



**SOLUCIÓN BASADA EN INTELIGENCIA DE NEGOCIOS PARA EL APOYO EN LA
TOMA DE DECISIONES RELACIONADAS CON MEDICAMENTOS EN EL HOSPITAL
PABLO TOBÓN URIBE**

Mauricio Arango Peña
Katerine Cortes Gallego

Trabajo de grado presentado para optar al título de Profesional en Gerencia de
Sistemas de Información en Salud

Asesor
Carlos Alberto Martínez, Doctor (PhD) en Ingeniería

Universidad de Antioquia
Facultad Nacional de Salud Pública Héctor Abad Gómez
Gerencia de Sistemas de Información en Salud
Medellín, Antioquia, Colombia
2024

Cita	Arango Peña y Cortes Gallego (1)
Referencia	(1) Arango Peña M, Cortes Gallego K. Solución basada en inteligencia de negocios para el apoyo en la toma de decisiones relacionadas con medicamentos en el Hospital Pablo Tobón Uribe [Trabajo de grado profesional]. Medellín, Colombia. Universidad de Antioquia; 2024.
Estilo Vancouver/ICMJE (2018)	



Al departamento de servicios farmacéuticos, sección de farmacia clínica del Hospital Pablo Tobón Uribe



Biblioteca Salud Pública

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Agradecimientos

A mi madre, por creer en mi potencia, darme su apoyo incondicional en todas las etapas, las cocas del almuerzo y ser mi motivación día a día, gracias por todo tu amor.

A mi hermana, por sus consejos, por mostrarme el valor de la educación.

A mi colega Katerine, por su paciencia, su amistad y compañía en mi proceso de formación.

Mauricio Peña Arango

Al Dios Eterno sea toda la gloria.

A mi esposo, a mamá, hermanos y amigos quienes constantemente me apoyaron y alentaron para culminar este proceso.

A mi compañero Mauricio, muy especialmente gracias por compartir conmigo este proceso.

Katerine Cortes Gallego

Agradecemos sinceramente a nuestro asesor y profesor Carlos Martínez por su disposición a compartir su experiencia y conocimiento durante nuestro proceso de formación.

También expresamos nuestra gratitud a los demás profesores de la facultad Nacional de Salud Pública que contribuyeron a nuestra educación.

Tabla de contenido

Resumen	9
Introducción	10
1. Planteamiento del problema	12
1.1. Revisión de la literatura	13
1.1.1. Metodología empleada.....	14
1.1.2. Preguntas de investigación	14
1.1.3. Metodología de la revisión	15
1.1.4. Criterios de inclusión y exclusión	16
1.1.5. Criterios de calidad	17
1.1.6. Recolección de datos.....	18
1.1.7. Análisis de datos	19
1.1.8. Resultados obtenidos.....	19
1.1.9. Evaluación de la calidad	21
1.1.10. Discusión	22
1.1.11. Conclusiones de la revisión a la literatura	24
2. Objetivos.....	25
2.1. Objetivo general	25
2.2. Objetivos específicos	25
3. Marco Conceptual.....	26
3.1. Hospital Pablo Tobón Uribe	26
3.1.1. Misión.....	26
3.1.2. Visión	26
3.1.3. Organigrama	27

3.1.4.	Departamento de servicios farmacéuticos	27
3.1.5.	Problemática actual.....	30
3.2.	Inteligencia de Negocios	31
3.2.1.	¿Qué es una base de datos?	32
3.2.2.	¿Qué es ETL?.....	33
3.2.3.	¿Qué es una bodega de datos?.....	34
3.2.4.	¿Qué es un tablero de control?.....	35
3.3.	Introducción básica a <i>Python</i>	36
4.	Metodología	37
5.	Desarrollo	44
6.	Resultados.....	57
7.	Conclusiones	63
8.	Recomendaciones	65
	Referencias	66

Lista de tablas

Tabla 1. Publicaciones seleccionadas a partir de la SLR.....	20
Tabla 2. Modelo de datos de la solución <i>BI</i>	44

Lista de figuras

Figura 1. Organigrama del Hospital Pablo Tobón Uribe	27
Figura 2. Arquitectura del flujo de datos para la solución <i>BI</i>	39
Figura 3. Dashboard para el Hospital Pablo Tobón Uribe	52

