

**INTELIGENCIA DE NEGOCIOS PARA LA GESTIÓN DE TECNOLOGÍA BIOMÉDICA EN
LA UNIVERSIDAD DEL ROSARIO.**

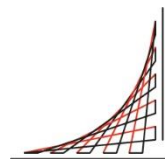
ING. ANA MARÍA PRÉSIGA LUCENA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA BIOMÉDICA

MSc CAROLINA VERA VAQUIRO



**Universidad del
Rosario**



**ESCUELA
COLOMBIANA
DE INGENIERÍA
JULIO GARAVITO**

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA BIOMÉDICA

BOGOTÁ D.C

2020

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	OBJETIVOS.....	7
	2.1. OBJETIVO GENERAL	7
	2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
4.	MARCO TEÓRICO	12
	4.1 RECONOCIMIENTO DE LA INTELIGENCIA DE NEGOCIOS:	12
	4.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN EN TECNOLOGÍA BIOMÉDICA:	19
5.	METODOLOGÍA	30
	5.1 FASE DE CREACIÓN Y DISEÑO:.....	30
	5.2 FASE DE ADQUISICIÓN:	36
	5.3 FASE DE PRUEBA Y ANÁLISIS:	39
6.	RESULTADOS.....	40
7.	DISCUSIÓN	54
8.	RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	56
9.	CONCLUSIONES	57
	REFERENCIAS.....	58
	ANEXOS.	61

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Análisis encuesta "Experiencia en Ingeniería Clínica".	11
Fig. 2. Arquitectura de entorno de inteligencia de negocios [17].	14
Fig. 3. Cuadrante Mágico de Gartner.	17
Fig. 4. Comportamiento de BI a nivel mundial. Fuente Propia.	18
Fig. 5. Ciclo de la gestión de tecnología en salud [24].	20
Fig. 6 Ejes del sistema único de acreditación [30].	23
Fig. 7. Resultado de calificación de indicadores. Fuente propia.	28
Fig. 8. Diagrama de Gantt del proyecto. Fuente propia.	30
Fig. 9. Información de la base de datos gestión de tecnología biomédica. Fuente Propia.	33
Fig. 10. Estructura de la Base de datos, Modelo de entidad – relación. Fuente propia.	34
Fig. 11. Histograma de frecuencias, gráfico de cascada y rectangular [38].	34
Fig. 12. Organigrama de la Universidad del Rosario [40].	36
Fig. 13. Pasos de la Fase de pruebas y análisis. Fuente propia.	39
Fig. 14. Procesamiento de la información. Fuente propia.	40
Fig. 15. Información Básica de equipos biomédicos Universidad del Rosario. Fuente propia.	41
Fig. 16. Tablero de información básica seleccionando rango de más de diez años de tiempo en la institución. Fuente propia.	42
Fig. 17. Información básica de los laboratorios de Biomédica. Fuente propia	42
Fig. 18. Indicador de Costo de Mantenimiento de equipos biomédicos Universidad del Rosario. Fuente propia	43
Fig. 19. Indicador de costo de mantenimiento seleccionando un área responsable. Fuente propia.	44

Fig. 20. Indicador de costo de mantenimiento de las Básculas del consultorio médico -IPS Fuente propia.....	44
Fig. 21. Indicador de Costo de Mano de obra de la Universidad del Rosario. Fuente propia.....	45
Fig. 22. Indicador de costo de mano de obra de mantenimientos correctivos de la Universidad del Rosario. Fuente propia	46
Fig. 23. Indicador de costo de mano de obra de Mantenimiento Correctivo de la empresa AM LTDA. Fuente propia.....	46
Fig. 24. Indicador de eficiencia de mantenimiento en la Universidad del Rosario. Fuente propia.....	47
Fig. 25. Indicador de eficiencia de los mantenimientos enfocados en los servicios No Ejecutados. Fuente propia	48
Fig. 26. Indicador de eficiencia del programa de capacitaciones de la Universidad del Rosario. Fuente propia	48
Fig. 27. Indicador de eficiencia del programa de capacitaciones enfocado en la tecnología Microscopios.....	49
Fig. 28. Indicador de disponibilidad de equipos biomédicos de la Universidad del Rosario	50
Fig. 29. Indicador de disponibilidad del equipo con mayor tiempo de parada.....	50
Fig. 30. Indicador de tiempo promedio de respuesta y promedio de ejecución	51
Fig. 31. Indicador de tiempo promedio de respuesta y de tiempo promedio de ejecución de los laboratorios de Docencia de la EMCS.	52

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Encuesta "Experiencia en ingeniería clínica". Fuente propia.	8
Tabla 2. Profesiones y sectores. Fuente propia.	9
Tabla 3. Comparativo de las cuatro plataformas líderes en BI. Fuente Propia.	17
Tabla 4. Indicadores de gestión de mantenimiento de EB [31].	24
Tabla 5. Indicadores de eficiencia [32].	25
Tabla 6. Indicador de Disponibilidad [32].	25
Tabla 7. Indicadores de Tiempo [32].	26
Tabla 8. Indicadores de costo [32].	26
Tabla 9. Indicadores resultantes.	27
Tabla 10. Indicadores de Gestión de Tecnología Biomédica escogidos.	29
Tabla 11. Datos necesarios para la generación de los Indicadores [32].	31
Tabla 12. Descripción de las áreas de la Universidad que tiene equipos biomédicos (EB)	38

1. INTRODUCCIÓN

La importancia de la gestión tecnológica biomédica ha sido reconocida en diferentes escenarios a nivel mundial, ya que busca garantizar la eficacia, efectividad, eficiencia y seguridad de las nuevas tecnologías sanitarias y poder establecer estándares y protocolos en el entorno clínico o biomédico, dando pautas para la operación segura de las tecnologías, mejoramiento de los procesos de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, planeación e identificación de necesidades para la correcta adquisición de la tecnología, control y mitigación de riesgos o eventos adversos hasta la disposición final de los equipos [1], sin embargo, causas como la falta de tiempo, falta de herramientas, apoyo en el liderazgo, restricciones a los recursos y por supuesto falta de oportunidad para demostrar procesos costo eficientes, limita la gestión de tecnología con calidad y aumenta las deficiencias en la toma de decisiones y la confiabilidad de las mismas [2].

Al resaltar la necesidad de gestionar la tecnología biomédica bajo estándares de calidad orientados al mejoramiento continuo [2], es considerado como relevante para las organizaciones proporcionar herramientas que aporten y fortalezcan la toma de decisiones de manera eficaz, reflejando el comportamiento real y que de estas se deriven estrategias que basadas en información soporten aspectos del ciclo tecnológico como la incorporación de la tecnología acorde con la capacidad instalada, cobertura del aseguramiento en salud y la asignación de recursos para su introducción teniendo en cuenta su impacto y el propósito de la prestación de servicios de salud con calidad.

Es evidente que las organizaciones pueden contar con un sinnúmero de sistemas de información, calificados desde Excel, Acces o avanzados como gestores o planificadores de mantenimiento que requieren de validación (ISO 13485), y que el mercado es capaz de proveer tan customizados como se requiera; entre las herramientas de información encontradas en el mercado mundial, que permiten optimizar procesos, reformar la gestión y mejorar la toma de decisiones es la inteligencia de negocios [3], ejemplos de estos como PowerBI, COGNOS, Tableau entre otras definen como la combinación y aplicación de tecnología, procesamiento de datos y procesos que permiten transformar, esta información en conocimiento de manera rápida y visualmente comprensible y así implementar ese conocimiento en planes, objetivos o estrategias, que permitan a la institución optimizar la utilización de recursos, monitorear el cumplimiento de las metas u objetivos y aumentar la capacidad de tomar buenas decisiones para así obtener mejores resultados [4].

Por estas razones este proyecto busca diseñar una herramienta de inteligencia de negocios para procesar información y datos relevantes de la gestión de tecnológica biomédica, para que sea pertinente con las necesidades actuales y permita mejorar la gestión y la toma de decisiones.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una herramienta de análisis de datos e información basados en la metodología de las plataformas de inteligencia de negocios que facilite la toma de decisiones en la gestión de la tecnología biomédica de la Universidad del Rosario.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Definir los indicadores de gestión de tecnología biomédica para la creación de reportes que se procesaran en la herramienta para toma de decisiones.
- b) Estructurar la base de datos para el procesamiento de la información en la herramienta de inteligencia de negocios dedicada a la gestión de tecnología biomédica.
- c) Diseñar la interfaz de la herramienta de análisis de datos en una plataforma tecnológica accesible, intuitiva y de bajo costo.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La gestión de la tecnología biomédica contribuye a la eficiencia en el sector salud y propicia un servicio de salud sostenible. Las instituciones donde se manejan estas tecnologías deben establecer responsablemente y de manera periódica procedimientos de gestión y control de los equipos biomédicos con el fin de conservar la tecnología, buscar garantizar la operación segura, la costo-efectividad de todos los equipos médicos en uso, mediante el mantenimiento orientado a riesgo, a fin de proporcionar un entorno seguro y funcional de todos los equipos y espacios, balanceando adecuadamente el mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo y la metrología [5].

La gestión de la tecnología biomédica también surge como respuesta a la necesidad de manejar el componente tecnológico en el sector clínico dándole un enfoque estratégico, en donde se debe realizar la planeación, el desarrollo, el control y la implementación de soluciones tecnológicas que contribuyan al logro de los objetivos estratégicos de las instituciones [6].

Sin embargo, en Colombia, aún no todas las instituciones cuentan con herramientas de evaluación de los procesos de gestión de tecnología documentados que le permita incorporar información sobre las condiciones de calidad requeridas a través de estándares e indicadores propicios para el seguimiento a la gestión, criterios como clasificación y localización al interior de los servicios o áreas, cantidades disponibles, usos, edades de los equipos, condiciones técnicas, capacidad instalada, información que facilite la toma de decisiones con el fin de minimizar los riesgos de la atención, que permitan identificar las necesidades de adquisición, mantenimientos, reposiciones y/o traslados, midiendo de forma conjunta su costo, seguridad y efectividad, no son frecuentemente encontrados en las instituciones, manteniendo así las fallas en la toma de decisiones o detrimentos en el recurso y en el patrimonio de la institución [7].

Esta problemática y falta de herramientas para la gestión tecnológica biomédica, también fue evidenciada a través de la aplicación de una encuesta multicéntrica de percepción, tal como se presenta en la tabla 1, que tuvo como propósito identificar necesidades claves en el sector de ingeniería clínica en el entorno colombiano, esta encuesta se realizó a profesionales en su mayoría del campo de ingeniería clínica vinculados activamente o que en su ejercicio profesional hubieran realizado gestión de tecnología biomédica.

Tabla 1. Encuesta "Experiencia en ingeniería clínica". Fuente propia.

NOMBRE DE LA ENCUESTA: EXPERIENCIA EN INGENIERÍA CLÍNICA
¿Cuál es su profesión?
¿En qué empresa trabaja?
¿Cuál es su cargo?
1. En forma general describa las funciones principales de su cargo.
2. Tiene personas a su cargo, ¿cuántas son y cuáles son sus perfiles?

3. ¿De la gestión que usted realiza, ¿cuál cree que es la más importante o prioritaria para el correcto desempeño de su cargo?
4. ¿Ha implementado proyectos de mejoramiento en los últimos años? En caso afirmativo, cuéntenos su experiencia.
5. ¿Cuáles son las principales barreras para la ejecución de su cargo?
6. ¿Cómo incide la dinámica actual de su empresa o del sector con la gestión de su cargo?
7. ¿Cuál es el mayor desafío que has enfrentado en tu cargo?
8. ¿Tiene planes de mejoramiento para su área? ¿cuáles son?
9. ¿Ha pensado realizar su manera de trabajar de forma distinta?, ¿Cómo sería?
10. ¿De qué manera considera que podríamos ayudarle a mejorar su gestión en su cargo?

La encuesta obtuvo treinta y una respuestas donde participaron profesiones como bioingeniero, ingenieros biomédicos, tecnólogos biomédicos e ingeniero electrónico, que se desempeñan en diferentes sectores, como empresas de venta y servicio de equipos, entidades educativas, instituciones de salud e instituciones gubernamentales, vinculadas a la gestión de tecnología biomédica, en la tabla 2 se puede identificar las profesiones y sectores que realizaron la encuesta.

Tabla 2. Profesiones y sectores. Fuente propia.

		Cantidad
PROFESIONES	Ingeniero electrónico	1
	Bioingeniero	1
	Tecnólogo biomédico	4
	Ingeniero biomédico	24
SECTORES	Universidades	4
	Instituciones prestadoras de salud	6
	Entidades Gubernamentales	7
	Empresas de venta y servicio	13
	No responde.	1

El resultado de estas encuestas permitió evidenciar algunas necesidades y/o oportunidades de mejora en el sector de ingeniería clínica. En este contexto, se agruparon las respuestas en cada cuadrante de la matriz de análisis DOFA, Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas. El análisis DOFA permite descubrir cuál es la situación de un entorno, para que con base al diagnóstico se pueda plantear la estrategia a seguir y/o tomar decisiones que enriquezcan este entorno [8], a continuación se describe por cada cuadrante las respuestas que se obtuvieron en la encuesta;

Debilidades:

- *Herramientas rudimentarias, es decir el no contar con sistemas que ayuden a agilizar la consolidación de la información, la generación de estadísticas, la gestión de mantenimiento toma de decisiones soportadas*

- *La falta de conocimiento del personal y en especial las directivas que ven la gestión de equipo biomédico como un gasto y no una inversión en la calidad de la atención en salud*
- *Perdida de información e historial de la gestión por cambio de personal o por el cambio del software.*

Oportunidades

- *Realizar y aplicar software que facilite la tarea y el cálculo de los ingenieros clínicos desarrollando indicadores útiles y comprobables con otras instituciones, si no hay comparación no se sabría como estoy posicionado en el entorno.*
- *Apoyando la investigación en el área y los proyectos de plataformas de cargue de la información.*
- *Involucrado al ingeniero biomédico en las mesas de trabajo gerencial, permitiendo dar voz y voto en la toma de decisiones pertinentes en los procesos y procedimientos del área como tal.*

Fortalezas

- *Conocimiento de la norma, ingenieros con criterio de análisis situacional, autorregulación del proceso que realizan, conocimiento de las funciones de otras áreas, teniendo en cuenta que el proceso es transversal.*
- *Educación de manera práctica a cada estudiante antes de enfrentarse al ámbito laboral*

Amenazas

- *La regulación del sector son los que enmarcan las funciones del ingeniero biomédico y no se da la importancia que realmente tiene la ingeniera clínica y los beneficios que trae a las clínicas y hospitales.*
- *Las deudas son altas lo que afecta el flujo de caja de las instituciones hospitalarias lo que las lleva a adquirir tecnologías de bajo costo y lo más grave de baja calidad.*
- *El surgimiento de nuevas tecnologías, requieren profesionales especializados que las manejen.*

Entre las necesidades más significativas que arrojó la encuesta, y luego de realizar el análisis DOFA, se encontró que estas coincide con las necesidades identificadas en la literatura encontrada [7], en la figura 1 se visualiza la matriz DOFA, allí se muestra, que los profesionales de este campo en Colombia, tienen dificultad para el acceso de herramientas que les ayuden o les permitan facilitar la gestión de tecnología biomédica, acceder a la información completa para la toma de decisiones rápida, confiable y eficiente, lo cual está disminuyendo la asertividad en su gestión [9].

MATRIZ DOFA	FORTALEZAS	DEBILIDADES
	1. Conocimiento de la norma, ingenieros con criterio de análisis situacional, autorregulación del proceso que realizan, conocimiento de las funciones de otras áreas, teniendo en cuenta que el proceso es transversal.	1. Herramientas rudimentarias, es decir el no contar con sistemas que ayuden a agilizar la consolidación de la información, la generación de estadísticas, la gestión de mantenimiento, toma de decisiones soportadas
	2. Educación de manera práctica a cada estudiante antes de enfrentarse al ámbito laboral	2. La falta de conocimiento del personal y en especial las directivas que ven la gestión de equipo biomédico como un gasto uno una inversión en la calidad de la atención en salud
OPORTUNIDADES	ESTRATEGIAS FO	ESTRATEGIAS DO
1. Realizando software que facilite la tarea y el cálculo de los ingenieros clínicos desarrollando indicadores útiles y comprobables con otras instituciones, si no hay comparación no se sabría como estoy posicionado en el entorno.	Desarrollar bases de datos o herramientas informáticas para tener un sistema de Gestión de tecnología biomédica a la mano e innovadora.	Desarrollar aplicaciones o herramientas informáticas para tener un sistema de información, la generación de estadísticas.
2. Involucrando al ingeniero en la toma de decisión en las instituciones y en los procesos y procedimientos gerenciales.	Formular proyectos de interes gerencial , donde se muestren resultados efectivos en la gestión del ingeniero clínico.	
AMENAZAS	ESTRATEGIAS FA	ESTRATEGIAS DA
1. La regulación del sector son los que enmarcan las funciones del ingeniero biomédico y no se da la importancia que realmente tiene la ingeniería clínica y los beneficios que trae a las clínicas y hospitales.	Diseñar aplicativos o protocolos informativos de normatividad	Diseñar o mejorar un sistema de información que permita toma de decisiones basados en la data real.
2. cuando las deudas son altas se afecta el flujo de caja y el P&G de instituciones hospitalarias lo que las lleva a adquirir tecnologías de bajo costo y lo más grave de baja calidad.	Mejorar la condiciones de negociación de modo que se comparta el riesgo. Se garanticen los ROI y se ampare la tecnología de modo que se estime un costo/beneficio	

Fig. 1. Análisis encuesta "Experiencia en Ingeniería Clínica".

A nivel mundial y en diferentes sectores de la industria, se presentan muchas herramientas de análisis de información que ayudan a la toma de decisiones una de esas es la inteligencia de negocios, esta se define como *“el conjunto de procesos, aplicaciones y tecnologías que facilitan la obtención rápida y sencilla de datos provenientes de los sistemas de gestión empresarial para su análisis e interpretación, de manera que puedan ser aprovechados para la toma de decisiones y se conviertan en conocimiento”* [10].

Es por esto por lo que a través de la aplicación de este proyecto se busca comprobar, si un diseño estandarizado de inteligencia de negocios disminuye las brechas descritas y provee una alternativa de fácil implementación para el análisis de información y para la toma de decisiones de la gestión tecnológica biomédica de la Universidad del Rosario.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. RECONOCIMIENTO DE LA INTELIGENCIA DE NEGOCIOS

El término Business Intelligence (BI) o inteligencia de negocios se introdujo en el sector empresarial por Hans Peter Luhn, un investigador de IBM, quien, en su artículo “A Business Intelligence System”[3] publicado en 1958 hace mención al término y le proporciona la siguiente definición: “es la habilidad de aprender las relaciones de hechos presentados de forma que guíen las acciones hacia una meta deseada”. Cuatro años después, en 1962, el canadiense Kenneth Iverson hace un importante avance para el futuro del BI, e inventa el primer lenguaje de programación multidimensional, que será la base para el procesamiento analítico en línea, conocido como OLAP [11].

Posterior a esto entre el año 1963 y 1969 se definió el concepto y nacieron las primeras grandes bases de datos y aplicaciones para las empresas creando un campo de acción importante para el desarrollo del BI [12]. En ese entonces, estas bases de datos permitían realizar acceso a la información almacenada en las bases de datos, sin embargo, la eficacia y la organización de estas bases era de muy baja calidad, lenta y de difícil acceso a información específica.

Cerca 1980 el científico de cómputo, William H. Inmon diseñó herramientas que facilitarían que los datos comenzaran a proliferar información y que las organizaciones tuvieran una forma fácil de almacenar y acceder a esa información, este concepto se denominó Data warehouses y su definición fue “Como una colección de datos orientada a un tema específico, integrado, variante en el tiempo y no volátil, que soporta el proceso de toma de decisiones” [13].

