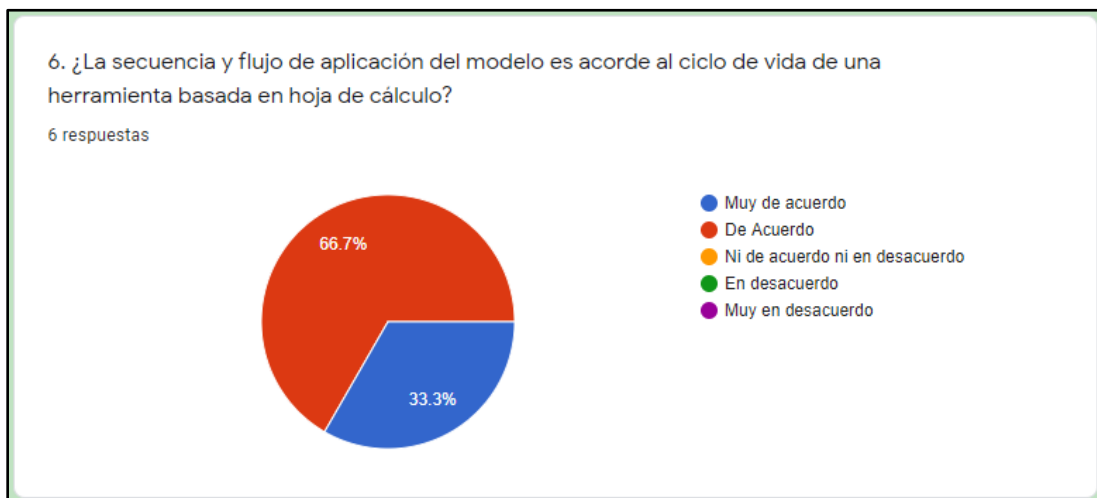


Figura 12. Respuesta pregunta 6.

Los resultados obtenidos para la pregunta seis indican la adecuada secuencia del modelo propuesto. Se incluyó un flujo adecuado y correcto para evaluar la calidad de una herramienta de software basada en hojas de cálculo. Esto indica que la investigación, ordenamiento y determinación del flujo del modelo se realizó de manera correcta.



Figura 13. Respuesta pregunta 7.

Los resultados demuestran que cualquier intento por mejorar o generar valor en el desarrollo de las funciones y de la obtención de información tienen alto impacto para las empresas. Se demuestra que el modelo estaría entregando un plus a la calidad, confiabilidad y seguridad de las herramientas utilizadas a las organizaciones.

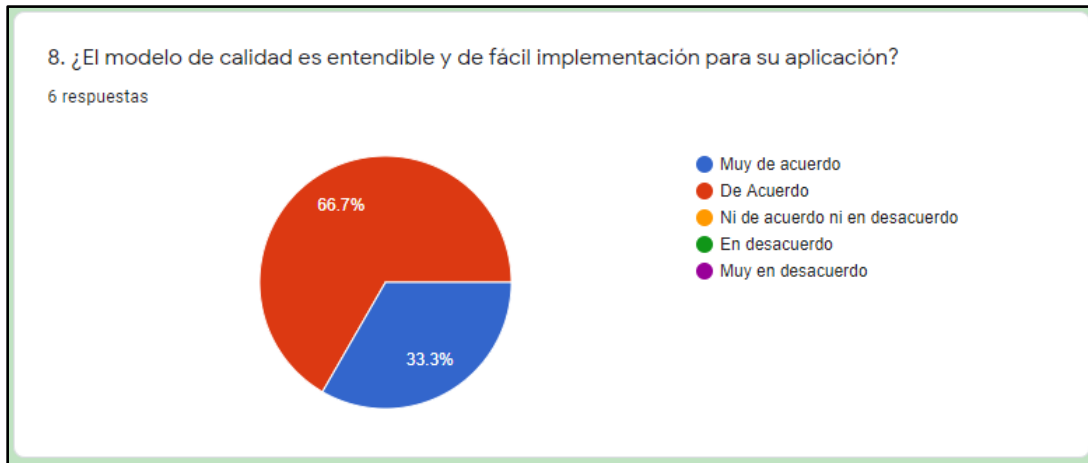


Figura 14. Respuesta pregunta 8.