Siglas, acrónimos y abreviaturas

API	Interfaz de programación de aplicaciones
ATC	Clasificación anatómica-terapéutica-química
BI	Inteligencia de negocios
CUM	Código único de medicamento
CSV	Archivo con valores separados por comas
Dashboard	O tablero de control, que mediante representaciones gráficas, refleja indicadores en la consecución de los objetivos de una estrategia
DF	DataFrame
DWH	Bodega de datos
ETL	Procesos de extracción, transformación y carga
HPTU	Hospital Pablo Tobón Uribe
INVIMA	Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos
IPS	Institución prestadora de servicios de salud
IUM	Identificador único de medicamento
POWER BI	Herramienta de visualización de inteligencia de negocios
SLR	Revisión sistemática de la literatura

Resumen

Este trabajo de grado propone una solución basada en inteligencia de negocios (*BI*) para apoyar la gestión de medicamentos en el cumplimiento de los requisitos INVIMA en el Hospital Pablo Tobón Uribe. Por medio de una revisión de la literatura se identificó la escasez de publicaciones sobre soluciones basadas en *BI* para la gestión de registros de medicamentos en entornos hospitalarios, según esos hallazgos se propuso realizar una solución para la integración, análisis y almacenamiento de datos de distintas fuentes con los siguientes productos de *BI*: modelo de datos, proceso de extracción – transformación - carga (*ETL*) con una lógica de programación en *Python*, almacenamiento de datos con *Google Drive* y un *dashboard* con *POWER BI*. La implementación de la solución permitió identificar errores y datos desactualizados de forma automática, eficaz y masiva, por lo que se recomienda su despliegue en la arquitectura tecnológica del hospital para apoyar la adecuada toma de decisiones para la gestión de medicamentos.

Palabras clave: Inteligencia de negocios, Registros de medicamentos, ETL, Python, Dashboard, INVIMA, Hospital Pablo Tobón Uribe

Introducción

En Colombia Los hospitales enfrentan el gran desafío de generar valor agregado a partir de los datos dentro de sus procesos, lo que puede deberse a razones tecnológicas y organizativas como lo es la falta de sistemas integrados y estandarizados para la recopilación y análisis de los datos, dificultando así la toma de decisiones basadas en evidencia (1). Con el fin de abordar el desafío anteriormente mencionado, se han implementado en los últimos años soluciones basadas en inteligencia de negocios (*BI*, por sus siglas en inglés) para atender la creciente necesidad del sector salud para tomar decisiones de forma eficaz y eficiente a partir de los datos (2).

Dresner (1989), define *BI* como el conjunto de conceptos y métodos para mejorar las decisiones de negocio mediante el uso de sistemas de soporte basados en hechos. Actualmente, se considera como la integración de procesos y tecnología que permite analizar datos y soportar la toma de decisiones en las organizaciones (4). Dentro de los pasos para el análisis de datos basado en *BI* con un enfoque en hospitales se encuentran: la recopilación e integración de datos internos y externos, transformación de los datos para el análisis, visualización y toma de decisiones basadas en evidencia (5).

Adicionalmente, las soluciones basadas en *BI* permiten a los hospitales acceder y analizar grandes volúmenes de datos de manera rápida y eficiente, lo que resulta en una mejora significativa en la operación, además de brindar la posibilidad de posicionarse en un entorno competitivo y en constante evolución, mientras brindan un servicio de calidad a sus pacientes (5).

El lenguaje de programación *Python*, con su flexibilidad, simplicidad y potencia, se ha convertido en uno de los más usados en las aplicaciones web, desarrollo de software, ciencia de datos y para apoyar desarrollo de soluciones basadas en *BI* (6). Su capacidad de adaptarse a una amplia variedad de tareas, su compatibilidad con diferentes sistemas operativos, y su variedad de bibliotecas y módulos para el análisis de cualquier tipo de bases de datos, posicionan a *Python* como una de las mejores herramientas para soportar la toma de decisiones ayudando a que las empresas transformen sus datos en conocimiento estratégico (7).

El Hospital Pablo Tobón Uribe (HPTU) es una fundación privada sin ánimo de lucro de alto nivel de complejidad, se rige por una política de calidad que busca garantizar a cada paciente de manera oportuna y con el mínimo riesgo la atención que requiera. Además, es un centro de gestión del conocimiento el cual, a través de la investigación, trabajo en equipo e interdisciplinario contribuye al avance hacia la excelencia en la prestación de sus servicios.