En el año 1989 Howard Dresner vuelve a hablar del término BI y lo define como “conceptos y métodos para mejorar la toma de decisiones empresariales mediante el uso de sistemas de soporte basados en hechos”, en muchos artículos reconocen a Dresner como el creador de BI, y aunque esta definición se mantuvo por mucho tiempo, en el 2006 Forrester Research Inc dio un concepto mucho más amplio y sugiere a la BI como “un conjunto de metodologías, procesos, arquitecturas y tecnologías que utilizan los datos resultantes de los procesos de gestión para el análisis, generación de informes, gestión del rendimiento y entrega de la información” [14].

En la actualidad se reconoce la inteligencia de negocios por la definición que da Gartner Inc, una empresa estadounidense que realiza investigación y análisis de tecnologías de información (TI), sus servicios incluyen una colección completa de investigación y asesoramiento para los usuarios y vendedores de tecnología, la revisión de contratos, análisis detallado del desempeño de TI, y oportunidades de networking entre pares a través de un foro en línea, coaching ejecutivo y eventos. Gartner cuenta con una extensa base de datos de información de mercado y realiza análisis de las herramienta para la mejora de las prácticas dentro de los negocios, y así llegar a ser más competitivos dentro de un mercado

cada vez más difícil lo cual se denomina benchmarking [15], este análisis se realiza en TI, finanzas, ventas, marketing y operaciones.

La definición dada por Gartner sobre inteligencia de negocios es “BI es un proceso interactivo para explorar y analizar información estructurada sobre un área normalmente almacenada en un datawarehouse, para descubrir tendencias o patrones, a partir de los cuales se derivan ideas y se extraen conclusiones, el proceso de Business Intelligence incluye la comunicación de los descubrimientos y la posibilidad de efectuar los cambios. Las áreas incluyen clientes, proveedores, productos, servicios y competidores” [16].

Gartner la descompone y la detalla de la siguiente manera;

- Proceso interactivo: al hablar de BI se está suponiendo que se trata de un análisis de información continuado en el tiempo, no sólo en un momento puntual. Aunque evidentemente este último tipo de análisis nos puede aportar valor, es incomparable con lo que nos puede aportar un proceso continuado de análisis de información, en el que por ejemplo se pueden ver tendencias, cambios, variabilidades, etc.
- Explorar: En todo proyecto de BI hay un momento inicial en el que por primera vez se accede a la información que facilita su interpretación. En esta primera fase, lo que se hace es “explorar” para comprender qué sucede en el negocio; es posible incluso que se descubran nuevas relaciones que, hasta el momento, no se conocían.
- Analizar: Se descubren las relaciones entre variables, tendencias, es decir, cuál puede ser la evolución de la variable, o patrones. Si un cliente tiene una serie de características, cuál es la probabilidad que otro con similares características actué igual que el anterior.
- Información estructurada y datawarehouse: La información que se utilizara en BI está almacenada en tablas relacionadas entre ellas. Las tablas tienen registros y cada uno de los registros tiene distintos valores para cada uno de los atributos. Estas tablas están almacenadas en lo que se conoce como datawarehouse o almacén de datos.
- Área de análisis: Todo proyecto de BI debe tener un objeto de análisis concreto. Se puede centrar en los clientes, los productos, los resultados de una localización, etc. Lo que se pretenda analizar con detalle y con un objetivo concreto: por ejemplo, la reducción de costos, el incremento de ventas, el aumento de la participación de mercado, el ajuste de previsiones de venta, el cumplimiento los objetivos de venta presupuestados, etc.
- Comunicar los resultados y efectuar los cambios: Un objetivo fundamental del BI es que, una vez descubierto algo, sea comunicado a aquellas personas que tengan que realizar los cambios pertinentes y que tomen las decisiones en la organización para mejorar la competitividad [16].

A continuación, se presenta en la figura 2 un diagrama que enseña la Arquitectura de un entorno de inteligencia de negocios BI.

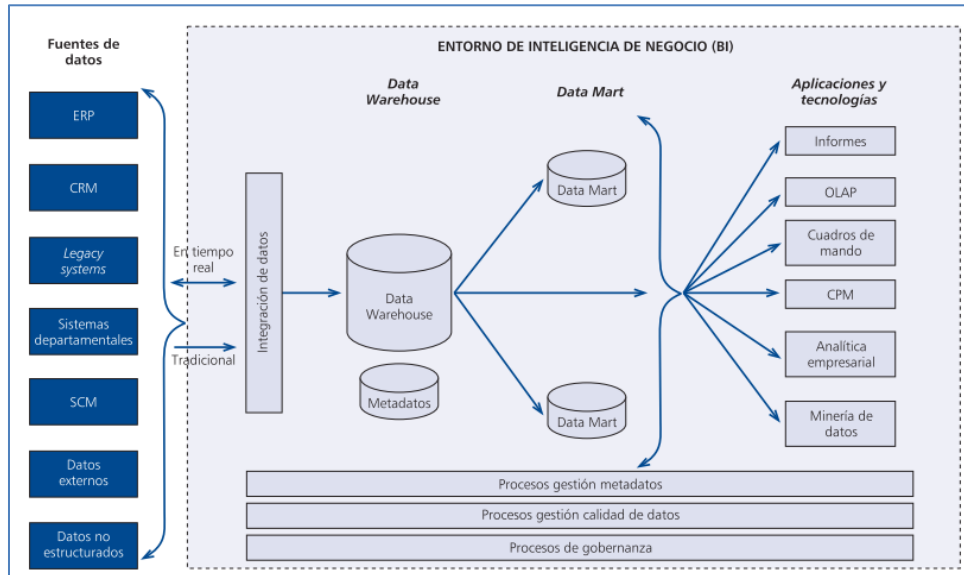


Fig. 2. Arquitectura de entorno de inteligencia de negocios [17].

La arquitectura de un entorno de Business Intelligence, parte de los sistemas de origen de información de una organización como bases de datos, información de los planes de recursos empresariales (ERP), Información de la gestión de relaciones con los clientes (CRM), información de la gestión de cadena de suministro (SCM), entre otros, sobre esta información suele ser necesario aplicar una transformación estructural para optimizar su proceso analítico, para ello se realiza una fase de extracción, transformación y carga de datos. Esta etapa suele apoyarse en un almacén intermedio, llamado datawarehouse, que actúa como puente entre los sistemas fuente y los sistemas destino, y cuyo principal objetivo consiste en evitar la saturación de los servidores funcionales de la organización.

La información resultante, ya unificada, depurada y consolidada, se puede almacenar y puede servir como base para la construcción de distintos datamarts, los datamarts son una clave para transformar eficientemente los datos en información útil. Estos datamarts se caracterizan por poseer la estructura óptima para el análisis de los datos de esa área de la empresa [17].

En este momento se cuenta con una amplia oferta de plataformas BI, que utilizan base de datos relacional con información estructurada, sus datos suelen ser procesados de forma local, agrupando la información de la compañía o empresa en un Data Warehouse o servidor central, estas herramientas varían de acuerdo con su complejidad, estructura o

desempeño, en el mercado se encuentran con costos, gratuitas, y/o algunas bajo modalidad de entrega in house.

Sumado a lo expuesto y con base a lo encontrado en el estado del arte, a continuación, se presentan las diez (10) herramientas informáticas o plataformas de análisis más utilizadas a nivel mundial.

IBM Cognos propone una amplia gama de productos de Business Intelligence accesibles a través de una interfaz web. Especialmente indicado para análisis de datos en el que interactúa con los usuarios con la herramienta de creación de informes, Report Studio [18]. Con **Tableau** pueden crearse dashboards visuales y responder preguntas de negocio de forma sencilla, agrupando datos de distintas fuentes y cargando descripciones emergentes con información adicional, excluir valores atípicos o visualizando datos en varias dimensiones geográficas al mismo tiempo [19].

TIBCO Spotfire es una herramienta de BI bastante versátil y con una gran comunidad online. Su principal diferencial se encuentra en el análisis de los procesos de ventas y la experiencia de cliente [10]. **AB INITIO** comprende una amplia variedad de soluciones relacionadas con el procesamiento de datos en paralelo, bajo la que se puede entender como información estructurada y no estructurada tanto por lotes como analizando eventos complejos. Su tecnología trabaja mediante la interfaz gráfica de usuario (GUI) [19].

Azure Analysis Services de uso exclusivo en la nube, este motor de análisis permite visualizar los datos con distintas herramientas de datos, caracterizándose por su gran velocidad y disponibilidad, así como por su capacidad para conectar datos operativos en tiempo real con DirectQuery [10]. **Oracle** posee su propia herramienta de analítica, aunque quizás sería más apropiado decir que posee una solución de BI específica para cada caso de uso y que integra muchas de estas funcionalidades en sus principales soluciones de negocio. Como es obvio, especialmente recomendado para análisis de datos en bases de datos SQL [16].

SAP Business Objects permite convertir datos principalmente financieros distribuyéndolos a los ejecutivos que la necesiten. Además, permite completar esos datos con otras fuentes externas y consumir los resultados desde cualquier dispositivo. Un completo panel de control de la empresa quizás menos sencillo que el de sus rivales, pero más completo a la hora de examinar procesos de negocio [10].

Microstrategy quizás sea el proveedor más antiguo en el mercado, lleva operando desde 1989. Creada en origen para analizar y dar forma a datos relacionales, sus últimas versiones ya permiten crear cuadros de mando personalizados en los que atender

tendencias y previsiones con información alojada y motores específicos del Big Data e información no estructurada [10].

Pentaho tiene procesamiento de datos en tiempo real, puede ser una gran opción como herramienta de análisis para el back-end o para la comunicación con el servidor. Destacando como una herramienta de código abierto, puede proporcionar una gran flexibilidad y recientemente se convirtió en una nueva empresa comercial que podría producir soluciones aún más robustas. Y por último **Microsoft Power BI** se destaca por su extraordinaria integración con otras herramientas, conexión a cientos de orígenes de datos, preparación de datos simplificada, generación de análisis ad hoc, informes que luego se publican para provecho de la organización en la Web y en dispositivos móviles, donde se pueden ampliar los gráficos y diagramas habituales de este programa de una forma masiva [20].

Para analizar e identificar que entorno de BI es la mejor la empresa Gartner realiza desde finales de los 90, y año a año, una herramienta líder a nivel mundial en la industria de la tecnología de la información, denominada el cuadrante mágico de Gartner, donde se evidencia las tendencias en productos y soluciones tecnológicas. El análisis que realiza la empresa Gartner se basa en definir las herramientas en cuatro cuadrantes; líderes, retadores, visionarios y jugadores de nicho, a continuación se describen cada uno de ellos [18].

- ✓ Líderes: Este cuadrante define las empresas o proveedores que obtienen la mayor puntuación resultado de combinar su visión del mercado con la habilidad de ejecutar, demuestran que poseen una alta capacidad de ejecución y una visión capaz de adelantarse a la necesidad del mercado.
- ✓ Retadores: Son empresas o compañías que cuentan con un gran recurso financiero y alta capacidad de ejecución, ofrecen buenas funcionalidades y un número considerable de instalaciones del producto, sin embargo, ofrecen menores variedades de productos al estar centrados en un único aspecto de la demanda del mercado, por lo que carecen de una visión que anticipe las necesidades del mercado.
- ✓ Visionarios: En este cuadrante se encuentran las empresas que cumplen con todas las capacidades para anticiparse a las necesidades del mercado, tiene una visión del mercado sin embargo no tienen la capacidad para realizar implantaciones, a causa de su tamaño u otras circunstancias, en algunas ocasiones, estas empresas son adquiridas por las empresas líderes.
- ✓ Jugadores de nicho: Son empresas o compañías enfocados a determinadas áreas o a nichos especializados de las tecnologías de gestión empresarial, normalmente son las empresas que están empezando a crecer, sin embargo, no manejan productos innovadores y la capacidad de ejecución no es la mas optima.

En la figura 3 se muestra el resultado del cuadrante mágico de Gartner enfocado en inteligencia de negocios y Analítica del año 2020.



Fig. 3. Cuadrante Mágico de Gartner.

El cuadrante mágico de Gartner tiene dos ejes [4];

En el eje X, se define como la categoría de “integridad de visión” y en este se representa el conocimiento de los proveedores sobre cómo aprovechar el momento actual del mercado para generar un valor adicional o competitivo, tanto para sus clientes como para ellos mismos. En el eje Y se representa la “capacidad de ejecutar”, donde se mide la habilidad de los proveedores para ejecutar con éxito su visión del mercado el momento actual [4].

Como líderes de las plataformas de Business Intelligence se encuentran cuatro empresas: Microsoft, Tableau, Qlik y ThoughtSpot, basados en esta clasificación se consolida en la tabla 3 y se realiza una comparación de las plataformas de BI cuatro aspectos relevantes para la selección:

Tabla 3. Comparativo de las cuatro plataformas líderes en BI. Fuente Propia.

PLATAFORMA	MICROSOFT (Power BI)	TABLEAU	QLIK	THOUGHTSPOT
Conexiones e integración de los datos.	Conexiones con fuente de datos SQL, JSON, Salesforce o Google Analytics	Conexiones con fuentes de datos NoSQL, JSON, Salesforce o Google Analytics	Fuente de datos ODBC mediante conectores de bases de datos preconfigurados ODBC.	Se conecta con cualquier fuente de datos de escritorio, en la nube, de big data

Visualizaciones y tipo de análisis	Cuadros de mando con nivel de integración, Dashboards o Tableros.	Análisis AD-HOC	Gráficos de barras, de tarta, tablas, indicadores y gráficos de bloques u objetos personalizados	visualizaciones interactivas basadas en consultas, con cuadros o gráficos automático y de mejor ajuste
Soporte y comunidad	Herramienta pensada para diferentes usuarios por lo que es más fácil de usar e interpretar.	Herramienta menos intuitiva y requiere de una curva de aprendizaje bastante más larga.	La plataforma ha sido desarrollada para ser intuitiva y fácil de usar.	Su entrenamiento para usar está en la nube, tiene una curva de aprendizaje larga.
Precio y tipo de licencias.	Asequible.	Siete veces mas que Microsoft.	Más económico.	Asequible.

Estas plataformas de inteligencia de negocios son usadas a nivel mundial por diferentes sectores y empresas, como se muestra en la figura 4, dando un panorama por porcentajes del uso de estas plataformas, es importante para el análisis identificar qué sector aprovecha estos recursos: en primer lugar se identifica el sector financiero con un 38%, le sigue el sector de marketing por un 24 %, el tercero es la distribución, venta, compra, marketing y suministro de información de productos o servicios a través de Internet con un porcentaje del 15%, en el cuarto lugar se encuentra el sector que atañe para el desarrollo de este proyecto, el sector farmacéutico y de salud con un 8% [21], demostrando un potencial de implementación relevante.

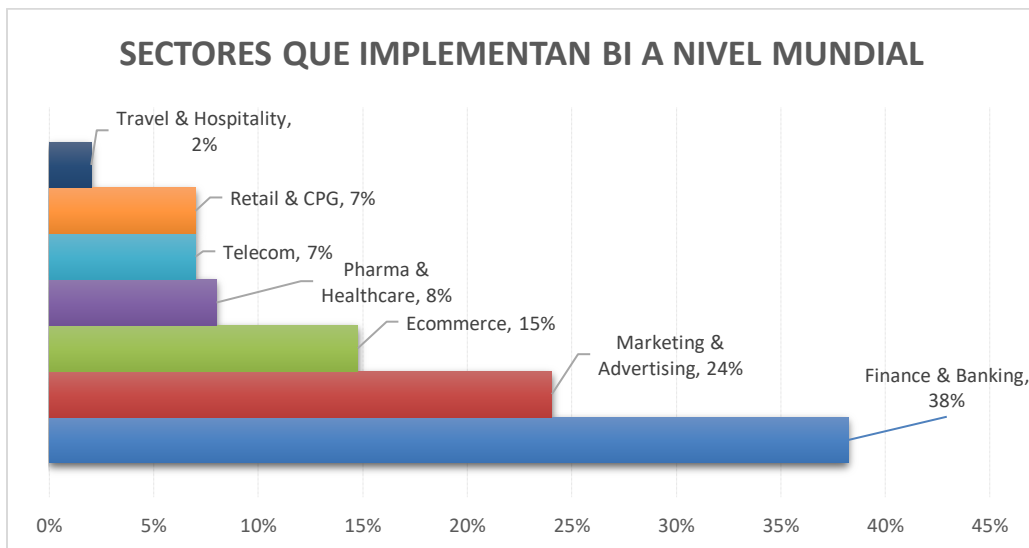


Fig. 4. Comportamiento de BI a nivel mundial. Fuente Propia.

Es probable que no haya sector más complejo de entender y de gestionar que el sector de salud, debido a la importancia social y a que se generan gran cantidad de datos en la atención, tanto de los pacientes, los profesionales de la salud, las administraciones, los financiadores, los proveedores de servicios, y demás, que genera la necesidad de usar las herramientas y plataformas como las de Inteligencia de Negocios.

Después de este análisis sobre las plataformas que manejan Inteligencia de negocios, se determina que la herramienta que se utilizara para el desarrollo de este proyecto es la de Microsoft Power BI, ya que se encuentra dentro del cuadrante líderes de Gartner, indicando que es la mejor opción para diseñar estrategias y dar conocimiento en las empresas para aportar a su toma de decisiones, adicionalmente, cumple con los criterios de conexión e integración de datos, visualización y tipo de análisis requerido con un precio asequible.

4.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN EN TECNOLOGÍA BIOMÉDICA.

Hoy en día la tecnología biomédica o tecnología en Salud (TS) es entendida como “los equipos, dispositivos médicos y quirúrgicos usados en la atención médica; medicamentos; sistemas organizacionales y de soporte al interior de los cuales se provee dicha atención; procedimientos médico-quirúrgicos y sistemas de información”. La definición actual abarca la atención de todas las personas, estén o no enfermas.

Desde esta perspectiva, las habilidades personales, así como el nivel de conocimiento para hacer uso apropiado de las tecnologías son factores determinantes de la calidad del resultado final del servicio [22].

La Organización panamericana de la Salud, considera la premisa de que “sólo el uso apropiado de la TS permitirá la mejora de los servicios de salud”. De este modo, promueve el desarrollo y la aplicación segura y efectiva de la TS a través del desarrollo de la ingeniería clínica desde una perspectiva global que comprende la investigación, la educación práctica y las actividades relacionadas [23].

Ahora bien, si la planificación y la correcta gestión de la tecnología para la salud, establece líneas generales para el desarrollo del sector salud y constituye una de las importantes actividades en el marco de la gestión y administración en los establecimientos de salud, es fundamental conocerla y aplicarla.

La definición de Gestión de la Tecnología en Salud (GTS) es : “Un abordaje sistemático y cuantificable para asegurar que la relación costo/efectividad, eficiencia, seguridad y tecnología disponible sea lo apropiado para cubrir con calidad la demanda por el cuidado de los pacientes” [24].



Fig. 5. Ciclo de la gestión de tecnología en salud [24].

Sin embargo lo que permite conocer o determinar si la gestión realizada en las entidades, está cumpliendo con los objetivos señalados o está teniendo el éxito, para esto se crean o se establecen los indicadores de gestión en las instituciones, la utilización y el concepto de indicadores de gestión tiene su inicio dentro de la filosofía de calidad total, desarrollada y aplicada en países como Japón, Francia, Alemania y Estados Unidos [25].

La utilización de indicadores se basó como herramienta de control de los procesos operativos los cuales apoyaban la toma de decisiones. Por ello, un sistema de indicadores involucra tanto procesos operativos como administrativos y deben derivarse de objetivos macros como lo son la visión y misión de la institución [25].

Todas las actividades institucionales son medibles si se tiene claramente identificadas las variables y características que se van a cuantificar y monitorear, para tener un buen conjunto de indicadores de gestión no se necesitan muchos indicadores, sino, solo los más importantes y claves para el negocio, que generen valor a la operaciones y seguridad en la toma de decisiones, siendo aquellos que permiten monitorear y retroalimentar la gestión de los procesos frente a ciertos parámetros y metas establecidas, asegurando que las actividades van en dirección correcta y le están apuntando a la estrategia organizacional [26].