Según la calificación obtenida se observa que el modelo es claro en cuanto a su organización. El modelo es entendible para su aplicación por parte de los usuarios que deseen implementarlo. La mayoría de las respuestas fue “De Acuerdo” debido a que si es necesario que quien implemente el modelo tenga conocimiento sobre los softwares de hojas de cálculo.

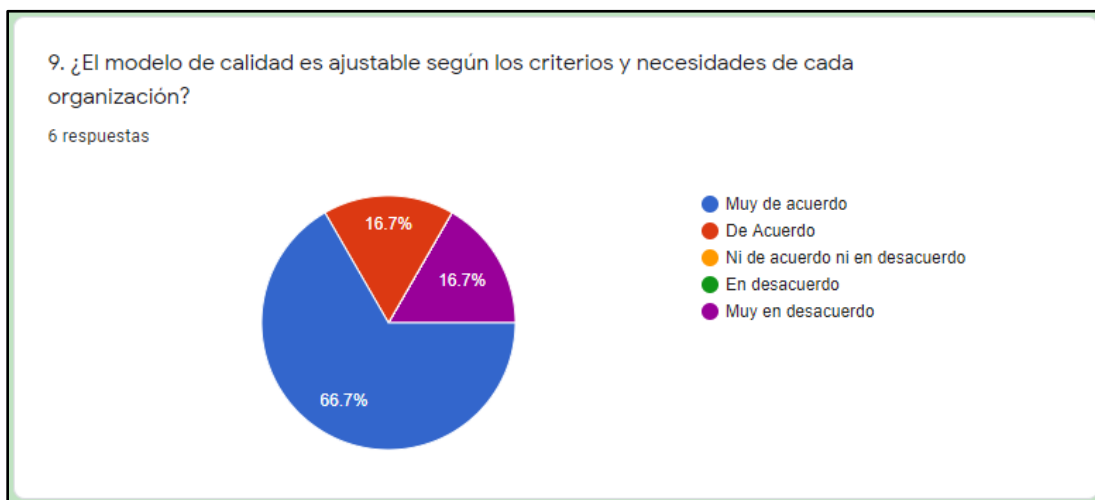


Figura 15. Respuesta pregunta 9.

En el caso de la pregunta nueve la mayoría de los expertos está conforme con que el modelo de calidad es ajustable según las necesidades de quien lo aplique. Esto indica que la ponderación experticia y la ponderación usuario fue clasificada adecuadamente dando un peso fijo y uno variable a cada ítem a evaluar.

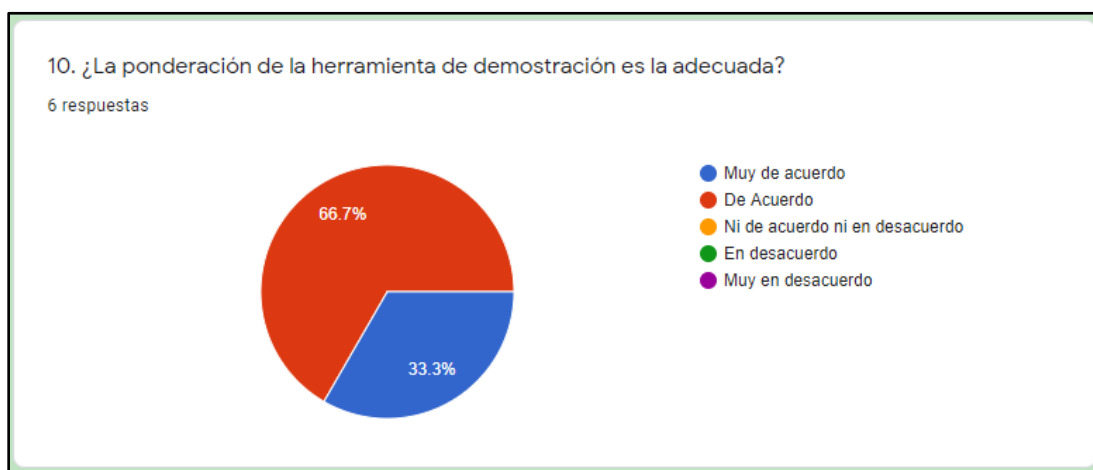


Figura 16. Respuesta pregunta 10.