Teniendo en cuenta que los tomadores de decisiones del hospital se enfrentan a una demanda creciente de información para cumplir con requisitos legales (2), este proyecto tiene el objetivo de desarrollar una solución basada en BI apoyada en *Python*, para el apoyo a la toma de decisiones en el seguimiento obligatorio del registro sanitario para los medicamentos en el Hospital Pablo Tobón Uribe, buscando el cumplimiento de la normatividad vigente, mayor eficacia y reducción de costos en la operación, además de darle a la institución una ventaja competitiva en el mercado.

Sin embargo, es importante resaltar que la implementación de una solución de *BI* para la mejora en la gestión de medicamentos no es suficiente por sí sola para solucionar los problemas que pretende abordar, es necesario entonces que exista una coordinación entre diferentes procesos para que las decisiones puedan trascender de la operación hacia un modelo de tomas de decisiones basado en evidencia, permitiendo la colaboración efectiva entre los hospitales, las autoridades sanitarias y otros actores relevantes en el sector salud para que así se obtengan al máximo los beneficios de la inteligencia de negocios (8).

1. Planteamiento del problema

El Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA), es el ente gubernamental que se encarga de la ejecución de políticas en materia de vigilancia sanitaria y de control de calidad para la fabricación, preservación, manipulación y distribución de medicamentos, productos biológicos, dispositivos y elementos médico-quirúrgicos, odontológicos, productos naturales homeopáticos y los generados por biotecnología, reactivos de diagnóstico, y otros que puedan tener impacto en la salud individual y colectiva (9).

Obtener el registro sanitario INVIMA es un proceso vital para asegurar la calidad de los medicamentos, y más importante, para proteger la salud de los consumidores. En otras palabras, este registro es un soporte de garantía para asegurar que los productos certificados son seguros, eficaces y cumplen con los estándares de calidad (9).

Algunas posibles implicaciones negativas de no realizar un adecuado seguimiento a la fecha del vencimiento y estado actual del registro sanitario INVIMA para medicamentos, son:

- **Causa de sanciones:** En Colombia es obligatorio el uso de medicamentos autorizados únicamente por medio del registro sanitario del INVIMA, el incumplimiento de la normatividad puede causar multas, cierre temporal o permanente del negocio.
- **Limita el acceso a tratamientos:** Si un medicamento que es de uso específico para tratar una condición médica, por regulación del INVIMA, deja de estar permitido para su uso en el país, puede resultar problemático para los pacientes si no se conocen alternativas disponibles en el mercado, limitando las opciones adecuadas de tratamiento.

- Cambia la prescripción médica: Es posible requerir nuevas investigaciones para buscar y recetar otros medicamentos disponibles como alternativas, generando preocupaciones adicionales en términos de eficacia y seguridad.
- Pérdida económica: Al no realizar un efectivo seguimiento de la normatividad del INVIMA para cada medicamento (incluye fecha de vencimiento del registro sanitario), es posible que se deban destruir existencias de medicamentos a los cuales se les venció su registro sanitario ocasionando pérdidas económicas para el hospital.
- No garantiza la seguridad y eficacia: El hecho de que el registro sanitario de un medicamento no sea renovado o entre en un estado de inactividad, indica que no se han encontrado hallazgos que justifiquen la seguridad y eficacia de este para la renovación y por lo tanto no se puede garantizar la protección de la salud
- Afecta credibilidad: Existen bases de datos de acceso público con información sobre multas que tuvo o tiene vigente la institución por incumplimiento de la normatividad, lo que afecta la reputación y credibilidad frente a los consumidores.

1.1. Revisión de la literatura

Esta sección se centra en analizar la literatura acerca de investigaciones previas y el conocimiento existente en el ámbito de la gestión de registros sanitarios de medicamentos en entornos hospitalarios, y la implementación de soluciones basadas en *BI* para abordar desafíos en la gestión. Se pretende resaltar limitaciones y brechas existentes en la literatura actual, así también identificar los beneficios potenciales de la adopción de soluciones basadas en *BI* para optimizar la gestión de registros sanitarios de medicamentos en un entorno hospitalario, esto con el fin de sentar bases teóricas y prácticas para el desarrollo de este trabajo de grado.

1.1.1. Metodología empleada

Con el fin de analizar la contribución y pertinencia de las distintas publicaciones de manera clara, estructurada y reproducible, se empleará la metodología de La Revisión Sistemática de la literatura (*SLR*, por sus siglas en inglés) propuesta por Kitchenham et al., 2004. Con una revisión y catalogación manual, la cual consta de los siguientes pasos: buscar, evaluar, clasificar y analizar a partir de fuentes de búsqueda definidas.