En el artículo denominado “los indicadores de gestión organizacional: una guía para su definición” el autor da a conocer los principales indicadores de gestión que debe tener una institución; a continuación, se lista cada uno de ellos, teniendo en cuenta su principal objetivo [27];

- ✓ **Indicadores de eficiencia:** Es utilizar los recursos racionalmente y de la mejor manera posible (materiales, maquinaria, mano de obra, tiempo, dinero) para obtener altos resultados con menos recursos.

- ✓ **Indicadores de eficacia:** Es el logro de los atributos del producto que satisface las necesidades, deseos y demandas de los clientes, en lo relativo a: calidad, cumplimiento, oportunidad, confiabilidad, costo, atención.
- ✓ **Indicadores de efectividad:** Evalúa el nivel de cumplimiento de los objetivos y/o programas. Si se cumple con eficiencia y eficacia, se puede decir que se cumple con ser efectivo. Se mide por el impacto que logra tanto interna como externamente (productividad, rentabilidad, mercado, capacidad de pago, logros en la satisfacción del cliente).
- ✓ **Indicadores de calidad:** Cuando evalúa el cumplimiento de las especificaciones definidas [27].
- ✓ **Indicadores de efecto e impacto:** Mide la cadena de repercusiones hacia otras unidades de análisis internas de la organización y/o aquellas coincidentes con el entorno. Se refiere al resultado final que determina el cambio en un comportamiento y mide el efecto de un programa o un servicio. Permite medir los efectos a mediano y largo plazo.
- ✓ **Indicadores de estructura:** Son todos los atributos materiales y organizacionales relativamente estables, así como los recursos humanos y financieros disponibles en los sitios en los que se proporciona atención.
- ✓ **Indicadores de proceso:** Se refieren a lo que los médicos y proveedores son capaces de hacer por los pacientes, la interrelación con las actividades de apoyo diagnosticadas, además de las actitudes, habilidades, destreza y técnica con que se llevan a cabo.
- ✓ **Los indicadores de resultado:** Referidos a la variación de los niveles de salud y a la satisfacción del paciente por la atención recibida, la cual le otorga una importancia mayor por la necesidad de satisfacer las expectativas del usuario mediante un servicio de mayor calidad [27].

En los últimos años las entidades a nivel mundial y nacional se han encargado de establecer diferentes legislaciones con el fin de mejorar la calidad de los servicios médico asistencias que se prestan en el país, esta normatividad influye directamente en la tecnología sanitaria y en la gestión metrológica que se presta a estos equipos [28].

A continuación, se entrega una breve descripción de la normatividad que se aplica en la actualidad referente al mantenimiento y los indicadores en el área de la salud.

En la Ley 100 de 1993 del Congreso de la República de Colombia, específicamente en el artículo 189, habla del mantenimiento hospitalario y se reglamenta que “ los hospitales públicos y los privados en los cuales el valor de los contratos suscritos con la Nación o las

Entidades Territoriales representen más de treinta por ciento (30%) de sus ingresos totales deberán destinar como mínimo el 5% del total de su presupuesto a las actividades de mantenimiento de la infraestructura y la dotación hospitalaria.”

El Decreto 1769 de 1994 del presidente de la República de Colombia “busca regular los componentes y criterios básicos para la asignación y utilización de los recursos financieros en los hospitales públicos y privados que tengan contratos suscritos con la Nación. Este Decreto define conceptos claves acerca de la infraestructura y la dotación hospitalaria, además especifica la utilización de los recursos y la generación de un plan de mantenimiento donde se lleve control de las actividades a desarrollar con su respectivo presupuesto.”

En el Decreto 4725 de 2005 del Ministerio de la Protección Social se “reglamenta el régimen de registros sanitarios, permiso de comercialización y vigilancia sanitaria de los dispositivos médicos para uso humano. En la Resolución 4816 de 2008 del Ministerio de la Protección Social se “reglamenta el Programa Nacional de Tecnovigilancia a fin de fortalecer la protección de la salud y la seguridad de los pacientes, operadores y todas aquellas personas que se vean implicadas directa o indirectamente en la utilización de dispositivos médicos.”

La Resolución 3100 del 2019 del Ministerio de Salud y Protección social, “por la cual se definen los procedimientos y condiciones de inscripción de los Prestadores de Servicios de Salud y de habilitación de servicios de salud” en este documento se establece la dotación para cada servicio y especifica la documentación y el seguimiento necesario para controlar las actividades de mantenimiento de estos equipos.

El Decreto 903 de 2014 del Ministerio de Salud y Protección social, reglamenta el Sistema Único de Acreditación, este sistema es el conjunto de procesos, procedimientos y herramientas de implementación voluntaria y periódica por parte de las instituciones o entidades que tengan vinculación con la prestación de servicios de salud, los cuales están destinados a comprobar el cumplimiento gradual de niveles de calidad superiores a los requisitos mínimos obligatorios, para la atención en salud.

Este sistema cuenta con cuatro ejes, estos se muestran en la figura 6, los ejes son *Seguridad del Paciente y Gestión Clínica*, *Humanización de atención*, *Enfoque y Gestión del Riesgo* y *Gestión de Tecnología*. Este último eje, tiene como enfoque, evaluar continuamente los siguientes parámetros, política para la adquisición, incorporación y reposición de tecnología, planeación y gestión de tecnología, evaluación de tecnología (costo-beneficio, utilidad y costo-efectividad), entrenamiento en el uso de la tecnología, mantenimiento y control metrológico, unificación e integración de tecnologías de soporte clínico y administrativo y prevención de quemaduras en equipos de alto riesgo.

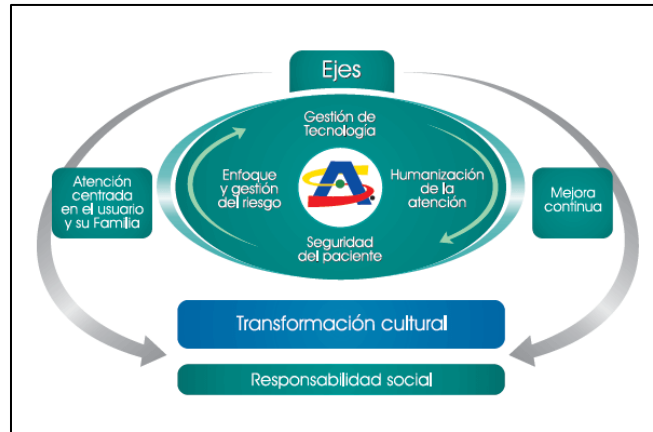


Fig. 6 Ejes del sistema único de acreditación [30].

El eje de gestión de tecnología tiene diez (10) estándares de calidad donde se relacionan los procesos institucionales, y en particular los de atención del paciente, para que cuenten con el respaldo de una gestión tecnológica, orientada a la eficiencia, la efectividad y la seguridad, en un marco de aplicación sensible a las necesidades de los usuarios y los colaboradores. Para tal efecto, la organización debe contar con procesos de, gestión de equipos biomédicos, gestión de medicamentos y dispositivos médicos, mejoramiento de la gestión de tecnovigilancia y farmacovigilancia, incorporación de nuevas tecnologías, gestión de tecnologías de la información y gestión de tecnologías de soporte [29]. Para la verificación de cumplimiento de estos estándares, se solicitan indicadores con resultados de la información recolectada, analizada, validada de los procesos de la organización y con base en esos indicadores se evidencia la toma de decisiones.

El Ministerio de Salud y Protección Social está trabajando en un proyecto de resolución acerca de lineamientos de gestión de equipos biomédicos de uso humano, esta norma aplica para todos los prestadores de servicios de salud, los bancos de componentes anatómicos, los centros de estética o cualquier institución que cuenten con equipos biomédicos [30].

El proyecto de resolución consta de veinte (20) artículos en los que se definen los principios para el desarrollo de la gestión de equipos biomédicos, el uso y empleabilidad de los equipos, su actualización, las responsabilidades de cada uno de los actores de sector en su uso. Crea la red de ingeniería clínica colombiana y establece los aspectos de inspección, vigilancia y control.

Además, trae anexo el Manual de Gestión de Mantenimiento de Equipos Biomédicos de Uso Humano, que contiene los lineamientos para la gestión del mantenimiento de equipos biomédicos de uso humano con el objetivo de establecer requisitos mínimos que lleven al país a mejorar continuamente los procesos de mantenimiento de estos equipos, estandarizar el glosario de términos usados en equipos biomédicos, como las herramientas para la gestión del riesgo, la seguridad del paciente y como generar los reportes de información para permitir evaluar los resultados y el impacto de la gestión los equipos

biomédicos; en esta parte se crean los indicadores institucionales que permitan precisar los parámetros de calidad esperada que brinden herramientas para la toma de decisiones así como generación de estrategias de mejoramiento continuo [30].

De acuerdo con la propuesta de resolución, se enuncian siete indicadores de gestión que establecen este proyecto, estos se describen a continuación en la tabla 4.

Tabla 4. Indicadores de gestión de mantenimiento de EB [31].

NOMBRE	DEFINICIÓN	SIGLAS	FORMULA
Mantenimiento programado (MP)	Porcentaje (%) Cumplimiento de actividades programadas de mantenimiento preventivo	AMPR= Actividades de mantenimiento preventivo realizadas AMPP= Actividades de mantenimiento preventivo programadas	$MP = (AMPR / AMPP) * 100$
Mantenimiento correctivo (MC)	Porcentaje (%) del cumplimiento de las ordenes de servicio o del mantenimiento correctivo	NOSR= Número de Órdenes de Servicio Resueltas (Hasta devolver el equipo al normal funcionamiento) en el periodo de tiempo TOSG= Total de Órdenes de Servicio Generadas en el periodo de tiempo.	$MC = (NOSR / TOSG) * 100$
Mantenimiento correctivo resolutivo (RMC)	Porcentaje (%) de ordenes de servicio de mantenimiento correctivo resueltas en 5 días hábiles o menos.	NOSR5D= Número de Ordenes de Servicio Resueltas en 5 días o menos. (Hasta devolver el equipo al normal funcionamiento) en el periodo de tiempo TOSG= Total de Ordenes de Servicio Generadas en el periodo de tiempo.	$RMC = (NOSR5D / TOSG) * 100$
Disponibilidad de los equipos biomédicos (DEB)	Porcentaje (%) de horas de parada de los equipos biomédicos que al fallar generan paro en el servicio por periodo de tiempo	THPEB = Total de horas de parada de los equipos biomédicos que al fallar generan paro en el servicio en el periodo de tiempo THDEB = Total de horas disponibles de los equipos biomédicos en el periodo de tiempo incluyendo las horas de parada.	$DEB = 100 - (THPEB / THDEB) * 100$
Cumplimiento del plan de capacitación (CPC)	Porcentaje (%) cumplimiento del plan de capacitación	APCR= Actividades del plan de capacitación realizadas APCP= Actividades del plan de capacitación programadas	$CPC = (APCR / APCP) * 100$
Gestión de errores de uso (GEU)	Porcentaje (%) del cumplimiento de las ordenes de servicio de mantenimiento correctivo relacionadas con errores de uso	NOSEU= Numero de Órdenes de Servicio resueltas (hasta devolver el equipo al normal funcionamiento) relacionados con errores de uso en el periodo de tiempo TOSG= Total de Órdenes de Servicio Generadas en el periodo de tiempo	$GEU = (NOSEU / TOSG) * 100$
Eficacia financiera del programa (EFP)	Relación del costo anual del programa de mantenimiento con el costo del inventario de equipos biomédicos	CAPMEB = Costo anual del programa de mantenimiento de equipos biomédicos CIIEB = Costo inicial del inventario de equipos biomédicos	$EFP = (CAPMEB / CIIEB) * 100$

Un estudio realizado en el 2018 por el departamento de ingeniería y mantenimiento del Hospital San Vicente en Medellín, identifico once (11) indicadores de éxito para la gestión

de tecnología biomédica [31], estos indicadores lograron medir y optimizar sus procesos, generando un nuevo concepto en la gestión de la tecnología de la institución y mejoraron los procesos referentes a la calidad institucional.

Los resultados obtenidos en el estudio mostraron cuatro (4) pilares de indicadores administrativos dentro de una institución hospitalaria que se deben orientar para el monitoreo de las funciones relativas al cumplimiento de actividades y manejo de recursos (eficiencia), capacidad de servicio continuo (disponibilidad), optimización de tiempos en ejecución de tareas (tiempos) y tener un punto de cohorte económico estable (costos), en la siguiente tabla se describirán los indicadores por cada pilar [31].

a) Indicadores de eficiencia

Tabla 5. Indicadores de eficiencia [31].

NOMBRE	DEFINICIÓN	SIGLAS	FORMULA
Cumplimiento Plan de Mantenimiento Preventivo (CPMP)	Porcentaje (%) de cumplimiento de las actividades programadas de mantenimiento preventivo.	<i>AMP: Número de actividades de mantenimiento preventivo realizadas en fechas previstas</i> <i>TAMP: Total de actividades de mantenimiento preventivo programadas</i>	CPMP = (AMP / TAMP) * 100
Cumplimiento Plan de Mantenimiento Correctivo (CPMC)	Porcentaje (%) de cumplimiento de las actividades para la ejecución de las ordenes de servicio y/o del mantenimiento correctivo	<i>AMC: Número de actividades de mantenimiento correctivo realizadas en fechas previstas</i> <i>TAMC: Total de actividades de mantenimiento correctivo</i>	CPMC = (AMC/TAMC) * 100
Cumplimiento en Eventos (CV)	Porcentaje de los mantenimientos que efectúa el personal interno versus los que se estipulan debe efectuar	<i>MRO: Mantenimientos realizados por el operario</i> <i>MPO: Mantenimientos planificados que debe realizar el operario.</i>	CV = (MRO / MPO) * 100

b) Indicador de Disponibilidad

Tabla 6. Indicador de Disponibilidad [32].

NOMBRE	DEFINICIÓN	SIGLAS	FORMULA
Disponibilidad Equipo Biomédico (DEM)	Porcentaje (%) de disponibilidad del equipo biomédico en relación con el tiempo total de operación y tiempo en horas del mantenimiento del equipo.	<i>HROP = Tiempo total de operación (horas)</i> <i>HTMN = Tiempo total de mantenimientos (horas)</i>	DEM = $\frac{\sum HROP}{(\sum HROP + HTMN)} * 100\%$

c) Indicadores de Tiempo

Tabla 7. Indicadores de Tiempo [31].

NOMBRE	DEFINICIÓN	SIGLAS	FORMULA
Eficiencia de Tiempo de Fondo (ETF)	Indicar si la cantidad de personal es adecuada, y si el personal de mantenimiento está efectivamente dedicando la mayor parte de su tiempo a su actividad principal, en porcentaje.	<i>TP: Tiempo de ejecución de mantenimientos preventivos.</i> <i>TC: Tiempo de ejecución de mantenimientos correctivos</i> <i>FT: Tiempo total de disponibilidad del personal del área de mantenimiento.</i>	ETF = ((TP+ TC)/ FT)* 100%
Tiempo respuesta promedio (TRP)	Indica los tiempos de respuesta promedio del área de mantenimiento cuando solicitan ordenes de servicio.	<i>TR: Tiempo de respuesta del servicio de mantenimiento.</i> <i>NS: Número de solicitudes u ordenes de servicio.</i>	TRP = \sumTR / NS
Tiempo medio de reparación (TMR)	Indica los tiempos promedios de reparación por parte del personal perteneciente al departamento de ingeniería mantenimiento	<i>TTIC: Tiempo total de intervenciones correctivas</i> <i>TFD: Número total de fallas detectadas</i>	TMR = \sumTTIC / TFD

d) Indicadores de costo

Tabla 8. Indicadores de costo [31].

NOMBRE	DEFINICIÓN	SIGLAS	FORMULA
Costos del mantenimiento (CM)	Promedio del gasto total de los mantenimientos versus al costo de adquisición.	<i>GT: Gastos totales del departamento de mantenimiento</i> <i>CE: Costo de adquisición / equipamiento</i>	CM = (GT/ CE)* 100%
Mano de obra (MO)	Indica el costo del personal de mantenimiento de equipos versus el valor del total de los equipos biomédicos	<i>GTE: Gastos totales por empleado</i> <i>HTT: Horas trabajadas en intervalo de tiempo</i>	MO = (GTE/ HTT)
Costo Hora (CH)	Indica el costo de una hora de mantenimiento preventivo y correctivo del departamento de mantenimiento	<i>GT: Gastos totales del departamento de mantenimiento</i> <i>CR: Costo de los repuestos</i>	CH = (GT- CR)/(TP-TC)

Costo Cama (CC)	Indica el costo de la cama versus el presupuesto anual de mantenimiento	<i>APM: Asignación presupuestal anual de mantenimiento</i> <i>CD: Número de camas disponibles</i>	CC = (APM)/(CD*365)
------------------------	---	--	----------------------------

Uniendo los indicadores de gestión presentados en el proyecto de resolución del Ministerio de Salud y Protección Social, con los indicadores de gestión de la literatura encontrada, se tiene como resultado dieciocho indicadores, sin embargo, cuatro de ellos se repiten, quedando catorce indicadores, en la tabla 9 se presentan los indicadores escogidos y se clasifican en los cuatro pilares.

Tabla 9. Indicadores resultantes.

NOMBRE	PILARES
Costos del mantenimiento (CM)	COSTO
Mano de obra (MO)	COSTO
Costo Hora (CH)	COSTO
Costo Cama (CC)	COSTO
Disponibilidad de los equipos biomédicos (DEB)	DISPONIBILIDAD
Mantenimiento programado (MP)	EFICIENCIA
Mantenimiento correctivo (MC)	EFICIENCIA
Mantenimiento correctivo resolutorio (RMC)	EFICIENCIA
Cumplimiento del plan de capacitación (CPC)	EFICIENCIA
Gestión de errores de uso (GEU)	EFICIENCIA
Cumplimiento en Eventos (CV)	EFICIENCIA
Eficiencia de Tiempo de Fondo (ETF)	TIEMPO
Tiempo respuesta promedio (TRP)	TIEMPO
Tiempo medio de reparación (TMR)	TIEMPO

Sin embargo, de estos catorce indicadores, algunos no son aplicables a todas las instituciones o empresas que manejan o gestionan tecnología biomédica, por lo que fue necesario implementar un proceso de clasificación y selección, evaluando criterios que permitieran identificar cuales indicadores generaran mayor impacto en la gestión, esta actividad se realizó con el apoyo de profesionales del sector, basándose los siguientes criterios y ponderaciones;

- ✓ **Aplicabilidad:** el indicador logra ser asertivo y rápido en la toma de decisiones. Refleja la situación a analizar, es de fácil cálculo, entendimiento, interpretación y divulgación. Valor 25%.
- ✓ **Relevancia:** el indicador se encuentra en la mayoría de la literatura referente a la gestión de tecnología biomédica. Valor 20%

- ✓ **Convencional:** el indicador tiene utilidad más de una vez, se encuentra en la mayoría de las instituciones. Valor 15%.
- ✓ **Comprensible:** cualquier miembro de la institución debería tardar menos de un segundo en comprender y analizar el indicador. Valor 15%.
- ✓ **Confiabilidad:** el indicador dará el mismo resultado independiente de quién realice la medición. Valor 15%.
- ✓ **Independencia:** el indicador no está condicionado a factores externos de la institución la actividad conexas de terceros. Valor 10%.