Los expertos califican que la ponderación de la herramienta de demostración es adecuada. Se encuentra que la distribución se realizó de manera acorde a la relevancia e importancia de cada ítem y numeral en el modelo. Los valores fijos y variables fueron adecuadamente ponderados para dar el respectivo peso y clasificación.

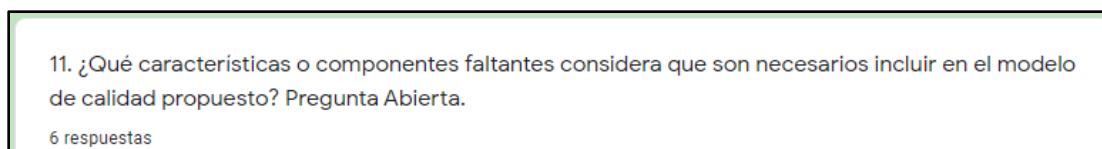


Figura 17. Pregunta 11.

Para las preguntas abiertas se tomaron en consideración las observaciones entregadas por cada experto. Se realizaron los ajustes relevantes que aportaron valor al desarrollo del

modelo de calidad. Las observaciones llevaron a que se incluyeran componentes o características que facilitaran el entendimiento, la aplicabilidad y funcionalidad del modelo y la herramienta de demostración.

Algunas características importantes para tener en cuenta en el modelo fueron la justificación de la calificación para cada ítem, y el control de versiones y dependencias. También se mencionó la concurrencia, los requerimientos no funcionales, la aclaración de conceptos y definiciones.

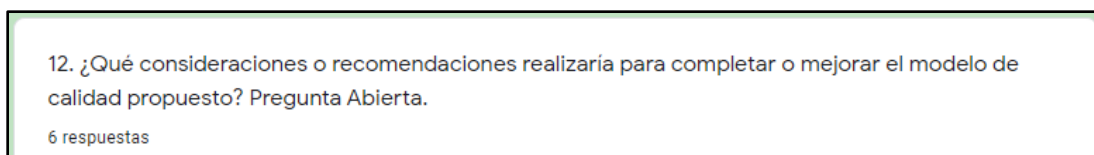


Figura 18. Pregunta 12.

Entre las consideraciones o recomendaciones entregadas por los expertos se destaca para la herramienta de demostración usar el manejo de colores para diferenciar celdas. Se debe tener en cuenta el garantizar que no se supere el 100% del total para los subnumerales. Se recomienda incluir ayudas para el ingreso correcto de valores. Para el modelo de calidad contemplar la inclusión de riesgos para el ejercicio de auditoría. Verificar el uso compartido para trabajo al tiempo por varios usuarios. Validar en los requerimientos la contemplación de la sostenibilidad y sustentabilidad. Se recomienda adecuar y aclarar ciertos conceptos y términos utilizados en el modelo.



Figura 19. Pregunta 13.

Las sugerencias y comentarios recibidos en esta pregunta por parte de los expertos aportan para las conclusiones y recomendaciones. Se otorgaron opiniones muy positivas respecto a la idea de haber propuesto y planteado un modelo de calidad. Se identifica que el modelo aporta mucho valor a las organizaciones en cuanto a la confiabilidad de la información generada y entregada como resultado de sus procesos. Las respuestas a las preguntas abiertas se encuentran en el “*Anexo 4 – Respuestas Preguntas Abiertas Encuesta.pdf*”.

### **Aplicación Herramienta de Demostración**

#### **Aplicación Caso 1:**

El primer caso analizado corresponde a la herramienta de software “ED FO 01 Presupuesto de Actividades V02” del Centro de Extensión Académica – CESET – Universidad de Antioquia. La finalidad es realizar el presupuesto por proyecto presentado en el centro de extensión académica CESET de la Universidad de Antioquia.