1.1.2. Preguntas de investigación

Con el propósito de emplear la metodología *SLR* y realizar el análisis de los principales avances en la literatura de la inteligencia de negocios, se definen las siguientes preguntas de investigación:

1) ¿Cuáles publicaciones investigativas han identificado obstáculos que impiden la eficiencia en el cumplimiento de la normatividad para medicamentos?

Con esta pregunta se busca determinar problemas subyacentes y plantear soluciones adecuadas, al identificar los obstáculos o barreras que afectan los procesos de decisión y con ello la eficiencia en el seguimiento del registro sanitario para medicamentos.

2) ¿Cuáles metodologías se han propuesto para definir soluciones basadas en *BI* que se adapten a las necesidades de las instituciones de salud en cuanto al seguimiento en el cumplimiento de normativa para medicamentos?

Esta pregunta pretende buscar metodologías para diseñar soluciones basadas en *BI* en entornos hospitalarios y en gestión de registros sanitarios de medicamentos.

3) ¿Cuáles métodos se han propuesto para modelar un repositorio de datos permiten la integración, análisis y almacenamiento de fuentes externas como lo son los datos abiertos gubernamentales y fuentes internas como bases de datos propias de instituciones de salud?

Esta pregunta surge de la necesidad de mejora en la capacidad de analizar los datos provenientes de distintas fuentes, para permitir un análisis integral y significativo de la información relacionada con los registros sanitarios de medicamentos.

4) ¿Cuáles herramientas o metodologías se han implementado para la gestión de medicamentos en instituciones de salud basada en datos?

El propósito de esta pregunta es soportar la necesidad de mejora en la toma de decisiones, en apoyar el cumplimiento normativo, en optimizar la gestión de los registros sanitarios de medicamentos y fortalecer la seguridad de los pacientes en un entorno hospitalario.

1.1.3. Metodología de la revisión

La búsqueda de artículos y libros se realizó principalmente a partir de fuentes de datos con el motor de búsqueda *SCOPUS* y *Google Scholar*. Previamente a definir una cadena de búsqueda se exploraron diferentes combinaciones con los siguientes términos: *'APPLICATION OF BUSINESS INTELLIGENCE IN PHARMACEUTICALS MANAGEMENT'*, *'MEDICATION USE POLICIES'*, *'DRUG EXPIRATION TRACKING'*, *'REGULATORY COMPLIANCE IN PHARMACEUTICALS'*, *'MEDICATION REGULATORY AFFAIRS'*, *'DECISION MAKING'*. Además, se realizaron búsquedas en español adaptando los términos anteriores a un contexto colombiano, y añadiendo términos como: *'INVIMA'*, *'REGISTRO SANITARIO'* e *'INTELIGENCIA INSTITUCIONAL'*.

Por lo anterior, considerando un periodo de tiempo comprendido entre 2010 y 2023, se eligió la siguiente cadena de búsqueda:

- *ALL("Business Intelligence") AND TITLE-ABS-KEY (Health OR Hospital OR Pharmacy) AND PUBYEAR > 2009*

La búsqueda se realizó desarrollando los siguientes pasos:

- Búsqueda de artículos por palabras clave en diferentes motores de búsqueda.
- Ajuste manual de las cadenas de búsqueda con varias palabras clave.
- Exploración de libros y/o artículos disponibles en la biblioteca Carlos Gaviria Díaz.
- Preselección de publicaciones a partir de la verificación de título, palabras clave, tipo de publicación y del resumen.
- Exclusión de los artículos que cumplieran con alguno de los criterios de exclusión.
- Lectura del contenido general de los artículos que a partir de su resumen se identificó que pueden dar respuesta a las preguntas de investigación.
- Evaluación de la pertinencia del artículo según los criterios de calidad

1.1.4. Criterios de inclusión y exclusión

Se seleccionaron los artículos que cumplieron con alguno de los siguientes criterios de inclusión:

- Está relacionado con la gestión de registros de medicamentos en entornos hospitalarios, con un enfoque en *BI*.
- Contiene ejemplos prácticos de implementación de una solución basada en *BI*, incluyendo metodologías, etapas y herramientas para la gestión de registros de medicamentos.
- Discute los resultados obtenidos a través de la implementación de una solución basada en *BI* en términos de mejora en el proceso de toma de decisiones para la gestión de los registros de medicamentos.