En la figura 7 se muestran los resultados de esta calificación con los criterios descritos, determinando los indicadores que se implementaron en la herramienta, de modo que los indicadores que tengan un puntaje superior a 80% se incluirán en la fase de desarrollo,

MODELO DE CALIFICACIÓN DE INDICADORES									
Califique de 1 a 5 los siguientes aspectos, Tenga en cuenta que: (1) Muy Baja (2) Baja (3) Aceptable (4) Alta y (5) Muy Alta.									
NOMBRE			APLICABILIDAD	RELEVANTE	REPETIBLE	COMPRESIBLE	CONFIABILIDAD	INDEPENDENCIA	TOTAL PONDERACIÓN
1	C O S T O S	Costos del mantenimiento (CM)	5	5	5	5	4	4	95
2		Mano de obra (MO)	5	4	4	5	4	3	86
3		Costo Hora (CH)	4	4	2	4	3	3	69
4		Costo Cama (CC)	3	3	3	4	4	4	68
5	D I S P O N I B I L I D A D	Disponibilidad de los equipos biomédicos (DEB)	4	4	4	5	4	5	85
6		Mantenimiento programado (MP)	5	5	5	5	4	5	97
7		Mantenimiento correctivo (MC)	5	5	5	5	4	4	95
8		Mantenimiento correctivo resolutivo (RMC)	3	5	4	2	4	3	71
9		Cumplimiento del plan de capacitación (CPC)	5	4	4	4	4	4	85
10		Gestión de errores de uso (GEU)	4	5	2	4	4	4	78
11		Cumplimiento en Eventos (CV)	3	4	1	3	4	4	63
12		Eficiencia de Tiempo de Fondo (ETF)	4	3	3	4	4	4	73
13		Tiempo respuesta promedio (TRP)	5	4	4	5	4	4	88
14		Tiempo medio de reparación (TMR)	5	4	4	5	4	4	88

Fig. 7. Resultado de calificación de indicadores. Fuente propia.

Adicionalmente a la ponderación dada en el modelo de calificación, también se incluyeron características y observaciones blandas por parte de los profesionales; dando así mejor análisis en el momento de generar la selección para el desarrollo de la herramienta. En la tabla 10, se describen los indicadores escogidos con las observaciones realizadas:

Tabla 10. Indicadores de Gestión de Tecnología Biomédica escogidos.

NOMBRE	PILAR	PUNTAJE	OBSERVACIÓN
Costos del mantenimiento (CM)	COSTO	95	Se requiere este indicador para el análisis de incorporación de nueva tecnología, análisis de los costos de reparación o mantenimiento, obsolescencia y disponibilidad de repuestos para la tecnología que se pretende renovar.
Mano de obra (MO)	COSTO	86	La evaluación de eficiencia, costo-efectividad, seguridad, impacto ambiental y demás factores de evaluación de la tecnología.
Disponibilidad de los equipos biomédicos (DEB)	DISPONIBILIDAD	85	Este indicador analiza riesgos asociados a la disponibilidad y el uso de la tecnología. Se requiere este indicador para el análisis de disponibilidad de los servicios prestados en las entidades.
Mantenimiento programado (MP)	EFICIENCIA	97	Este indicador sirve para medir el cumplimiento de del estado de mantenimiento preventivos y soporte técnico para el funcionamiento de la tecnología en condiciones óptimas.
Mantenimiento correctivo (MC)	EFICIENCIA	95	Este indicador muestra el cumplimiento de soporte de mantenimientos correctivos y el tiempo que se garantiza el soporte (repuestos, software y actualizaciones, entre otros)
Cumplimiento del plan de capacitación (CPC)	EFICIENCIA	85	Se requiere este indicador para la realización de entrenamiento para el uso de la tecnología, que garantiza la comprensión del profesional que la usa de acuerdo con las especificaciones del proveedor, el reconocimiento del mal funcionamiento y los mecanismos para corregirlos o reportarlos.
Tiempo respuesta promedio (TRP)	TIEMPO	88	Estos indicadores evalúan los tiempos de parada de equipos por razones de mantenimiento o daño y se toman las medidas de contingencia necesarias.
Tiempo medio de reparación (TMR)	TIEMPO	88	

5. METODOLOGÍA

En esta parte del documento se especifica la manera en que se realizó este proyecto describiendo de manera ordenada y lógica los pasos utilizados para que de manera eficaz se cumplieran los objetivos señalados.

Posterior a realizar el planteamiento del problema, reconocer y definir las plataformas de inteligencia de negocios más utilizadas e identificar y seleccionar los indicadores de gestión de tecnología biomédica que se utilizaran en este proyecto, se continuo con la etapa de metodología, esta etapa se basó en tres fases, fase de creación y diseño en donde se realizó la interfaz de visualización de la herramienta, luego la fase de adquisición, donde se capturaron los datos que alimentarían la herramienta y por último la fase de implementación de la herramienta en la institución escogida, en este caso se implementó la herramienta en la Universidad del Rosario, la figura 8 muestra el diagrama de Gantt del proyecto indicando las actividades realizadas en todas las etapas y fases.

Etapa	Fase	Actividad	2019					2020				
			Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	Creación de encuesta.										
		Ejecución e interpretación de encuesta.										
MARCO TEÓRICO	INVESTIGACIÓN	Definición de Inteligencia de negocios.										
	IDENTIFICACIÓN	Identificación de indicadores de la gestión de tecnología biomédica.										
METODOLOGÍA	FASE DE DISEÑO	Diseño de la interfaz de visualización de la herramienta.										
	FASE DE ADQUISICIÓN	Captura y diligenciamiento de datos.										
	FASE DE IMPLEMENTACIÓN	Implementación de la herramienta y análisis de la información.										
		Trabajo escrito										

Fig. 8. Diagrama de Gantt del proyecto. Fuente propia.

A continuación, describiremos cada fase de la etapa de metodología con una mayor profundidad.

5.1 FASE DE CREACIÓN Y DISEÑO:

Al seleccionar los indicadores que se utilizaran en la herramienta los cuales fueron escogidos por la normatividad o legislación nacional, por la literatura encontrada y por la experiencia y calificación de profesionales del sector, se realizó una matriz de datos que recolecta toda la información necesaria para la herramienta. En la tabla 11, se describen los datos necesarios para cada indicador;

Tabla 11. Datos necesarios para la generación de los Indicadores [31].

NOMBRE	DEFINICIÓN	DATOS
Costos del mantenimiento (CM)	Promedio del gasto total de los mantenimientos versus al costo de adquisición.	GT: Gastos totales del departamento de mantenimiento
		CE: Costo de adquisición del equipamiento
Mano de obra (MO)	Indica el costo del personal de mantenimiento de equipos versus las horas trabajadas en un intervalo de tiempo	GTE: Gastos totales por empleado
		HTT: Horas trabajadas en intervalo de tiempo
Disponibilidad de los equipos biomédicos (DEB)	Porcentaje (%) de horas de parada de los equipos biomédicos que al fallar generan paro en el servicio por periodo de tiempo	THPEB = Total de horas de parada de los equipos biomédicos que al fallar generan paro en el servicio en el periodo de tiempo.
		THDEB = Total de horas disponibles de los equipos biomédicos en el periodo de tiempo incluyendo las horas de parada.
Mantenimiento programado (MP)	Porcentaje (%) Cumplimiento de actividades programadas de mantenimiento preventivo	AMPR= Actividades de mantenimiento preventivo realizadas
		AMPP= Actividades de mantenimiento preventivo programadas
Mantenimiento correctivo (MC)	Porcentaje (%) del cumplimiento de las ordenes de servicio o del mantenimiento correctivo	NOSR= Número de Órdenes de Servicio Resueltas (Hasta devolver el equipo al normal funcionamiento) en el periodo de tiempo
		TOSG= Total de Órdenes de Servicio Generadas en el periodo de tiempo.
Cumplimiento del plan de capacitación (CPC)	Porcentaje (%) cumplimiento del plan de capacitación	APCR= Actividades del plan de capacitación realizadas
		APCP= Actividades del plan de capacitación programadas
Tiempo respuesta promedio (TRP)	Indica los tiempos de respuesta promedio del área de mantenimiento cuando solicitan ordenes de servicio.	TR: Tiempo de respuesta del servicio de mantenimiento.
		NS: Número de solicitudes u ordenes de servicio.
Tiempo medio de reparación (TMR)	Indica los tiempos promedios de reparación por parte del personal perteneciente al departamento de ingeniería mantenimiento	TTIC: Tiempo total de intervenciones correctivas
		TFD: Número total de fallas detectadas

Al conocer los datos necesarios para la realización de los indicadores, se deben identificar que las instituciones que gestionan tecnología biomédica tengan acceso a esos datos o puedan adquirirlos dentro de sus procesos.

Como primera herramienta de recolección de información, se debe contar con el inventario de equipos biomédicos que tenga la institución, para garantizar la idoneidad de la información debe estar lo más completo posible, adicionalmente, el inventario debe tener los siguientes datos mínimos, según la Organización mundial de Salud, los determino en la

guía de “Introducción a la gestión de inventarios de equipo médico” [32], número de identificación de inventario, este número debe ser único en la institución, tipo de equipo, donde se informa sobre la naturaleza del equipo, el modelo, el número de serie, ubicación física del equipo dentro de la institución, datos del departamento propietario o el que designa el contacto para notificar retrasos en el servicio técnico y programar los mantenimientos preventivos, costo de compra y fecha de compra, datos de interés para el cálculo de los valores de inventario de activos fijos y para fines presupuestarios, también se usa para calcular los valores de depreciación o determinar la obsolescencia; y por último la evaluación o clasificación de riesgos, para determinar la prioridad asignada al equipo en lo que respecta a su reparación y pruebas [32].

Otra herramienta de recolección de información es la hoja de vida de cada equipo y su histórico de mantenimiento, en Colombia el Ministerio de Salud y Protección Social, establece en el anexo técnico de la resolución 3100 del 2019 que “*se debe realizar mantenimiento de los equipos biomédicos eléctricos o mecánicos, con sujeción a un programa de revisiones periódicas de carácter preventivo y calibración de equipos, cumpliendo los requisitos e indicaciones dadas por los fabricantes y con los controles de calidad, de uso corriente en los equipos que aplique. Lo anterior estará consignado en la hoja de vida del equipo, con los mantenimientos correctivos*” [33].

Por lo anterior, el Ministerio brinda una de hoja de vida de equipos biomédicos estándar que puede ser utilizado en las instituciones que manejan tecnología biomédica, donde se pueden obtener más datos para la implementación de los indicadores. Contiene información de la gestión de mantenimientos y calibraciones de los equipos, como la fecha de solicitud de los servicios, la fecha de ejecución del servicio, el tipo de intervención que tuvo el equipo, la cantidad de horas que se gastaron en la intervención realizada, el costo que tuvo la intervención, si fue realizada por personal interno de la institución o por un tercero, el nombre de la empresa y responsable de la ejecución o intervención [34].

Con las dos fuentes principales de información inventario y hoja de vida, se tendría la data suficiente para procesar siete indicadores. Para los indicadores relacionados con la gestión de capacitaciones sobre tecnología biomédicas referente al indicador de eficiencia en el cumplimiento del plan de capacitación, se propone como fuente principal el plan de capacitaciones de la Institución, fortaleciendo lo exigido en la buenas prácticas mencionadas en el sistema único de acreditación en su estándar de calidad veintidós (22) donde indica que todas las personas que tengan contacto directo con pacientes deben recibir capacitación y /o entrenamiento para minimizar los riesgos a los usuarios; esto incluye equipo de salud, personal en práctica formativa, docentes e investigadores, entre otros.

Adicionalmente, el estándar ciento treinta y cuatro (134) indica que debe haber entrenamiento para el uso de la tecnología, que garantiza la comprensión del profesional que la usa y el mantenimiento de las condiciones de seguridad, de acuerdo con las especificaciones del proveedor, el reconocimiento del mal funcionamiento y los mecanismos para reportarlos [29].

Estos programas de capacitaciones de equipos biomédicos, se realizan basados en el nivel de riesgo de cada equipo, valoración que puede hacer cada institución y que se alinee respondiendo a las necesidades, disminución del riesgo y gestión de las competencias del personal como los cuidados en el manejo y cuidado de la tecnología, la trazabilidad de estas actividades deben quedar registradas en donde se informe cuantas personas fueron capacitadas, quien fue el responsable de la capacitación, las capacitaciones deben estar calificadas o debe haber una medición de la percepción [35].

Al contar con las fuentes de información descritas, es posible la obtención de diversas combinaciones de indicadores que en su conjunto crearan una visión global de la gestión biomédica. Estas combinaciones de indicadores se pueden realizar bajo un Modelo de Entidad Relación (MEER), definiendo de forma general, los MEER permiten representar de manera simplificada los componentes que participa en un proceso y el modo en el que estos componentes se relacionan entre sí [36]. Sin embargo, para que las fuentes de información se integren dentro de un MEER, es necesario que los datos sean normalizados.

Por lo anterior, y para normalizar la información se diseña una base de datos denominada gestión tecnológica biomédica (ver anexo 2), compuesta de tres tablas independientes y sin datos repetidos. La figura 9 describe la información de cada tabla, la primera tabla es la fuente de información inventario, la segunda recoge datos de la hoja de vida de los equipos y se denominara gestión metrológica y por último la tabla que relaciona el programa de capacitaciones.

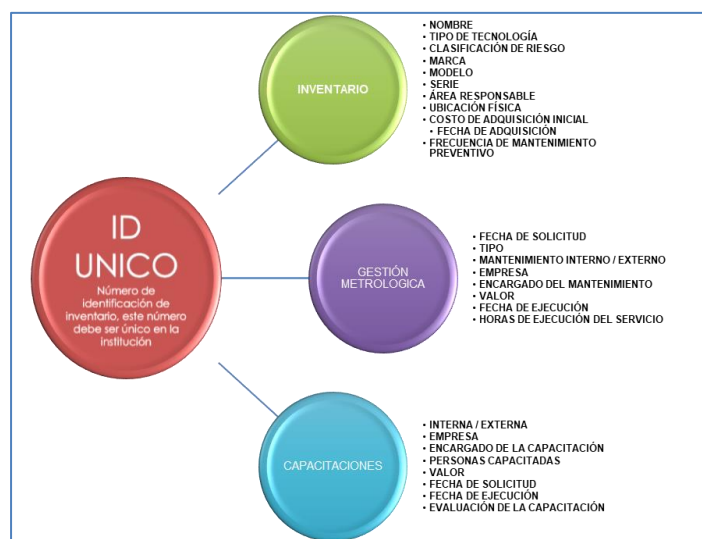


Fig. 9. Información de la base de datos gestión de tecnología biomédica. Fuente Propia.

Todas estas tablas ya normalizadas, comparten el dato ID ÚNICO, este dato es el que permite relacionar la información de cada tabla y las relaciones que existen entre las tablas, para poder generar el modelo de entidad – relación, como se muestra en la figura 10.



Fig. 10. Estructura de la Base de datos, Modelo de entidad – relación. Fuente propia.

La visualización de estos indicadores se denominarán tableros y son el resultado de efectuar cálculos de acuerdo con una secuencia de operaciones preestablecida donde se utilizaron como base las fórmulas de cada indicador. Estos cálculos pueden efectuarse con los datos introducidos en los formatos diseñados o bien con datos que están almacenados en la herramienta.

Los tableros deben presentar diferentes tipos de gráficos y diagramas para contribuir a facilitar la interpretación de la información, destacando metas, límites y tendencias con información relevante. El diseño de los tableros estuvo orientado a la implementación de gráficos y modelos analíticos, en donde se integran gráficas básicas de la información, como gráficos de barras, gráficos circulares y tablas, con gráficos o elementos visuales específicos como, gráfico de anillos, gráfico burbuja, diagrama de dispersión, nube de palabras, gráfico de áreas apiladas [37].

En la figura 11, se presentan algunos gráficos utilizados para el diseño de los tableros, ya que contribuyen a tomar mejores decisiones por su facilidad de interpretación, se muestra en la figura los histogramas de frecuencias, el gráfico de cascada y el gráfico rectangular o de jerarquía.

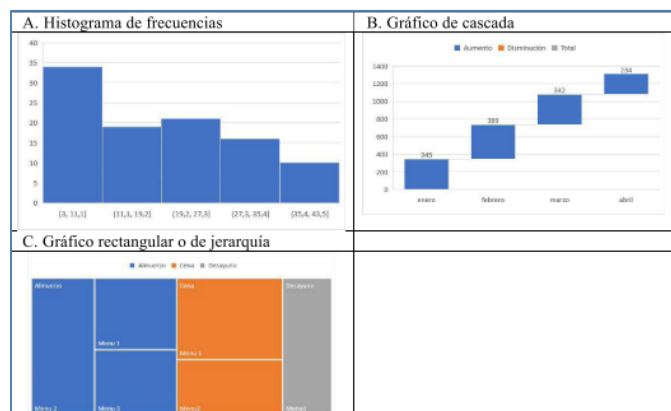


Fig. 11. Histograma de frecuencias, gráfico de cascada y rectangular [38].

Se diseñaron siete tableros, el primer tablero contiene **la información básica** de la institución, se muestra la información relacionada con costo total de adquisición, cantidad de equipos por áreas, porcentajes de equipos por clasificación de riesgo, porcentajes de obsolescencia dado en periodo de menor a cinco años, entre cinco y diez años, y mayor a diez años.

El segundo y tercer tablero hablan sobre el pilar de **costos**, el segundo es del **costo de mantenimiento**, en este tablero se encuentra la información sobre el presupuesto del mantenimiento en comparación con el valor total de adquisición de equipos, también se puede discriminar por clasificación del riesgo, por áreas de la institución y por tipo de servicios sean mantenimientos correctivos, preventivos, predictivos o calibraciones.

El tercer tablero es sobre el **costo de mano de obra** por hora, este se visualiza en promedio y por cada responsable de la ejecución del servicio, adicionalmente se calcula el promedio de horas de ejecución, y se puede discriminar por los tipos de servicios, por porcentajes de cumplimiento de los servicios prestados y por los que generaron mayor gasto.

El indicador de **eficiencia de mantenimiento** es el tablero cuarto, este muestra los servicios realizados o ejecutados relación a los programados, se puede desglosar por área, equipo, responsable del servicio, por clasificación de riesgo y por porcentaje de obsolescencia.

El último indicador del pilar de eficiencia es el tablero quinto, en este se muestra el indicador de **eficiencia del programa de capacitaciones**, en este tablero se muestra cuantas capacitaciones programadas se ejecutaron, a que áreas de la institución, cuantas personas fueron capacitadas y que calificación tuvo, también se puede revisar quienes fueron los responsables de la ejecución de las capacitaciones y a que clasificación de riesgo fueron dirigidas.

Los dos últimos tableros fueron para el **indicador de disponibilidad de equipos e indicador de tiempo de promedio de respuesta y tiempo promedio de ejecución**, en el tablero 6, se mostrara el indicador de disponibilidad, en este se visualiza el tiempo promedio de parada de los equipos en horas, como este indicador depende del tiempo total de disponibilidad de los equipos, y como las entidades o instituciones manejan varios horarios, este tablero permite escoger entre seis (6) horarios de disponibilidad diferente en el día, para realizar los cálculos del indicador, también se puede visualizar según áreas responsables, por tipo de servicio, por clasificación de riesgo y por encargado del mantenimiento. El tablero 7, muestra el tiempo promedio de respuesta en horas y el tiempo promedio de ejecución del servicio, también se puede visualizar por áreas de la institución, por responsable del mantenimiento, por tipo de servicio realizado y por clasificación del riesgo.

Adicionalmente, en esta fase también realizó la interfaz de visualización de la herramienta en una página WEB, el propósito de este desarrollo de visualización web es permitir la carga de fuentes de información externa y la consulta de esta información de acuerdo con los parámetros de accesos, esta interfaz la realizo una empresa de tecnología especializada en diseño web quien maneja la metodología de diseño centrado en el usuario (DCU) [38],

la cual permite realizar un desarrollo óptimo debido a que en todas las fases el usuario y sus necesidades fueron el centro del diseño.