La aplicación de la herramienta de evaluación se encuentra de manera detallada en el documento “*Anexo 2 – Aplicación Herramienta de Demostración Caso 1.xlsx*” adjunta a este trabajo de grado. Sin embargo, de manera general se identifican los siguientes resultados:

#### *Numeral 4. Modelo de Calidad – Requisitos:*

Se obtiene un resultado de 76.8%. El resultado de este numeral indica que se encontraron falencias por la ausencia de documentación de los requerimientos para la construcción de la hoja de cálculo. Se presentaron cumplimientos parciales en la generación

de requerimientos, análisis de la viabilidad de una hoja de cálculo como solución, realización de auditorías a la herramienta y documentación para realizar la trazabilidad.

*Numeral 5. Modelo de Calidad – Componentes Hoja de Cálculo:*

Se obtiene un resultado de 88.3%. El porcentaje alcanzado está determinado por el cumplimiento parcial en identificación de alto porcentaje de celdas vacías y la falta de información para el fácil entendimiento por parte de los usuarios finales. Se cumple parcialmente con la estructura de módulos por funcionalidad. La hoja de cálculo ha tenido mejoras que no han sido documentadas. La hoja de cálculo es susceptible de mejorar su diseño y atractividad. Se identifican vecinos no relacionados difícilmente identificables. No se logra definir un código de colores, ayudas, observaciones o etiquetas para el fácil diligenciamiento y navegación. El uso de macros y/o programación por código no fue aplicable, por tanto, este no se consideró para el resultado promedio del numeral.

*Numeral 6. Medición:*

Se obtiene un resultado de 47.9%. Se cumple parcialmente con la medición de la hoja de cálculo. No se han determinado métricas para ninguno de los atributos recomendados en el modelo de calidad. Se cumple parcialmente con los atributos de estandarización y efectividad al realizar validaciones con el uso y la entrega de resultados. Se incluyen componentes de seguridad, pero no son medidos.

*Numeral 7. Evaluación y Auditoría:*

Se obtiene un resultado de 70.4%. El resultado alcanzado indicó cumplimientos parciales en la realización de pruebas a la hoja de cálculo. No se definió un código de colores aplicable. Se identifica falta de documentación para realizar trazabilidad a la hoja de cálculo durante todo su ciclo de vida. Se realizan actividades indicadas en el modelo de calidad, pero no son evidenciables. Se detecta falta de documentación de mejoras y toma de



acciones ante fallos para garantizar la transferencia del conocimiento y las lecciones aprendidas.

De manera general se obtiene, según la distribución de la ponderación del usuario, el siguiente resultado global:

| <b>Resultados</b>   |                               |  |                   |
|---|-------------------------------|--|-------------------|
| <b>Detalle</b>  | <b>Ponderación Experticia</b> | <b>Ponderación Usuario (Distribuida según necesidad)</b> | <b>Resultados</b> |
| Cumplimiento Numeral 4  | 15,00%                        | 3,00%  | 13,82%            |
| Cumplimiento Numeral 5  | 25,00%                        | 10,00%   | 30,90%            |
| Cumplimiento Numeral 6  | 25,00%                        | 3,00%  | 13,40%            |
| Cumplimiento Numeral 7  | 15,00%                        | 4,00%  | 13,37%            |
| <b>Porcentaje de Cumplimiento Total del Modelo de Calidad</b> | <b>80,00%</b>                 | <b>20,00%</b>  | <b>71,50%</b>     |

Figura 20. Resultado global aplicación herramienta caso 1.

Con la aplicación de la herramienta a la hoja de cálculo evaluada se obtuvo un resultado general que otorga un grado de calidad del 71.50% según el modelo propuesto. Como se puede observar, en la ponderación de usuario se manejó una distribución con mayor peso para el cumplimiento del numeral 5 correspondiente a la ejecución de la hoja de cálculo.

Durante la aplicación de la herramienta se detectan buenas prácticas en la construcción de la hoja de cálculo. En la organización se han identificado diferentes características de

calidad y es evidenciable su cumplimiento. El resultado final obtenido demuestra un buen desempeño en el control de la hoja de cálculo. La organización mantiene el adecuado funcionamiento de la herramienta tecnológica para garantizar los resultados correctos.

Los resultados arrojados en el ejercicio también indican que la hoja de cálculo presenta condiciones por ajustar, por revisar y por implementar para mejorar la calificación. En el detalle de los resultados se encuentran las observaciones planteadas para cada ítem evaluado y así poder actuar ante estos para garantizar su cumplimiento. Para los componentes a verificar de la herramienta que hacen referencia a la planificación, la medición y auditoría, se realizó contacto a modo de entrevista con el Coordinador de Educación Continua y Eventos del CESET. La entrevista permitió validar el nivel de cumplimiento de las etapas que no se detectaron con la revisión directa de la hoja de cálculo.