El desarrollo de la interfaz se llevó a cabo en un ambiente web, con un servidor dedicado y dominio propio, tiene integración de fuentes externas de información, se configuraron parámetros de seguridad para el acceso a la plataforma y tener un filtro de conexión, adicionalmente, posee un menú principal el cual permite la navegación entre los diferentes indicadores de gestión desarrollados, posibilidades de descargada del manual de manejo de la herramienta y realizar preguntas o comentarios; el diseño es responsivo lo cual permite su acceso desde dispositivos móviles, portátiles y equipos de escritorio. La interfaz es intuitiva, amigable, institucional y permite un manejo adecuado por parte del usuario.

5.2 FASE DE ADQUISICIÓN:

El Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario se conoce como, La Universidad del Rosario, esta fue fundada el año 1653, por el arzobispo de Santa Fe, Fray Cristóbal de Torres y Motones, con licencia del rey Felipe IV para enseñar Teología, Jurisprudencia y Medicina, con formación básica en Filosofía.

Actualmente La Universidad del Rosario cuenta con cinco sedes, las principales son la sede del Claustro que es patrimonio histórico de Colombia, allí se encuentran las Facultades de Jurisprudencia, Escuela de Ciencias Humanas, Facultad de Economía y la Facultad de Estudios Internacionales, Políticos y Urbanos; en la sede del Norte se encuentra la Escuela de Administración y las zonas de bienestar universitario y en la sede Quinta de Mutis, que es un bien de interés cultural se encuentran la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud y la Facultad de Ciencias Naturales. En la figura 12 se describe el organigrama de la Universidad del Rosario.

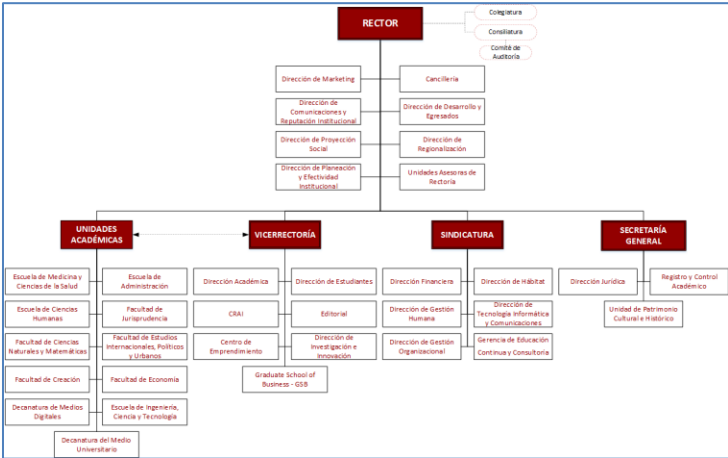


Fig. 12. Organigrama de la Universidad del Rosario [40].

En la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud (EMCS), se pueden encontrar los siguientes programas, Medicina, Fisioterapia, Psicología, Terapia Ocupacional, Fonoaudiología e Ingeniería Biomédica, y en la facultad de Ciencias Naturales (FCN), se tiene el programa de Biología. Estos programas tienen el componente académico teórico práctico, por lo que el desarrollo de sus actividades de docencia, investigación y extensión deben estar acompañados de laboratorios que cuenten con la capacidad en infraestructura, en insumos, en materiales y en equipos. El 80% de los equipos encontrados en estos laboratorios, son clasificados como equipos biomédicos.

Adicionalmente, la Universidad del Rosario cuenta con una Institución de prestación de servicios (IPS) de objeto social diferente, esta IPS está enfocada al bienestar de la comunidad Universitaria, y presta los siguientes servicios de salud; Consulta externa en Medicina general, Medicina del deporte, Enfermería, Nutrición, Psiquiatría y Psicología, estos servicios se encuentran habilitados ante la Secretaria de Salud cumple con todos los criterios de evaluación, como el criterio de dotación, por lo que en todas las sedes de la Universidad, en los consultorios médicos donde se ofrecen estos servicios, se encuentran equipos biomédicos.

La gestión que se le realiza a los equipos biomédicos de la Universidad del Rosario, la tiene dentro de sus funciones el cargo de Ingeniero Biomédico, este cargo pertenece a la Jefatura de Mantenimiento e Infraestructura, quienes son los responsables de asegurar el buen funcionamiento y en las mejores condiciones operacionales todas las sedes de la Universidad comprendiendo la planta física, los equipos robustos, los equipos especializados, realizándolo de una manera costo efectiva, esta jefatura hace parte de la Dirección de Hábitat, esta dirección es la encargada de toda la planeación y gestión del campus, diseño y construcción de obras, la gestión operativa y de logística, la gestión de servicios, la gestión de activos fijos, gestión de negocios y la sostenibilidad ambiental. Al ser una dirección de servicio es transversal a las actividades académicas de la Universidad por lo que pertenece a un área gerencial administrativa llamada Sindicatura.

Una de las responsabilidades del ingeniero biomédico como se comentó previamente es la Gestión de todos los equipos biomédicos de la Universidad, realizando las siguientes funciones dentro de su cargo;

- Coordinar y administrar el modelo de gestión metrológica de los equipos biomédicos y su adecuado registro en las hojas de vida.
- Programar, tramitar y hacer seguimiento a la ejecución de los mantenimientos preventivos, calibraciones y mantenimientos correctivos requeridos por los equipos.
- Control presupuestal los mantenimientos preventivos, correctivos, calibraciones, capacitaciones que requieran los equipos.
- Coordinar la recepción, instalación y capacitación de uso de los equipos biomédicos, con el fin de dar cumplimiento con las especificaciones técnicas de los equipos y garantizar su adecuado uso.

Aunque esta gestión se realiza de manera oportuna y se cuenta con la información o datos que lo soporten, no se tiene las herramientas que unifiquen e integren esta información, y poderla analizar de manera general, por esto se decidió que la adquisición de los datos para alimentar la base y la implementación de la herramienta de análisis de datos basados en las plataformas de inteligencia de negocios se realizara en la Universidad del Rosario.

Se tomaron los datos e información de la gestión de tecnología Biomédica del año 2019, de los 1515 equipos que se tienen en los laboratorios y en los consultorios médicos de la Universidad. En la tabla 12 se muestran los espacios que tiene equipos biomédicos, clasificados por área responsable y cantidad de equipos.

Tabla 12. Descripción de las áreas de la Universidad que tiene equipos biomédicos (EB)

AREA RESPONSABLE	UBICACIÓN FÍSICA	CANTIDAD
CONSULTORIOS MÉDICOS – IPS (76 EB)	CONSULTORIO CLAUSTRO	24
	CONSULTORIO NORTE	22
	CONSULTORIO QUINTA DE MUTIS	20
	GIMNASIO CLAUSTRO	8
	GIMNASIO QUINTA DE MUTIS	2
LAB DE DOCENCIA EMCS (610 - EB)	LAB ANATOMÍA	2
	LAB BIOQUÍMICA	117
	LAB FISIOLÓGIA	80
	LAB FISIOTERAPIA	86
	LAB INGENIERÍA BIOMÉDICA	116
	LAB TERAPIA OCUPACIONAL	14
	LAB. DE COMUNICACIÓN HUMANA	32
	LAB. MICROSCOPIA	77
	LAB. SIMULACIÓN CLÍNICA	86
LAB DE DOCENCIA FCNM (141 - EB)	LAB CIENCIAS NATURALES	2
	LAB CIENCIAS NATURALES 1	16
	LAB CIENCIAS NATURALES 2	46
	LAB CIENCIAS NATURALES 3	77
LAB DE INVESTIGACIÓN EMCS (492 - EB)	ESTERILIZACIÓN	4
	LAB CEMA	68
	LAB CLÍNICA DEL MOVIMIENTO	20
	LAB CREA	98
	LAB MICROS -IMT	78
	LAB NEUROCIENCIAS	37
	LAB. DE GENÉTICA	187
LAB DE INVESTIGACIÓN FCN (196 - EB)	LAB BIOLOGÍA CELULAR Y MOLECULAR	33
	LAB CIENCIAS AMBIENTALES	8
	LAB MICROBIOLOGÍA FCN	99
	LAB GENÉTICA EVOLUTIVA	56
TOTALES	29 espacios	1515

5.3 FASE DE PRUEBA Y ANÁLISIS:

Esta es la última fase de la metodología del proyecto, se enfocó en la implementación de la herramienta, en las pruebas de validación de la información y en ajustes en los diseños de algunas gráficas de visualización.

La implementación siguió los siguientes pasos;

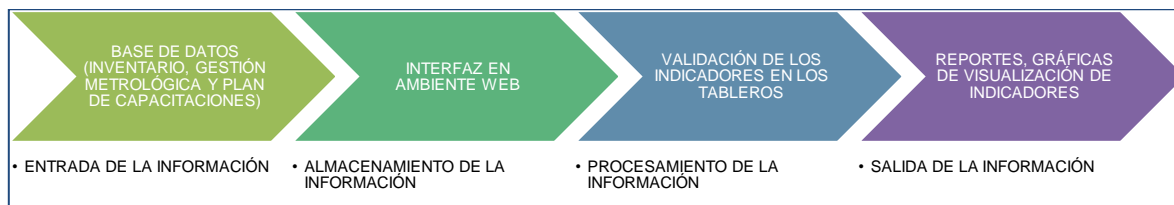


Fig. 13. Pasos de la Fase de pruebas y análisis. Fuente propia

En la entrada de información, se requiere que la base de datos, inventario, gestión metrológica y plan de capacitaciones de los equipos biomédicos con los que cuenta la Universidad del Rosario estén diligenciados en su totalidad con la información del mes de enero del 2019 hasta el mes de diciembre del 2019, ya que el periodo de análisis será de un año.

Para cargar esta información en la herramienta y que fuera procesada, se necesitó que la interfaz en ambiente WEB estuviera culminada, para que pudiera cargar los formatos con extensión XLS.

Una vez cargados los formatos, la herramienta visualizó los indicadores de gestión escogidos en los siete tableros diseñados.

Una vez se visualizaron los tableros en la interfaz web, se realizó la **validación de la información** y se obtuvo el resultado de cada indicador, toda esta información se puede descargar y presentar en informes de gestión para la toma de decisión.

6. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados del diseño de una herramienta de análisis de datos e información utilizando los modelos de inteligencia de negocios para apoyar la toma de decisiones en la gestión de la tecnología biomédica de la Universidad del Rosario.

Estos fueron basados en análisis descrito en el marco teórico donde se depuraron los indicadores que harán parte de la interfaz de la herramienta y teniendo en cuenta los criterios de selección desarrollados en la fase de Identificación de los indicadores de gestión en tecnología biomédica.

La interfaz fue diseñada teniendo en cuenta la estructura de información, estrategias visuales y criterios de acceso para permitir seguridad en la información como se muestra en la figura 14. El link de ingreso a la herramienta es <https://gestionactivos.bss.design/>, la información de la visualización de la interfaz WEB y de la herramienta la encontrará en el anexo 1 llamando manual de usuario.

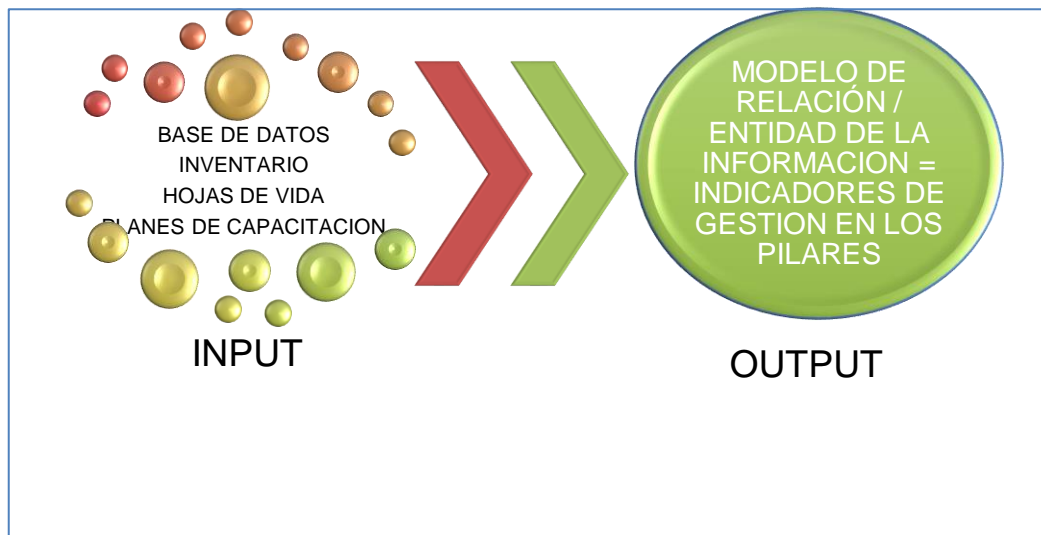


Fig. 14. Procesamiento de la información. Fuente propia.

Luego de proceder a cargar los formatos de inventario, gestión metrológica y plan de capacitaciones con los datos de los equipos biomédicos de la Universidad del Rosario del año 2019, y tener toda la información en la herramienta, se organiza y se presenta según cada pilar de indicadores, se inicia por los indicadores de costo, posterior los de eficiencia y disponibilidad y por último los indicadores de tiempo.

A continuación, se muestran los resultados en cada uno de los tableros, y los niveles de profundidad a los que llega la herramienta, sin embargo, la navegación en estas herramientas permite obtener varios análisis en un solo tablero, las gráficas de los tableros dependerán de los filtros que se realicen y de la perspectiva de la persona que maneja la herramienta y sus necesidades.

❖ Información Básica

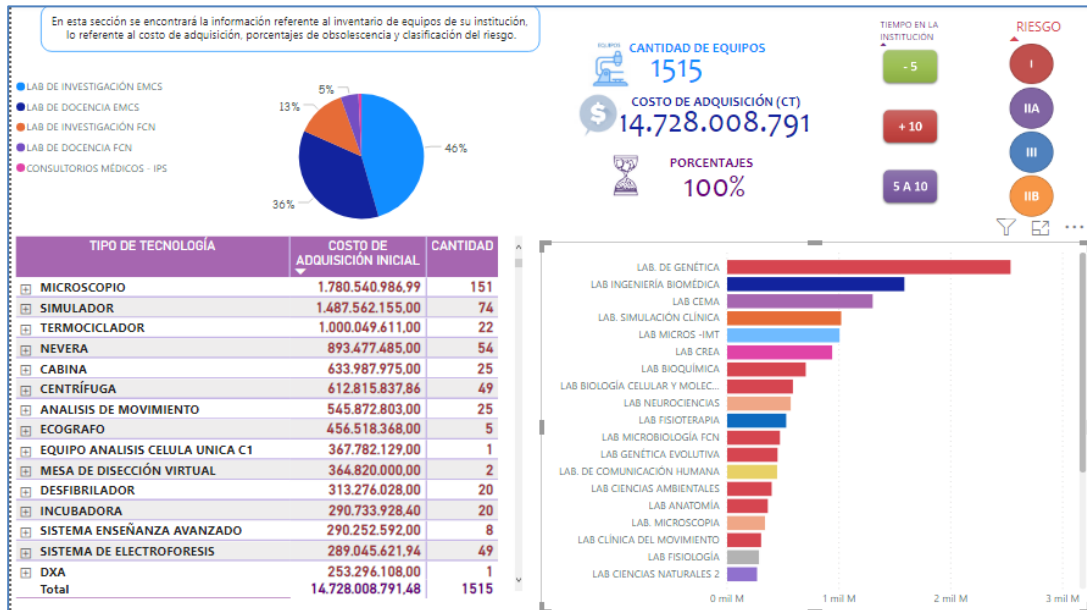


Fig. 15. Información Básica de equipos biomédicos Universidad del Rosario. Fuente propia

En el tablero de información básica se encuentra la información relevante del inventario de la Institución, como se muestra la figura 15, los primeros valores son la cantidad de equipos biomédicos que tiene la institución, el costo total de adquisición de los equipos, el porcentaje del costo de adquisición por cada área o servicio, también la inversión realizada por tipo de tecnología también se muestra la cantidad de equipos y de costo de adquisición dependiendo de la selección del nivel de riesgo.

Del tablero de información básica como resultado se obtiene que la Universidad del Rosario ha invertido un 46% del valor total de adquisición de equipos en los laboratorios de investigación de la Escuela de Medicina y ciencias de la Salud, que del costo total de adquisición el 10,03% ha sido para la adquisición de equipos tipo microscopio y el 4,83% en simuladores, adicionalmente que dos laboratorio que tiene mayor costo de adquisición son el laboratorio de genética y el laboratorio de ingeniería biomédica.

También como resultado en este tablero de información básica, se puede visualizar la obsolescencia de los equipos, con un rango de tiempo de permanencia en la institución por un periodo menor a cinco años, entre cinco y diez años y por un periodo mayor de diez años. En la Universidad del Rosario como se muestra en la figura 16, se cuenta con 337 equipos que cumplen con la condición de tener más de 10 años en la institución, esto equivale al 22% de total de equipos, de esos 337 equipos, el 4,49 % son microscopios y un 3.63% son pipetas, la mayoría de estos equipos obsoletos se encuentran en el laboratorio de microbiología de la Facultad de Ciencias Naturales.

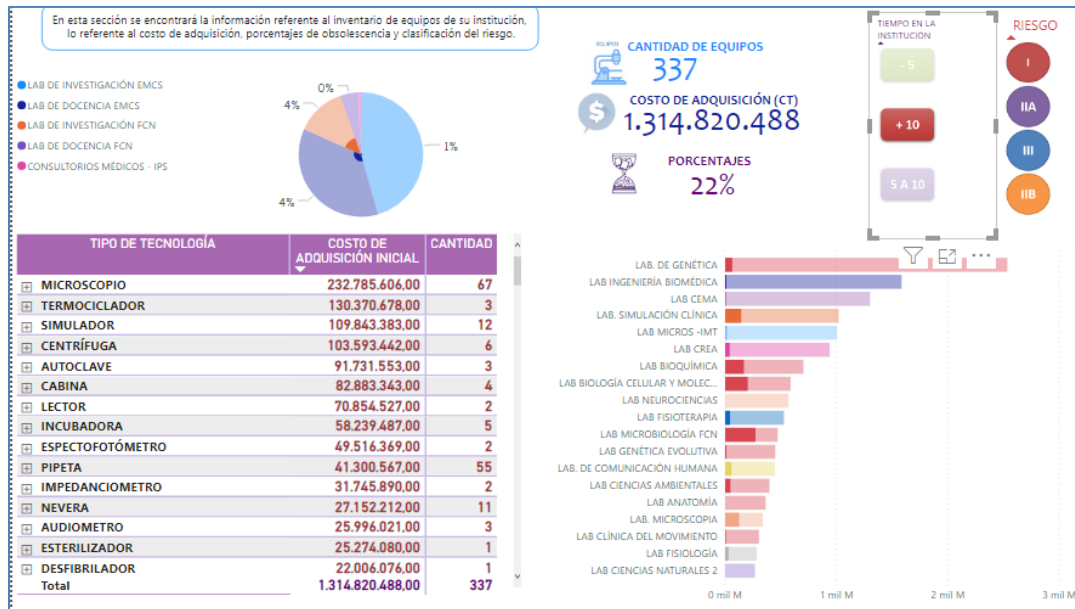


Fig. 16. Tablero de información básica seleccionando rango de más de diez años de tiempo en la institución. Fuente propia

Este tablero también permite la visualización por cada ubicación física de la institución, en este caso se puede mirar a fondo los laboratorios y consultorios de la Universidad, seleccionando los laboratorios de Biomédica como se muestra en la figura 17, se encuentra que este espacio tiene 116 equipos, por un valor de adquisición de \$1.585.205.902, que la mayor inversión en este espacio es de analizadores de electrobisturí y analizadores de flujo de gas, y que solo tiene un 8% de equipos obsoletos.

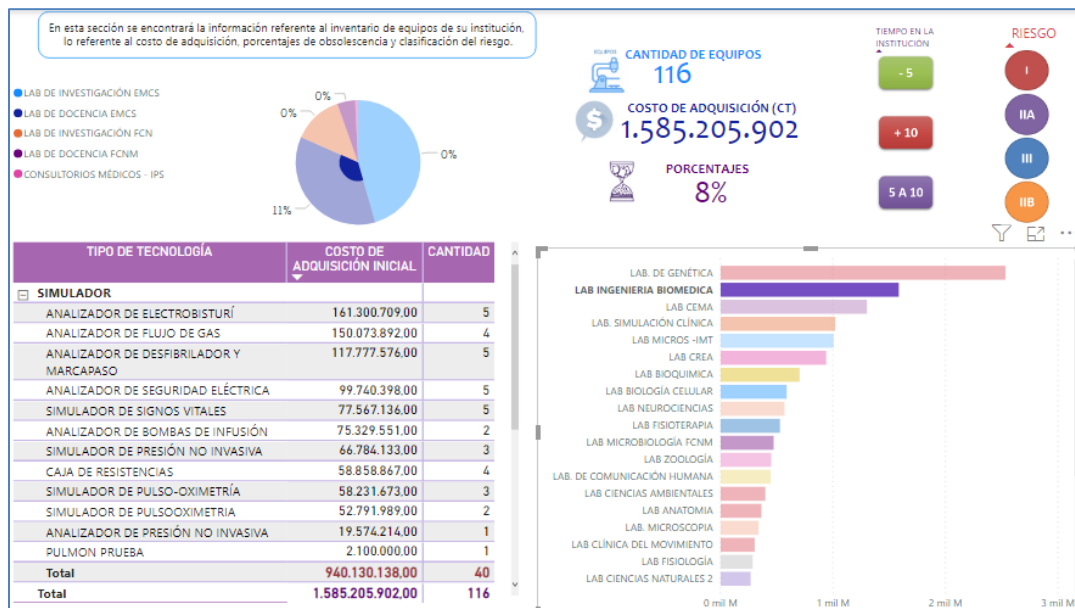


Fig. 17. Información básica de los laboratorios de Biomédica. Fuente propia

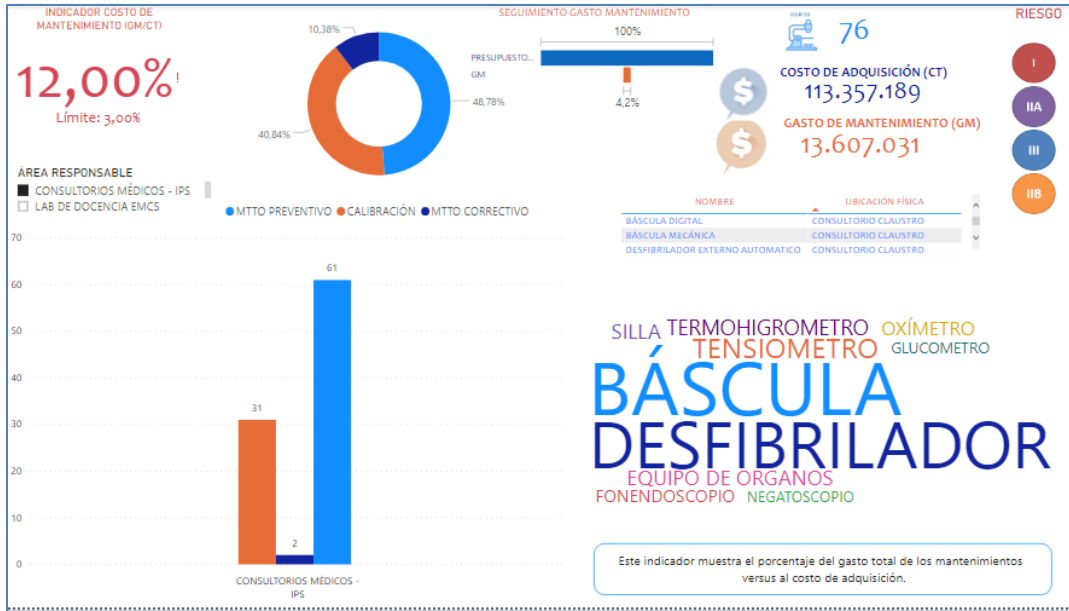


Fig. 19. Indicador de costo de mantenimiento seleccionando un área responsable. Fuente propia

Este tablero permite la visualización también por cada equipo, en este caso se puede observar a fondo los dos tipos de equipos que más gasto tuvieron en el área de consultorios médicos cuál fue su comportamiento y porqué se tiene un indicador de costo de mantenimiento tan alto, se observa en la figura 20 que en las básculas de los consultorios médicos, muestran un indicador de 60.73 % de un costo de adquisición de \$8.504.828 y un gasto de mantenimiento del año 2019 fue de \$5.164.600, se realizaron 10 servicios de mantenimiento preventivo, ningún mantenimiento correctivo y si se deja el apuntador del mouse sobre el gráfico muestra que el valor de los 10 servicios de calibración fueron de \$2.611.633.

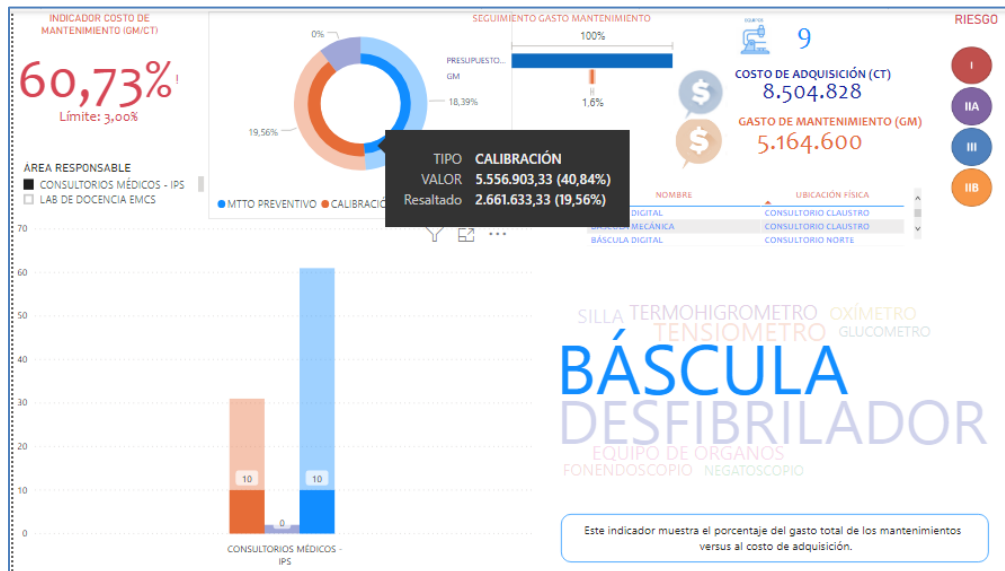


Fig. 20. Indicador de costo de mantenimiento de las Básculas del consultorio médico -IPS Fuente propia

❖ **Indicador de costo de mano de obra.**

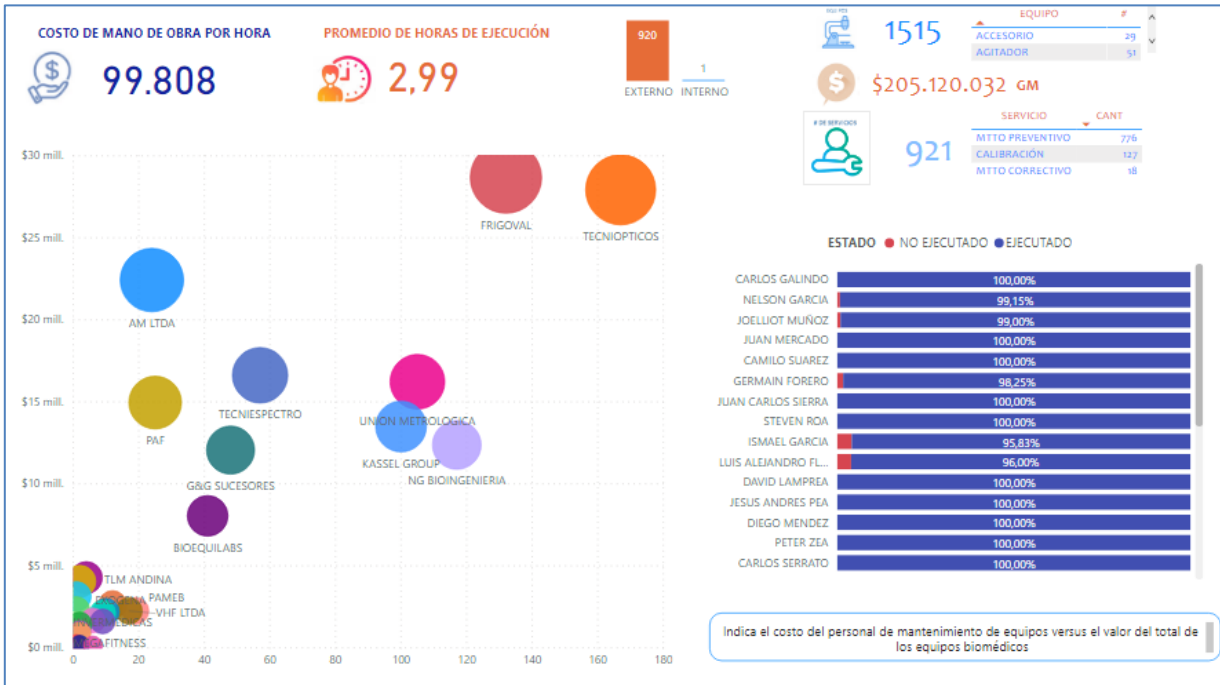


Fig. 21. Indicador de Costo de Mano de obra de la Universidad del Rosario. Fuente propia

Este tablero tiene dos valores importantes, el costo promedio de mano de obra por hora y el promedio de horas de ejecución de los servicios, adicionalmente se puede observar cuantos de esos servicios fue por personal externo a la institución y cuantos, por personal propio, sigue mostrando el gasto de mantenimiento durante el periodo determinado, aparece la cantidad de servicios realizados. Adicionalmente muestra en forma de gráfico de dispersión las empresas que han realizado dichos servicios y en modo de gráficas apiladas el nombre de las personas que por porcentaje ejecutaron o no el servicio.

De este indicador se obtiene como resultado que la Universidad del Rosario tiene un costo de mano de obra promedio de \$99.808 que se presentaron 920 servicios externos los cuales fueron ejecutados en un promedio de horas de 2.99 como se muestra en la figura 21. Las empresas que tiene mayor gasto de mantenimiento son FRIGOVAL y TECNÍÓPTICOS, y el encargado de mantenimiento con más servicios ejecutados fue el señor Carlos Galindo.

La figura 22 muestra la información del costo de mano de obra por servicio de mantenimiento correctivo prestado, se encuentra que el indicador de costo de mano de obra es de \$842.876, que solo se presentaron 18 mantenimientos correctivos de equipos biomédicos en el año 2019 por un valor de \$27.497.387 y que estos fueron ejecutados en su totalidad por la intervención 8 empresas, que la empresa que tuvo mayor gasto de mantenimiento correctivo fue AM LTDA y la menor fue la empresa TECNÍÓPTICOS.

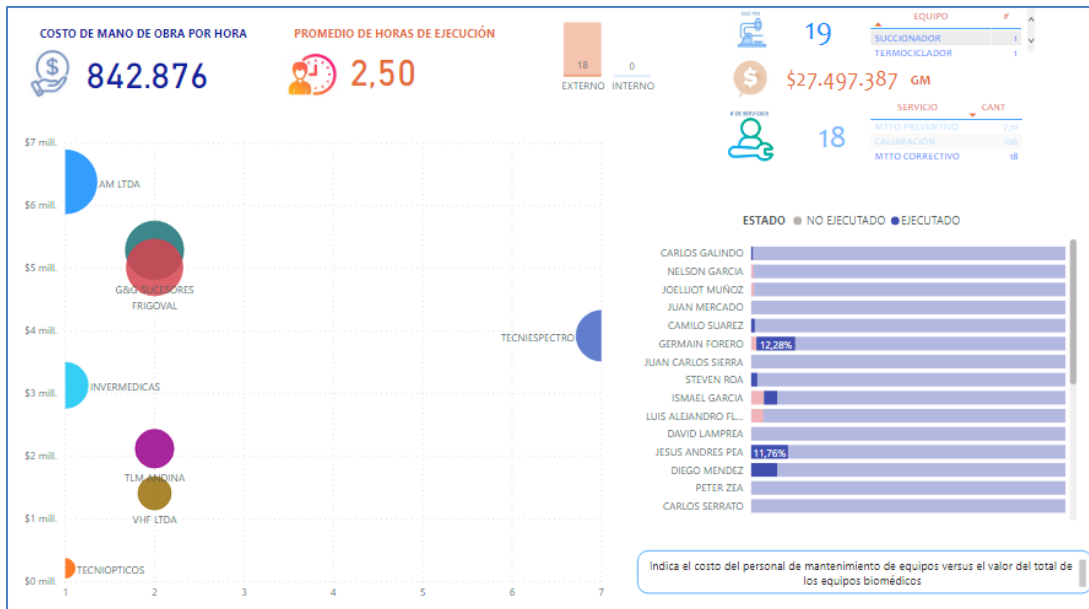


Fig. 22. Indicador de costo de mano de obra de mantenimientos correctivos de la Universidad del Rosario.
Fuente propia

Si se analiza con más profundidad la empresa AM LTDA, se encuentra que tiene un indicador de costo de mano de obra de mantenimiento correctivo de \$1.276.124, que realizó el mantenimiento correctivo de un termociclador en un promedio de 5 horas de ejecución y que el responsable de este mantenimiento fue Diego Mendez, como se observa en la figura 23.

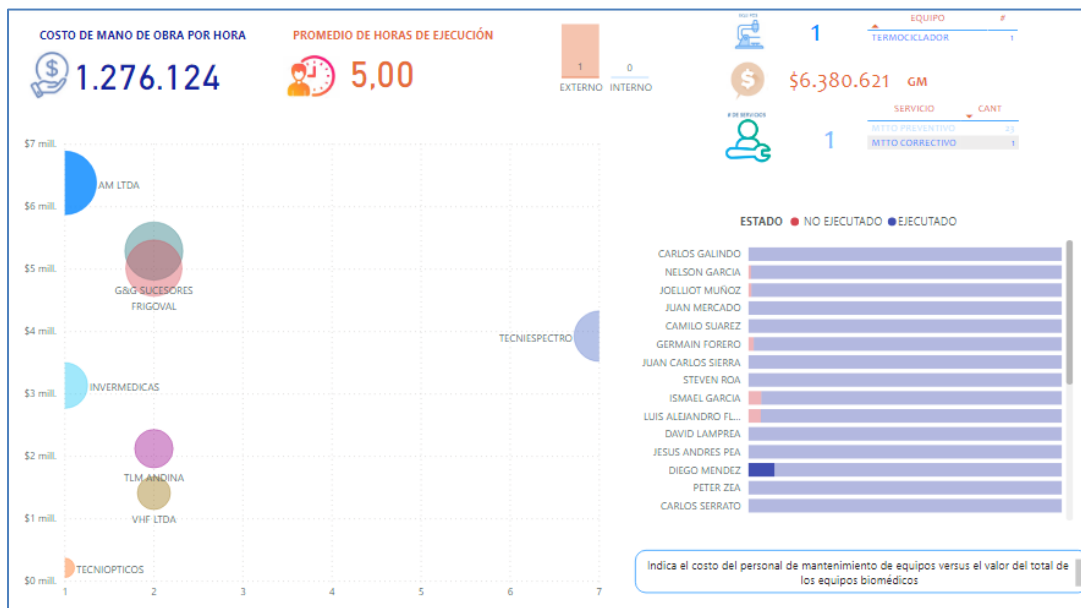


Fig. 23. Indicador de costo de mano de obra de Mantenimiento Correctivo de la empresa AM LTDA.
Fuente propia

❖ **Indicador De Eficiencia De Mantenimiento**

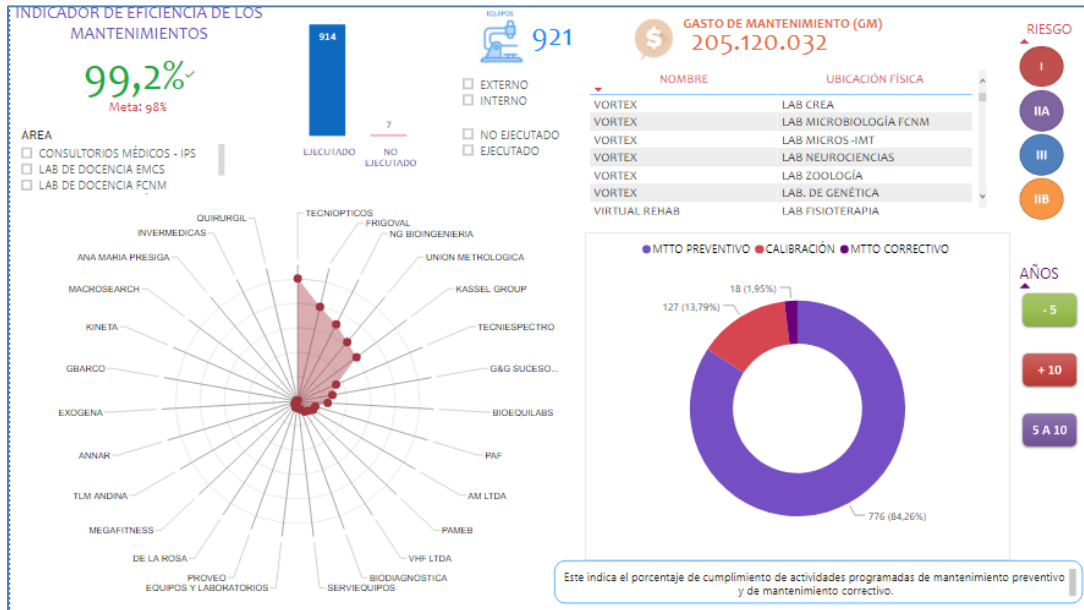


Fig. 24. Indicador de eficiencia de mantenimiento en la Universidad del Rosario. Fuente propia

En este tablero se encuentra como primer valor el indicador de eficiencia de mantenimiento, se propone como meta un 98%, el primer filtro es para mirar el indicador dependiendo del área de la institución, también si los servicios realizados se fueron por personal externo o personal interno, si se selecciona personal externo, se muestra en gráfico de radar las empresas que realizaron el servicio, si se selecciona personal interno, se muestra en la gráfica de radar el nombre o codificación del encargado de la ejecución del servicio. También se muestra los mantenimientos preventivos, correctivos y calibraciones ejecutadas y no ejecutadas. A que equipos se les realizó el servicio y su ubicación. Todo este tablero se puede filtrar por clasificación de riesgo del equipo y por años de instalación en la institución como se observa en la figura 24.

Como resultado de este indicador se obtiene que, en la Universidad del Rosario, se tiene un indicador de eficiencia de mantenimiento del 99.2%, este dato es de 921 servicios programados y 914 servicios ejecutados. De esos 921 servicios se tenían programados 776 servicios de mantenimiento preventivo, 127 calibraciones y se presentaron 18 mantenimientos correctivos. La empresa que más servicios realiza es TECNIOPTICOS y FRIGOVAL.

Si se sigue navegando en este indicador y se quiere saber cuáles fueron los servicios no ejecutados como se muestra en la figura 25, se selecciona en el filtro no ejecutados, y se muestra que fueron 6 servicios de mantenimiento preventivo y una calibración, adicionalmente en forma de tabla indica el nombre del equipo al que no se le ejecuto el servicio y su ubicación.