### **Aplicación Caso 2:**

El segundo caso analizado corresponde a la herramienta de software basada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel llamada “Matriz de Resultados Sistemas de Gestión” de la empresa Invamer S.A.S. La finalidad es realizar la tabulación de los resultados de todos los indicadores de la organización para obtener un resultado de cada uno de los objetivos estratégicos, procesos y gerencias de la organización, permitiendo conocer el nivel de cumplimiento de los sistemas de gestión adoptados.

La aplicación de la herramienta de evaluación se encuentra de manera detallada y con sus resultados por subnumeral en el documento “*Anexo 3 – Aplicación Herramienta de Demostración Caso 2.xlsx*” adjunta a este trabajo de grado. De manera general se identifican los siguientes resultados:

#### *Numeral 4. Modelo de Calidad – Requisitos:*

Se obtiene un resultado de 73.2%. Para este numeral se afecta el resultado por el cumplimiento parcial de los subnumerales de determinación del alcance, validación de la viabilidad de la hoja de cálculo, levantamiento y comprensión de los requisitos del usuario final, responsabilidad y documentación. Se indica y menciona la realización de actividades, pero no se cuenta con las evidencias correspondientes.

#### *Numeral 5. Modelo de Calidad – Componentes Hoja de Cálculo:*

Se obtiene un resultado de 95.2%. En este numeral se cumple parcialmente con la información necesaria para el entendimiento de los usuarios finales y la modulación por funcionalidades. Se cumple parcialmente con las características de formulación, control de celdas y rangos vecinos no relacionados y el listado de permisos. Para este numeral no se cumplió con la definición de un código de colores. El uso de macros y/o programación por código no fue aplicable, por tanto, este no se consideró para el resultado promedio del numeral.

#### *Numeral 6. Medición:*

Se obtiene un resultado de 59.0%. El resultado de este numeral incluye el cumplimiento parcial del establecimiento de métricas por atributos para medir la hoja de cálculo. Se validan la estandarización y la medición de la efectividad. No se cumple con la justificación de exclusión de atributos. No se miden los atributos de exactitud, consistencia y modularidad a la hoja de cálculo. Se destaca el cumplimiento del atributo de seguridad.

#### *Numeral 7. Evaluación y Auditoría:*

Se obtiene un resultado de 65.9%. Se cumple parcialmente con evaluación de la hoja de cálculo. Hay fórmulas y funciones con secciones manuales de modificación. La información documentada de la hoja de cálculo no es trazable completamente. Se presenta

aplicación de pruebas y/o ejercicios de simulación antes de su liberación. Hay falta de ejecución de auditorías y presentación de informes. No hay evidencia de toma de acciones ante inconsistencias presentadas ni documentación de lecciones aprendidas. No se cumple con un equipo auditor objetivo que pueda realizar el ejercicio de evaluación. El no tener un código de colores establecido dificulta el entendimiento y uso de la herramienta tecnológica.

De manera general se obtiene, según la distribución de la ponderación del usuario, el siguiente resultado global:

| <b>Resultados</b>   |                               |  |                   |
|---|-------------------------------|--|-------------------|
| <b>Detalle</b>  | <b>Ponderación Experticia</b> | <b>Ponderación Usuario (Distribuida según necesidad)</b> | <b>Resultados</b> |
| Cumplimiento Numeral 4  | 15,00%                        | 5,00%  | 14,64%            |
| Cumplimiento Numeral 5  | 25,00%                        | 10,00%   | 33,31%            |
| Cumplimiento Numeral 6  | 25,00%                        | 5,00%  | 17,70%            |
| Cumplimiento Numeral 7  | 15,00%                        | 0,00%  | 9,89%             |
| <b>Porcentaje de Cumplimiento Total del Modelo de Calidad</b> | <b>80,00%</b>                 | <b>20,00%</b>  | <b>75,55%</b>     |

Figura 21. Resultado global aplicación herramienta caso 2.

Con la aplicación de la herramienta a la hoja de cálculo evaluada, se obtuvo un resultado general que otorga un grado de calidad del 75.55% según el modelo propuesto. Resulta para la organización más importante evaluar el cumplimiento del numeral 5 que del numeral 7. La organización enfocó la verificación en la ejecución de la hoja de cálculo más que en la auditoría.

La organización realiza buenas prácticas para el desarrollo de sus herramientas tecnológicas. El contar con un sistema de gestión de calidad implementado aporta al cumplimiento de algunas características incluidas en este modelo. El proceso de calidad de la organización evalúa la hoja de cálculo para garantizar su confiabilidad. El resultado alcanzado en este ejercicio es positivo para la medida de calidad de la hoja de cálculo.

Los resultados arrojados en el ejercicio indican que la hoja de cálculo tiene condiciones por ajustar, por revisar y por implementar para mejorar la calificación. En el detalle de los resultados se encuentran las observaciones planteadas para cada ítem evaluado para así poder actuar ante estos y garantizar su cumplimiento.

El ejercicio desarrollado no solo ha servido para demostrar la adecuada aplicación de la herramienta propuesta en los dos casos anteriores. La aplicación permitió entregar los resultados y observaciones a las personas responsables de las organizaciones. Con los resultados los responsables pueden tomar las acciones necesarias para mejorar la calidad de dichas herramientas tecnológicas basada en hojas de cálculo.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La información se ha convertido en uno de los activos más importantes de las organizaciones conllevando a que las herramientas utilizadas para su captura, transformación y resultados cuenten con la calidad necesaria. La calidad de las herramientas de software basadas en hojas de cálculo utilizadas en las organizaciones garantiza la confiabilidad y seguridad. El mal manejo o falta de calidad en este tipo de herramientas han determinado grandes problemas tanto económicos, como de reputación y confiabilidad en diferentes empresas u organizaciones. Por esta razón, a lo largo del tiempo se han generado formas de control y verificación del cumplimiento de componentes y características mínimas que ayudan al correcto y adecuado tratamiento y entrega de la información.

Con la presente investigación se identificaron diferentes formas de control para medir la calidad de las hojas de cálculo. Estos controles han sido enfocados de manera específica sobre diferentes etapas o secciones de este tipo de herramientas. Se evidenció la ausencia de una forma de control integral que abarcara todo el ciclo de vida de una herramienta tecnológica basada en hojas de cálculo. Varios autores han realizado intentos por identificar los errores y mejorar la calidad de las hojas de cálculo para mejorar la confiabilidad de la información. En el mercado existen algunas herramientas desarrolladas para aplicar una validación de componentes puntuales de calidad a hojas de cálculo, como revisión de fórmulas, modularidad, relacionamiento, entre otras.

La construcción de un modelo de calidad integral permitió abarcar todo el ciclo de vida de las herramientas tecnológicas basadas en hojas de cálculo. Para la construcción del modelo de calidad se utilizaron fuentes de diferentes autores tomando las características comunes y de mayor relevancia lo que evidenció una adecuada completitud de este. Al enfocar el modelo en el ciclo de planeación, ejecución, verificación y actuación, se tuvieron

en cuenta todas las etapas para un adecuado desarrollo. El incluir la etapa de planeación en el modelo permitió ampliar el panorama de control y seguimiento a las diferentes características y componentes de calidad. La etapa de actuación permitió que el modelo incluyera un control que garantice la sostenibilidad y pertinencia de las hojas de cálculo a través del tiempo. La etapa de verificación asegura que las empresas realicen mediciones que permitan validar el adecuado funcionamiento de la herramienta. El incluir los denominados *Spreadsheet smells* dentro del modelo de calidad permitió dinamizar y completar las características y componentes de revisión.

La construcción de una herramienta de demostración permitió evidenciar el grado de calidad de las hojas de cálculo evaluadas. La herramienta de demostración incluyó una ponderación fija de experticia y una ponderación variable por parte del usuario para adecuarse según las necesidades de la organización que la aplique. Los resultados entregados por la herramienta generan la identificación de aspectos a mejorar en las hojas de cálculo. Incluir la justificación de los resultados por cada ítem evaluado genera valor para la organización al poder actuar individualmente ante cada hallazgo. El obtener un resultado promedio porcentual por numeral y total al aplicar la herramienta entrega a las organizaciones un panorama claro para tomar acciones correctivas, de mejora y de actuación ante los resultados.