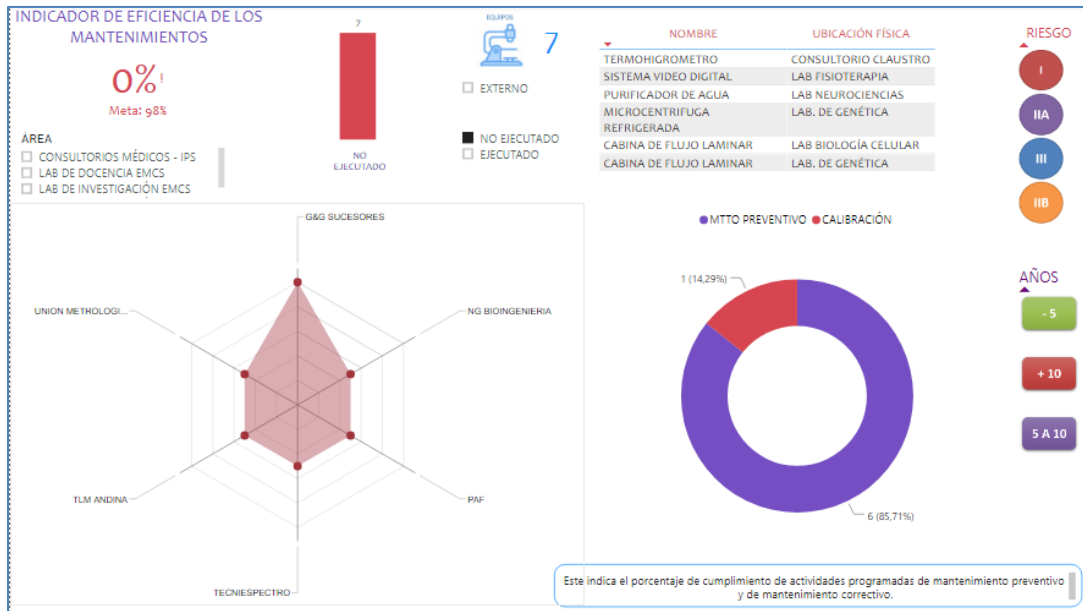


Fig. 25. Indicador de eficiencia de los mantenimientos enfocados en los servicios No Ejecutados. Fuente propia

❖ Indicador de Eficiencia de Programa de Capacitaciones

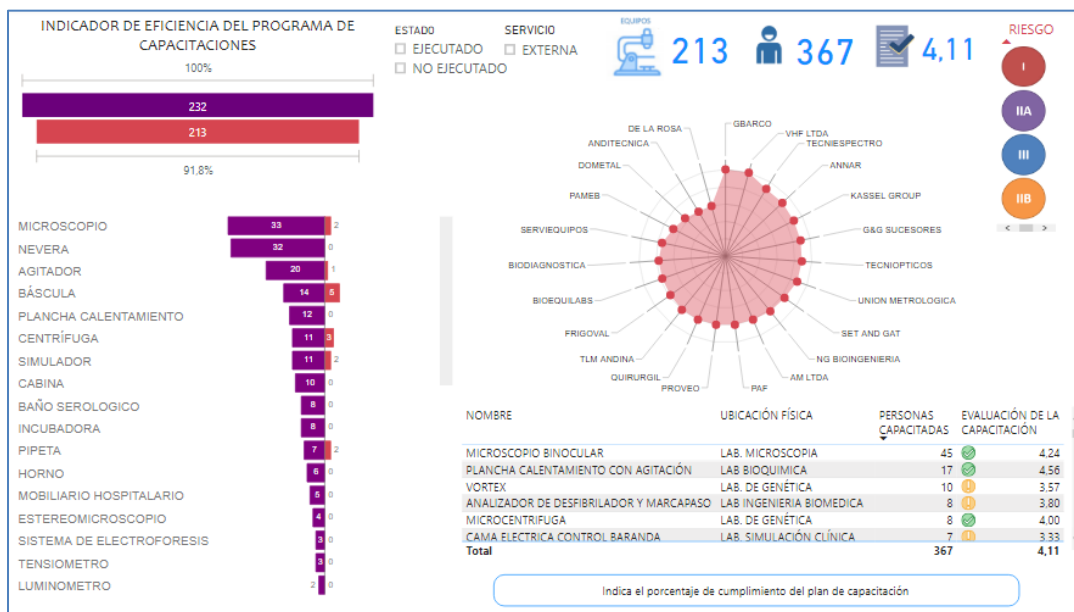


Fig. 26. Indicador de eficiencia del programa de capacitaciones de la Universidad del Rosario. Fuente propia

En la figura 26 se muestra el tablero del indicador de eficiencia del programa de capacitaciones, lo primero que se encuentra es el indicador en gráfica de barras donde se visualiza el número de capacitaciones programadas versus capacitaciones ejecutadas, se puede realizar el filtro de capacitaciones realizadas por personal externo o por personal interno. Si fue realizado por personal externo en la gráfica de radar se mostrarán las empresas que las realizaron mostrando cual tuvo mejor calificación. Adicionalmente, se

mostrará el número de personas capacitadas y la calificación promedio que tuvo la capacitación.

Como resultado de este indicador se obtiene que, en la Universidad del Rosario, se cumplió el programa de capacitaciones en un 91,8%, se habían programado para el 2019, 232 capacitaciones y se realizaron 213, todas las capacitaciones fueron por personal externo a la Universidad, también se visualiza en este tablero que los equipos que más tuvieron capacitaciones fueron los microscopios y que la empresa con mejor calificación fue GBARCO y la de calificación más baja fue DE LA ROSA.

La tecnología que más recibió capacitaciones fue microscopio, se hicieron 33 capacitaciones dirigidas a 59 personas, estas personas trabajan en 5 diferentes áreas de la Universidad, el promedio de evaluación de estas capacitaciones fue de 4.24 en una escala de 1 a 5, donde 5 es la mejor calificación, las dos empresas que realizaron las capacitaciones fueron PAF y TECNIÓPTICOS como se observa en la figura 27.

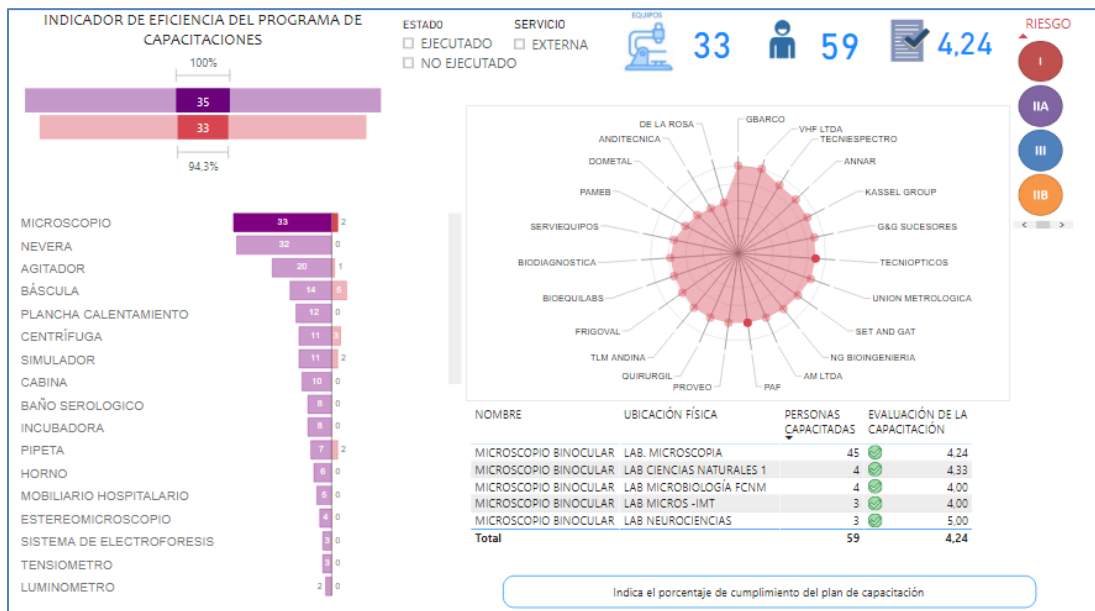


Fig. 27. Indicador de eficiencia del programa de capacitaciones enfocado en la tecnología Microscopios.

❖ **Indicador de disponibilidad de equipos**

En este tablero se encuentra el indicador de disponibilidad de equipos, para poder visualizar el indicador lo primero que se debe hacer es escoger el tiempo de disponibilidad que tienen los equipos en un día, en el tablero se dan seis opciones diferentes de horas, 6, 8, 10, 16, 20 y 24 como se observa en la figura 28. Dependiendo de este dato el indicador va cambiando. En este tablero también se visualiza el tiempo promedio de parada de los equipos dependiendo de los tipos de servicios realizados, los mantenimientos preventivos, correctivos y calibraciones se visualizan en un gráfico de escala. Se puede filtrar por área responsable, si los servicios prestado fueron ejecutados por personal interno o externo. En el gráfico de nube de palabras se visualiza la empresa que ejecutó el servicio y a que

equipos se les realizó. Como en la mayoría de los tableros se puede filtrar la información por clasificación de riesgo de la tecnología.

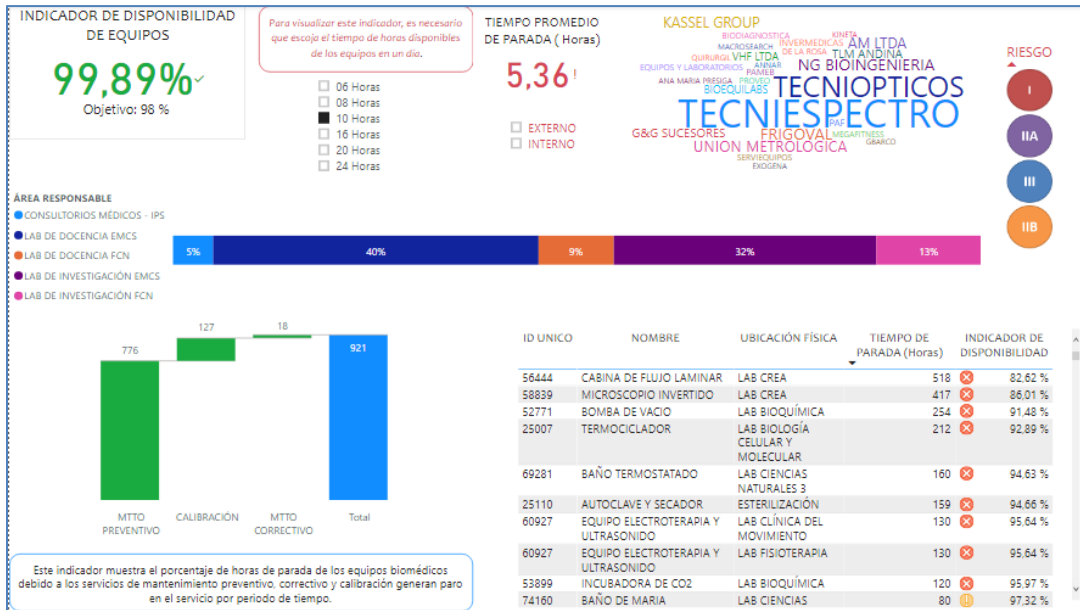


Fig. 28. Indicador de disponibilidad de equipos biomédicos de la Universidad del Rosario

Se selecciono un tiempo de 10 horas disponibles, ya que la mayoría de los laboratorios de la Universidad tiene actividades desde las 7:00 am hasta las 5:00pm, el indicador de disponibilidad de equipos que tienen es del 99,89 %, con un tiempo de parada de 5,36 horas promedio, la empresa con mayor tiempo de parada es la empresa TECNIESPECTRO, y el equipo que más tiempo de parada tuvo fue la cabina de flujo laminar del laboratorio del CREA y el indicador de disponibilidad de este equipo está por debajo de la meta con un 82.62%.

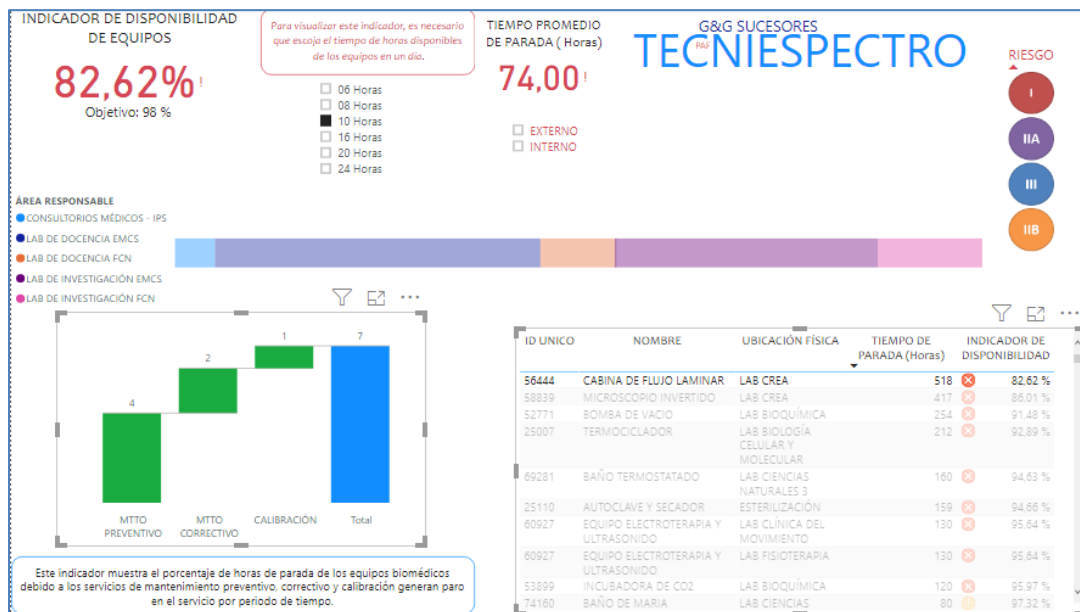


Fig. 29. Indicador de disponibilidad del equipo con mayor tiempo de parada.

En la figura 29 se muestra solo el equipo que tiene el tiempo mayor de parada, que es la cabina de flujo laminar el laboratorio del CREA, se encontrará que a este equipo se le realizaron en el 2019 siete servicios, 4 mantenimientos preventivos, 2 mantenimientos correctivos y una calibración, estos servicios los realizaron tres empresas, estas se visualizan de la que menos tiempo de parada tuvo a la que más, teniendo a PAF con 3 horas de parada, G&G SUCESORES con 77 horas de parada y por último TECNIESPECTRO con 438 horas de parada, por lo que tuvo un tiempo total de parada de 518 horas, y un promedio de tiempo de parada por los 7 servicios de 74 horas promedio.

❖ **Indicador de tiempo promedio de tiempo promedio de respuesta e indicador de tiempo promedio de ejecución**

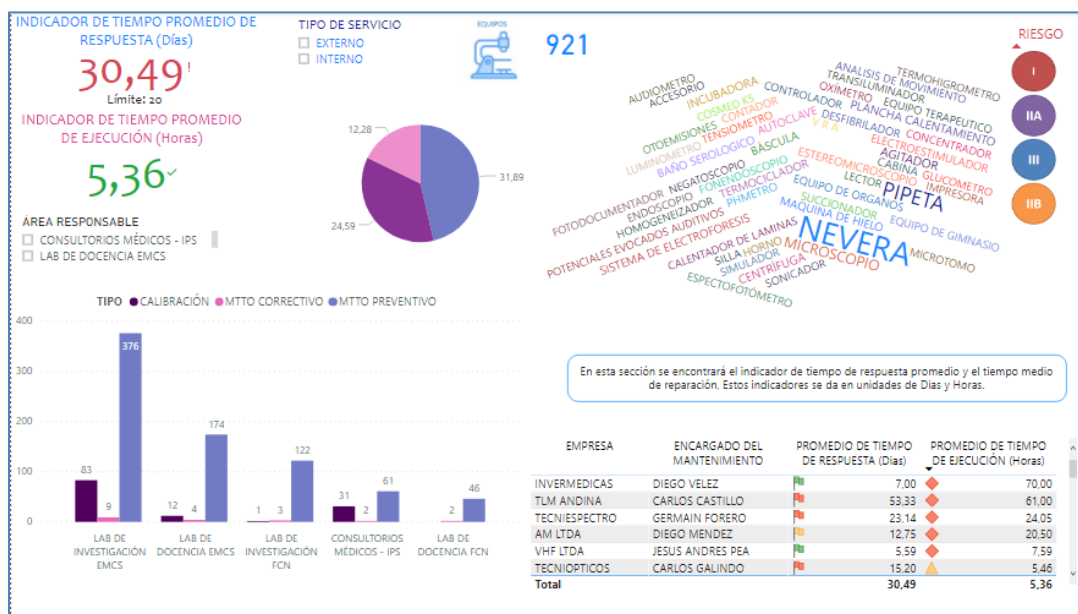


Fig. 30. Indicador de tiempo promedio de respuesta y promedio de ejecución

El indicador de tiempo promedio de respuesta está determinado en días, y el límite presentado es de 20 días, el indicador de tiempo promedio de ejecución está determinado en horas y el límite otorgado es de 3 horas, como se observar en la figura 30. El primer filtro del indicador es por tipo de servicio y si fue realizado por personal interno o externo, también visualiza en forma de gráfica de barras por cada área la cantidad de servicios realizados, el tipo de tecnología que más tiempo de ejecución en horas tiene se visualiza en una nube de palabras y por último en una tabla se presenta la empresa, el responsable del mantenimiento, el promedio de respuesta y el tiempo promedio de ejecución.

Como resultado de este indicador se obtiene que, en la Universidad del Rosario, se tiene un tiempo de promedio de respuesta de 30.49 días, y un tiempo de ejecución del servicio de 5,36 horas, que para mantenimientos correctivos se obtiene un tiempo de respuesta de 12.28 días, para calibraciones de 24.59 días y para mantenimientos preventivos de 31.89 días, que la empresa que tuvo mayor tiempo de ejecución del servicio fue INVERMEDICAS con un tiempo promedio de 70 horas.

Si se revisa el área de laboratorios de docencia de la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, el indicador de tiempo promedio de respuesta cambia a 18,28 días, donde los servicios de calibración tienen un tiempo promedio de respuesta de 25 días y es mayor que los mantenimientos preventivos que tienen un tiempo de 17.92 días, todos los servicios en esta área son externos, y los que mayor tiempo de ejecución tiene son los microscopios seguido de las neveras y de las pipetas. La empresa con mayor tiempo promedio de ejecución es la empresa TECNIESPECTRO, seguido de QUIRURGIL.

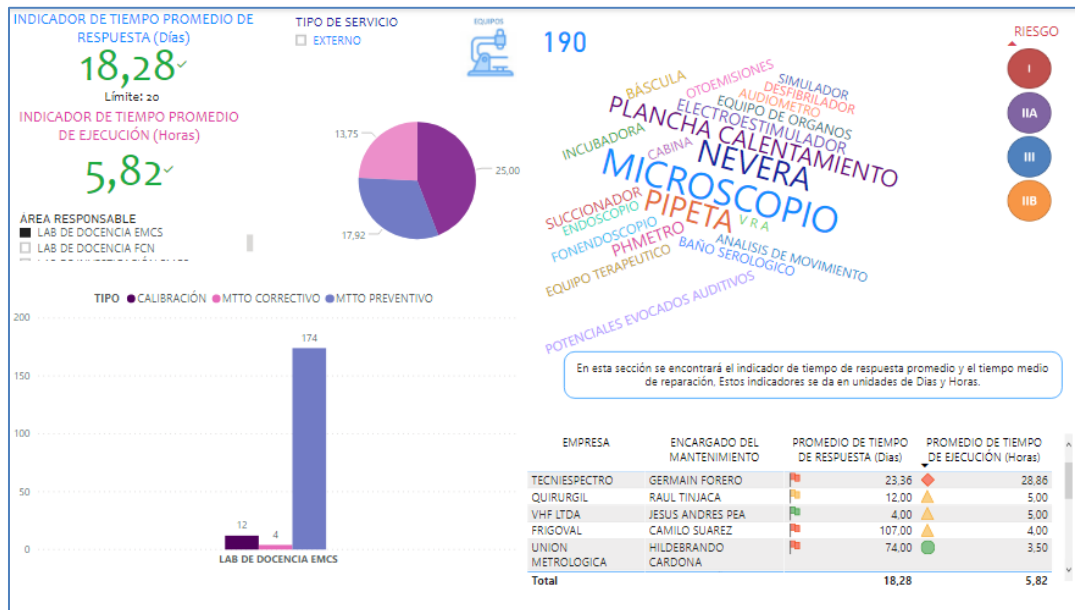


Fig. 31. Indicador de tiempo promedio de respuesta y de tiempo promedio de ejecución de los laboratorios de Docencia de la EMCS.