Realizar la validación con un panel de expertos en la materia generó mayor valor al modelo de calidad y a la herramienta de demostración. La retroalimentación de los expertos permitió completar y ajustar etapas dando un mayor profesionalismo al modelo de calidad. Preguntar y conocer la percepción del panel expertos con la ejecución de una encuesta evidenció una adecuada investigación, un correcto planteamiento y orden del modelo y de la herramienta de demostración propuestas. El modelo de calidad obtuvo muy buenos comentarios de parte de los expertos identificándolo como completo, adecuado, claro, entendible, pertinente y funcional.

El modelo de calidad de software para la evaluación de herramientas basada en hojas de cálculo es pertinente, adecuado y adaptable a las necesidades de las organizaciones que decidan implementarlo. El modelo de calidad es funcional ayudando y generando valor para determinar y garantizar la calidad, confiabilidad y seguridad de la información empresarial que se controle desde este tipo de herramientas.



## 6. REFERENCIAS

- Aliane, N. (2008). *Spreadsheet-based control system analysis and design*. IEEE Control Systems Magazine, doi: 10.1109/MCS.2008.927960
- Abreu, R., Cunha, J., Fernandes, J., Martins, P., Perez, A. y Saraiva, J. (2014). *Smelling Faults in Spreadsheets*. Victoria, Canada: 2014 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution
- Azam, A., Alam, K. y Umair, A. (2019). *Spreadsheet Smells: A Systematic Mapping Study*. Islamabad, Pakistan: 2019 International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT)
- Burke, B. (2020). Top 10 Strategic Technology Trends for 2021. Recuperado de: <https://www.gartner.com/en/publications/top-tech-trends-2021>
- Callejas, M., Alarcón, A. y Álvarez, A. (2017). *Modelos de calidad del software, un estado del arte*. Tunja, Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia [UPTC]
- Chadwick, D., Knight, B. y Rajalingham, K. (2001). *Quality Control in Spreadsheet: A Visual Approach using Color Codings to Reduce Errors in Formulae*. Greenwich, UK: Information Integrity Research Centre, School of Computing & Mathematical Sciences, University of Greenwich.
- Cueva, J. (1999). *Calidad de Software, Conferencia, 21 de Octubre de 1999 Grupo GIDIS Universidad Nacional de la Pampa*. Oviedo, España: Universidad de Oviedo.
- Cunha, J., Fernandes, J., Peixoto, C. y Saraiva, J. (2012). *A Quality Model for Spreadsheets*. Lisboa, Portugal: 2012 Eighth International Conference on the Quality of Information and Communications Technology

Enciclopedia Colaborativa Cubana [EcuRed]. (2020). *Hoja de Cálculo*. Recuperado de: [https://www.ecured.cu/Hoja\\_de\\_c%C3%A1lculo](https://www.ecured.cu/Hoja_de_c%C3%A1lculo)

European Spreadsheet Risks Interest Group [EuSpRiG]. (2021). *Acerca de EuSpRiG*. Recuperado de: <https://www.eusprig.org/about.htm>

Fiset, R. y Farhat, M. (2001). *A low-cost polarimetric response tool using spreadsheets*. Québec, Canada: Canadian Space Agency

Fowler, M. (1999). *Refactoring: Improving the Design of Existing Code*. Boston, EEUU: Addison-Wesley

Hermans, F., Pinzger, M. y Deursen, A. (2012). *Detecting and visualizing inter-worksheet smells in spreadsheets*. Zurich, Alemania: 2012 34<sup>th</sup> International Conference on Software Engineering (ICSE)

Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos [IEEE] (1990). *Standard Glossary of Software Engineering Terminology*. Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/159342/definitions#definitions>

International Organization for Standardization [ISO] (2015). *ISO 9000:2015(es) Sistema de Gestión de la Calidad – Fundamentos y Vocabulario*. Recuperado de: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es>

International Organization for Standardization [ISO] (2020). *The ISO Survey of Management System Standard Certifications – 2019 – Explanatory Note*. Recuperado de: <https://www.iso.org/the-iso-survey.html?certificate=ISO%209001&countrycode=ES#countrypick>