Los hallazgos más relevantes y que aportan a la toma de decisiones se describen a continuación;

Como hallazgo inicial, se identificó que la Universidad ha realizado su mayor inversión en la compra de Microscopios, se han comprado 151 microscopios con un valor total de adquisición de casi \$1.800.000.000, sin embargo, de estos 151 equipos, ya 67 tienen un tiempo de instalación mayor a 10 años, lo que sugiere que posiblemente la Universidad debe iniciar un proceso de renovación tecnológica.

Aunque el indicador de costo de mantenimiento total es de 1,39%, resultado que refleja un gasto de mantenimiento en relación con el costo de adquisición adecuado, existe un área de la Universidad, que tiene este indicador con resultado del 12,00%, aunque este valor nos puede dar alguna información oportuna, la herramienta de inteligencia de negocios permite que se indague más a profundidad, y encontrar el factor determinante del incremento del indicador, como hallazgo relevante se identifica que el área cuenta con 76 equipos, a los cuales por normatividad se les debe hacer, proceso de mantenimiento preventivo y calibraciones certificadas lo cuales son más costosas.

La Universidad del Rosario, maneja todos los servicios de mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y calibraciones, de los equipos biomédicos con proveedores externos, por lo que la medición del indicador de costo de mano de obra será en relación con estos proveedores, este dio como resultado un costo promedio de \$99.808, se identificó que el proveedor que tiene la mano de obra más costosa es de \$258.729, sin embargo, este proveedor no es el que mayor gasto de mantenimiento genera en la Universidad.

El indicador de eficiencia de mantenimiento refiere al cumplimiento de los servicios programados versus a los servicios ejecutados, el resultado de este indicador en la Universidad dio 99.2%, muy similar dio el indicador de eficiencia del programa de capacitaciones, con un valor de 91.8%, este mide las capacitaciones programadas versus las capacitaciones ejecutadas.

Un hallazgo relevante que se encuentra en el indicador de disponibilidad de equipos, aunque en general el indicador dio 99,89%, se identificó que un equipo estuvo con un tiempo de parada de 518 horas, lo que lleva a que el indicador de disponibilidad de ese equipo fue de 82,62%, mirando más allá, se encontró que este equipo tuvo en un año dos servicios de mantenimiento correctivo, que fueron ejecutadas por empresas diferentes, y que una de estas empresas se demoró en solucionar el correctivo 430 horas.

Por último; se tiene el indicador de tiempo promedio de respuesta y el tiempo promedio de ejecución, estos indicadores en la Universidad del rosario se encuentran muy altos, el indicador de tiempo promedio de respuesta es de 30,49 días, y el indicador promedio de ejecución de 5,36 horas. En este indicador se tiene una gran oportunidad de mejora, se pueden tomar decisiones estratégicas para mejorar estos indicadores

Como se comentó previamente, la Universidad del Rosario, maneja todos los servicios de los equipos biomédicos con proveedores externos, algunos tienen contratos anuales, otros realizan los servicios por orden de compra, si se analizan los resultados del indicador de costo de mantenimiento, y los dos últimos indicadores los de tiempo promedio de respuesta y tiempo promedio de ejecución, se puede determinar que para mejorar estos indicadores, se podrían realizar más contratos anuales con los proveedores, en donde se fijen costos razonables, se mejoren los niveles de acuerdo de servicio, exigiendo un tiempo de respuesta mayor y más acorde a las necesidades de la Universidad.

7. DISCUSIÓN

El concepto de inteligencia de negocios (BI) se basa en convertir datos en información útil y, por medio del análisis humano, proporcionar conocimiento [16], una investigación de la Universidad de Sevilla [40], define que los sistemas de inteligencia de negocio combinan la obtención y almacenamiento de datos con herramientas analíticas que presentan información compleja y competitiva a los decisores. Implícitamente, estos sistemas proporcionan información sobre la que se puede actuar, visualizada en el momento y lugar adecuado, así como en el formato correcto para asistir a los decisores. El objetivo es mejorar la oportunidad y calidad de las entradas del proceso de decisión [40].

La toma de decisiones gana eficiencia en la medida que se incorpore a él herramientas de análisis de información que faciliten la identificación de tendencias y permitan la realización de predicciones confiables basadas en los resultados obtenidos por medio de la utilización de dichas herramientas. El análisis de la información adquiere otro nivel y una nueva perspectiva si se utiliza como fuente de información la construcción de indicadores de gestión [41]. Por esto es clave que estos indicadores de gestión estén estructurados de modo que se base y se aliene con los objetivos estratégicos de un área de la institución u orientados con la misión y visión institucional, garantizando que generen valor.

Hay diferentes estudios científicos que se han desarrollado específicamente sobre los beneficios e impactos de las herramientas de BI en las organizaciones, como fue uno realizado en la Universidad de Melbourne[42] de un total de 347 unidades de negocio demuestra cómo los sistemas BI ayudan a las organizaciones a generar valor de negocio tanto al nivel de procesos de negocio como al nivel del rendimiento organizacional. A partir de un listado de indicadores que miden el valor de negocio de las herramientas de BI, el estudio identificó, la presencia de cuatro factores vinculados con beneficios asociados al uso de BI, 1) mejora en la eficiencia de los procesos internos; 2) mayor productividad de los empleados, 3) reducción en los costes para tomar decisiones eficaces y 4) mejora de la ventaja competitiva todos estos beneficios alcanzados en los procesos internos para un mejor rendimiento organizativo estratégico [42].

La empresa líder en investigación y asesoramiento de la industria de tecnología de la información Gartner, considera que los sistemas de inteligencia de negocio se han posicionado a nivel mundial, como la tecnología de información clave, para el aporte a la toma de decisiones [43], sin embargo la implementación de herramientas de BI en el sector salud es de un 8% [21] y no se encontró literatura ni investigaciones con relación a la implementación de estas herramientas en el sector de ingeniería clínica.

Por lo que el propósito de este proyecto, fue el diseño y aplicación de esta herramienta de inteligencia de negocios en el sector de ingeniería clínica, seleccionando ocho indicadores de gestión de tecnología biomédica a través de la literatura encontrada y de la calificación de profesionales del sector e identificando que datos impactan estos indicadores, permitió subsecuentemente generar una base de datos normalizada que pudiera ser cargada en una herramienta de análisis de información, que en este caso fue la inteligencia de negocios, dando como resultado, la visualización integrada de los indicadores con el fin de

identificar las oportunidades de mejora del proceso de gestión de tecnología biomédica y poder fundamentar y aportar información eficiente para la toma de decisiones.

Al implementar esta herramienta, se identificaron los siguientes aportes que este proyecto generó en el sector de ingeniería clínica, como primera medida el diseño de una base de datos normalizada, que se puede alimentar de datos que tiene todas las instituciones que gestionan tecnología biomédica, lo segundo y utilizando esa base de datos, la creación del modelo de entidad – relación como se mostró en la figura 9, que es la estructura básica que requiere la metodología de inteligencia de negocios para generar conocimiento a partir de la información, la realización de tableros visuales con gráficas estructuradas bajo un modelo analítico que permite una lectura rápida y acertada de la información es el tercer aporte, el cuarto aporte fue, el brindar a las instituciones o profesionales que gestionan equipos biomédicos el acceso en línea de una herramienta de análisis de los datos para el la toma de decisiones eficientes en su quehacer, y por último, se considera que a partir del uso e implementación de esta herramienta en el sector, se pueden hacer comparaciones directas de la gestión de tecnología biomédica entre instituciones, generando mayor valor de predicción sobre el uso tecnológico y sobre la inversión que se hace al mismo.

Es necesario aclarar, que la información que se visualiza en la herramienta depende de la calidad de los datos que se le carguen, aunque la base se encuentra normalizada, la herramienta no comprueba si los datos son correctos, lo que le exige al usuario unificar la estructura de la data, que cumpla con los criterios definidos y que la información se presente de acuerdo con la estructura requerida.

Los indicadores escogidos para la ejecución de este proyecto generaron un aporte de información relevante para la gestión de tecnología biomédica, según los resultados obtenidos en la implementación, sin embargo, es recomendable que en proyectos posteriores se integren a esta herramienta los otros indicadores de gestión de tecnología que se encontraron en la literatura y normatividad.

8. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

- Como trabajo futuro se recomienda realizar la implementación de la herramienta de análisis de datos basados en la metodología de las plataformas de inteligencia de negocios para la gestión de la tecnología biomédica en una institución prestadora de servicios de salud o en una entidad promotora de salud y medir el impacto o la optimización de los procesos apoyado en la toma de decisiones.
- Se debe considerar implementar esta herramienta de inteligencia de negocios a los otros indicadores de gestión de tecnología biomédica para tener mayor soporte y cobertura en la toma de decisiones, adicionalmente, integrar información de los proveedores que ayudan a la gestión, como el tipo de contrato, vigencia de los contratos, datos de información, entre otros.
- Esta herramienta deja abierta la puerta para que el sector de ingeniería clínica en Colombia, puedan tener la integración de un modelo, en donde se podría analizar la gestión de tecnología biomédica de las instituciones a nivel nacional.
- Se recomienda involucrar a que otras áreas administrativas de la Universidad, manejen este tipo de herramientas para que en conjunto se mejoren los procesos y se logren los objetivos de la institución o del área.

9. CONCLUSIONES

- ✓ La herramienta de análisis de información basada en la metodología de inteligencia de negocios desarrollada en este proyecto; apoyó a la toma de decisiones del proceso de gestión de tecnología biomédica en la Universidad del Rosario, los ocho indicadores de gestión seleccionados identificaron las oportunidades de mejora del proceso que maneja la Universidad, fundamentando y aportando información eficiente y de calidad.
- ✓ Todas las entidades que manejan tecnología biomédica, más específicamente, que gestionen tecnología biomédica, tienen la información o datos necesarios para diligenciar la base de datos diseñada en este proyecto, lo que permite que sean candidatas óptimas para participar de la implementación de esta herramienta de análisis basada en la metodología de inteligencia de negocios.
- ✓ La herramienta de análisis de información basada en la metodología de inteligencia de negocios se encuentra disponible en la WEB, a la cual se puede acceder desde dispositivos móviles, portátiles y equipos de escritorio, tiene un diseño centrado en el usuario, lo que permite que la herramienta sea intuitiva, y a bajo costo.
- ✓ La evaluación de funcionabilidad de la herramienta de análisis de información utilizando inteligencia de negocios en la gestión de tecnología biomédica en la Universidad del Rosario, la realizó el jefe de mantenimiento de la Universidad, identificando que la herramienta permite realizar una correcta y efectiva administración de los activos, el número de indicadores presente es óptimo para permitir una visión general de cada activo evitando caer en desaciertos fruto de la subjetividad, su apariencia es amigable, sus gráficas son impecables y ayudan a realizar una lectura bastante rápida, acertada y dinámica, finalmente las elecciones de colores contribuyen a mitigar el cansancio visual, permitiendo al usuario ajustar el nivel de detalle en los reportes de acuerdo con las necesidades.
- ✓ Si bien es cierto que para la construcción de la herramienta se realizó un trabajo de campo, es importante garantizar que existe confiabilidad, registro juicioso, normalización de la data y que el análisis posterior es y será siempre una interpretación del tomador.

REFERENCIAS

- [1] World Health Organization, "Fourth WHO Global Forum on Medical Devices," © *World Heal. Organ.*, vol. 1, no. December, p. 188, 2019.
- [2] L. Navarrete and C. Pérez, "Revistas Biomédicas: desarrollo y evolución," *Rev. Médica Clínica Las Condes*, vol. 30, no. 3, pp. 219–225, 2019.
- [3] H. P. Luhn, "A Business Intelligence System," *IBM J. Res. Dev.*, vol. 2, no. 4, pp. 314–319, 2010, doi: 10.1147/rd.24.0314.
- [4] J. A. M. Soto, "Business Intelligence: Conceptos Y Actualidad," p. 20, 2005.
- [5] C. P. Carolina, "Tecnología Biomédica," pp. 41–49, 2015.
- [6] O. C. Elkin, "Gestión Estratégica De La Tecnología En Salud," *INVIMA*, vol. 1, p. 40, 2015.
- [7] W. Puerto Gómez, "Evaluación de los Procesos de Gestión de la Tecnología en una Institución de Salud de alta complejidad, en el marco del Sistema Único de Acreditación en Salud.," *Pontif. Univ. Javeriana*, vol. 1, pp. 1–110, 2014, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [8] A. Chapman, "Análisis DOFA y análisis PEST," *Www.Eduardoleyton.Com*, p. 11, 2004.
- [9] K. Salazar Flórez, S. Botero Botero, and C. Jiménez Hernández, "Panorama y desafíos de la gestión de tecnología biomédica en Colombia," *XVI Congr. Latino-Iberoamericano Gestión Tecnol.*, vol. 10, no. 3, pp. 22–45, 2016.
- [10] F. Javier and R. Resina, "Aplicación de Business Intelligence en una pequeña empresa mediante el uso de Power Bi," 2018.
- [11] J. Gorman, "Programming's Upstart Language," *Sciences (New. York)*, vol. 1, p. 12, 1975.
- [12] C. Zambrano, D. Rojas, and P. Salcedo, "Revisión Sistemática a Estudios de Disponibilidad Léxica en la Base de Datos Scielo y sus Aportes a Educación," *Inf. tecnológica*, vol. 30, no. 4, pp. 189–198, 2019, doi: 10.4067/s0718-07642019000400189.
- [13] A. Sen and A. P. Sinha, "Data Warehousing Methodologies," *Commun. ACM*, vol. 48, no. 3, pp. 79–84, 2005, doi: 10.1145/1047671.1047673.
- [14] C. Tovar, "Investigación Sobre La Aplicación De Business Intelligence En La Gestión De Las Pymes De Argentina," *Palermo Bus. Rev.*, vol. 15, p. 20, 2017.
- [15] C. Hernández Rodríguez and M. Flores Cano, "La importancia del Benchmarking

como herramienta para incrementar la calidad en el servicio en las organizaciones,” *Rev. Cienc. Adm.*, vol. 2, pp. 31–42, 2017.

- [16] J. L. Cano, *Business Intelligence Competir con Información*. 2017.
- [17] G. PEÑA PEÑA, “Diseño de una arquitectura de inteligencia de negocios.,” 2015.
- [18] S. Fula Rodriguez, “Cognos Business Intelligence,” *Univ. Nac. Colomb.*, vol. 2, p. 124, 2012.
- [19] S. R. S. Santillán, “Implementación de una solución de inteligencia de negocios para la gestión de indicadores de soporte tecnológico de la empresa farmaenlace cia. Ltda,” 2018.
- [20] A. Ferrari and M. Russo, *Introducing Microsoft LINQ*, no. May. Microsoft Corporation, 2007.
- [21] H. Chen, R. H. L. Chiang, V. C. Storey, and J. M. Robinson, “Special Issue: Business Intelligence Research Business Intelligence and Analytics: From Big Data To Big Impact,” *MIS Q.*, vol. 36, no. 4, pp. 1165–1188, 2012.
- [22] V. O. Rubio, “Gestión Sanitaria Y Calidad,” *CRES, Cent. Investig. en Econ. y Salud Univ. Pompeu Fabra*, pp. 1–9, 2012.
- [23] L. Vilcahuamán and R. Rivas, “Ingeniería clínica y gestión de tecnologías en salud: avances y propuestas,” *Lima CENGETS-PUCP*, p. 50, 2006.
- [24] Estrella Lara O. and Luis, “La gestión tecnológica como parte integrante de la atención en salud (Profesionalización de la Ingeniería Clínica en Venezuela),” *Rev. la Fac. Ing. Univ. Cent. Venez.*, vol. Vol. 28, no. 4, pp. 101–115, 2013.
- [25] M. Dopico, B. Guzmán, and C. Guzmán, “El papel de los indicadores de gestión en la implantación y evaluación de la filosofía de calidad en la administración local: estudio de un caso,” *Tékhne - Rev. Estud. Politécnicos*, vol. V, no. 8, pp. 139–159, 2007.
- [26] S. MORA, “INDICADORES DE GESTIÓN Y MEDICIÓN DE DESEMPEÑO,” Universidad Nacional, 2012.
- [27] R. D. Rincon, “Los indicadores de gestión organizacional: una guía para su definición,” *Revista Universidad EAFIT*, vol. 34, no. 111. pp. 43–59, 2012.
- [28] C. Kerguelen, *Calidad en Salud en Colombia*, vol. 11, no. 23. 2008.
- [29] M. I. Riachi Gonzáles, *Manual de Acreditación en Salud Ambulatorio y Hospitalario de Colombia*, vol. 3.1. Ministerio de Salud y protección Social, 2014.
- [30] M. de S. y protección Social, “Proyecto de resolucion lineamientos de gestión de equipos biomédicos de uso humano,” 2016.

- [31] M. E. Andrade and J. E. Camacho Cogollo, "Estructura de departamento de ingeniería y mantenimiento, para instituciones hospitalarias de III nivel en Colombia," *Rev. Ing. Biomédica*, vol. 12, no. 24, pp. 23–34, 2018, doi: 10.24050/19099762.n24.2018.1090.
- [32] O. Organización Mundial de la Salud, "Introducción a la gestión de inventarios de equipo médico," *Cat. por la Bibl. la OMS*, 2012.
- [33] Ministerio de Salud y Protección Social, *Resolución No 3100 de 2019*. Colombia, 2019, p. 230.
- [34] N. Ortiz Guevara, "Evaluación y Gestión de Equipo Biomédico," Colombia, 2013.
- [35] G. A. Franco López, D. Jaramillo, and J. G. Barreneche, "Modelo de capacitación de tecnología biomédica para clínicas y hospitales de tercer nivel, enfocado en personal asistencial," *Rev. Ing. Biomédica*, vol. 9, pp. 139–144, 2015, doi: 10.24050/19099762.n18.2015.781.
- [36] R. Rocha C, *El Modelo Entidad-Relación*. 2017.
- [37] H. Casanova, "Graficación Estadística y Visualización de Datos.," *Ingeniería*, vol. 21, no. 3, pp. 54–75, 2017.
- [38] R. Galeano, "Diseño Hipermedia centrado en el usuario," *Rev. Educ. Comun. Tecnol.*, vol. 2, no. 4, pp. 1–15, 2008.
- [39] Uptc - Oliverio García Palencia, "El Mantenimiento General," *Univ. Pedag. Y Tecnol. Colomb.*, vol. I, p. 86, 2006.
- [40] G. A. Cepeda-carrion and J. Roldán, "Los sistemas de inteligencia de negocio como soporte a los procesos de toma de decisiones en las organizaciones," *ResearchGate*, vol. 132, pp. 239–260, 2012.
- [41] F. E. Castro Roza, "Indicadores de gestión: toma de decisiones basada en inteligencia de negocios," *Tecnol. Investig. y Acad.*, vol. 1, no. 2, pp. 86–99, 2013.
- [42] M. Z. Elbashir, P. A. Collier, and M. J. Davern, "Measuring the effects of business intelligence systems: The relationship between business process and organizational performance," *Int. J. Account. Inf. Syst.*, vol. 9, no. 3, pp. 135–153, 2008, doi: 10.1016/j.accinf.2008.03.001.
- [43] R. Sallam and K. Schlegel, "Using Gartner BI Platform MQ to Standardize Your BI Capabilities Welcome !," 2009.

ANEXOS.

1. Manual de usuario Business intelligence en gestión de tecnología biomédica.
2. Base de datos denominada “Gestión Tecnológica Biomédica”.