ISOTools (2015). *¿En qué consiste el ciclo PHVA de mejora continua?*. Recuperado de: <https://www.isotools.org/2015/02/20/en-que-consiste-el-ciclo-phva-de-mejora-continua/>

Jannach, D., Schmitz, T., Hofer, B. y Wotawa, F. (2014). *Avoiding, Finding and Fixing Spreadsheet Errors - A Survey of Automated Approaches for*

*Spreadsheet QA*. Dortmund, Alemania: Journal of Systems and Software  
Volume 94 pp.129–150.

Kelion, L. (5 de octubre de 2020). *Excel: Why using Microsoft's tool caused Covid-19 results to be lost*. BBC. Recuperado de:  
<https://www.bbc.co.uk/news/technology-54423988>

Koch, P. y Schekotihin, K. (2018). *Fritz: A Tool for Spreadsheet Quality Assurance*. Lisboa, Portugal: 2018 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC)

Koch, P., Hofer, B. y Wotawa, F. (2016). *Static Spreadsheet Analysis*. Graz, Austria: 2016 IEEE 27th International Symposium on Software Reliability Engineering Workshops

Kruck, S. (2005). *Testing spreadsheet accuracy theory*. Information and Software Technology, doi: 10.1016/j.infsof.2005.04.005

Lapiedra, R., Devece, C. y Guiral, J. (2011). *Introducción a la gestión de sistemas de información en la empresa*. Castellón de la Plana, España: Universidad Jaume I

Maresca, M. y Baglietto, P. (2017). *Spreadsheet Element Sharing through Synchronization*. Turín, Italia: 2017 IEEE 41st Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)

Meza, D. (2020). *¿Qué es la hiperautomatización y por qué será tan importante en los 2020s?*. Recuperado de:  
<https://nmas1.org/news/2020/01/03/hiperautomatizacion>

Murphy, D. (26 de noviembre de 2019). *State fund for jobs loses €750k due to 'human error'*. RTE. Recuperado de:  
<https://www.rte.ie/news/business/2019/1126/1095303-human-error-cost-ntma-750-000-on-an-investment/>

- Obrenović, Ž. y Gašević, D. (2008). *End-User Service Computing: Spreadsheets as a Service Composition Tool*. IEEE Computer Society, doi: 10.1109/TSC.2008.16
- Peffer, K., Tuunanen, T., Gengler, C., Rossi, M., Hui, W., Virtanen, V. y Bragge, J. (2006). *The design science research process: A model for producing and presenting information systems research*. Claremont, USA: DESRIST 2006
- Ruiz, M. (2014). *Herramientas tecnológicas como instrumentos para la gestión del conocimiento en las organizaciones cooperativas*. Santa Marta, Colombia: doi: <http://dx.doi.org/10.16925/es.v12i22.960>
- Silberstein, R. (3 de julio de 2019). *NYCLU apologizes for misstating racial disparity in Schenectady pot arrests*. Times Union. Recuperado de: <https://www.timesunion.com/news/article/NYCLU-apologizes-for-misstating-racial-disparity-14069700.php>
- System and Software Quality Requirements and Evaluation [SQuaRE]. (2020). *Normas ISO 25000*. Recuperado de: <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000>
- Wang, X., Yu, Q. y Yang, G. (2018). *Automated Repair of Data Faults in Templated Spreadsheets*. Nara, Japón: 2018 25th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC)
- Yu, X., Li, J. y Zhong, H. (2009). *Extending the Boundary of Spreadsheet Programming: Lessons Learned from Chinese Governmental Projects*. Vancouver, Canada: Institute of Software, Chinese Academy of Sciences

## 7. ANEXOS

### **Anexo 1:**

Anexo1 - Herramienta de Demostración Modelo de Calidad.xlsx

### **Anexo 2:**

Anexo 2 - Aplicación Herramienta de Demostración Caso 1.xlsx

### **Anexo 3:**

Anexo 3 - Aplicación Herramienta de Demostración Caso 2.xlsx

### **Anexo 4:**

Anexo 4 – Respuesta Preguntas Abiertas Encuesta.pdf