Se excluyeron aquellos artículos que cumplieran con alguno de los siguientes criterios:

- No se centra en la gestión de registros de medicamentos en hospitales a través de soluciones en *BI*.
- No proporciona información detallada sobre el proceso de diseño de una solución basada en *BI*, junto con su enfoque metodológico, etapas y herramientas utilizadas en la gestión de registros de medicamentos.
- No incluye ejemplos prácticos de implementación de una solución de *BI* para gestión de medicamentos en hospitales ni discute resultados y efectividad.

1.1.5. Criterios de calidad

Para evaluar la pertinencia y la utilidad de los artículos seleccionados se plantearon las siguientes preguntas (QQ, por su sigla en inglés):

- QQ1. ¿El artículo proporciona detalles sobre el proceso de diseño de una solución de BI específica para la gestión de registros de medicamentos en un entorno hospitalario?
- QQ2. ¿Incluye ejemplos concretos de cómo se ha aplicado una solución basada en BI en un hospital para la gestión de registros de medicamentos?
- QQ3. ¿Proporciona pautas prácticas, recomendaciones o lecciones aprendidas derivadas del diseño de soluciones basadas en *BI* para el ámbito de la gestión de medicamentos en hospitales?
- QQ4. ¿Discute la efectividad y los resultados obtenidos a través de la implementación de una solución basada en BI en términos de mejora en la toma de decisiones?

Se asignaron puntajes a cada una de las preguntas si cumplen con lo siguiente:

- QQ1: S (si), proporciona detalles sobre el proceso de diseño y gestión de registros de medicamentos en un hospital; P (parcialmente), se tiene información no detallada; N (no), no proporciona detalles sobre diseño o gestión de medicamentos.
- QQ2: S (si), incluye ejemplos de aplicación de solución de *BI* en hospital; P (parcialmente), muestra ejemplos de aplicaciones de solución de *BI*; N (no), no tiene ejemplos de aplicación de solución de *BI*.
- QQ3: S (si), el artículo presenta pautas, recomendaciones o lecciones para el diseño de soluciones de *BI* en gestión de medicamentos en hospitales; P (parcialmente), proporciona pautas de *BI* en gestión de medicamentos; N (no), no proporciona pautas de *BI* en gestión de medicamentos en hospitales.
- QQ4: S (si), discute la efectividad y los resultados obtenidos a través de la implementación de una solución en *BI* para mejora en toma de decisiones; P (parcialmente), Discute resultados y efectividad en términos de *BI*; N (no), no discute efectividad y resultados de implementación de *BI*.

Para las preguntas QQ1 a QQ4 se asignaron los puntajes: S=1, P=0,5 y N=0. Cada artículo será calificado según estos valores.

1.1.6. Recolección de datos

Para cada uno de los estudios seleccionados fue extraída la siguiente información:

- La fuente del estudio y sus referencias
- Título y tema principal
- Resumen
- Contenido (introducción a conclusión)

- Identificación de la pregunta de investigación que resuelve

Si bien se recopiló esta información para los artículos revisados, los criterios de calidad (subsección 1.1.5) y la lectura del contenido general, sólo se aplicaron para los artículos que desde su título, resumen y palabras clave se lograra identificar que podrían responder a una de las preguntas de investigación.

1.1.7. Análisis de datos

Los artículos encontrados fueron catalogados para responder en orden las preguntas de investigación de la siguiente manera:

- Análisis del proceso de diseño de una solución basada en *BI* que incluya gestión de registros de medicamentos en el contexto de una institución prestadora de servicios de salud
- Análisis de los ejemplos de aplicación de soluciones basadas en *BI* para la gestión de registros de medicamentos
- Análisis de los desafíos específicos que se encontraron en la implementación de la solución de *BI* en el contexto hospitalario y cómo los solucionaron
- Análisis de la efectividad de implementar una solución basada en *BI* para la mejora de toma de decisiones.

1.1.8. Resultados obtenidos

La cadena de búsqueda (subsección 1.1.3) en *SCOPUS* obtuvo 3743 publicaciones, de los cuales al aplicarse los criterios de inclusión y exclusión automáticos sólo quedaron 57. Luego de la preselección por título, palabras clave y del resumen, y la verificación del contenido se seleccionaron 3 artículos enfocados en diseño e implementación de soluciones *BI* relacionados con medicamentos en farmacia hospitalaria.

En *Google Scholar* la cadena de búsqueda recuperó 441 publicaciones, de las cuales se seleccionaron 4 que corresponden a tesis de pregrado y maestría ya que solo en este tipo de publicaciones se encontraron desarrollos basados en *BI* relacionados con el INVIMA y la gestión de registros sanitarios de medicamentos.

A continuación, el consolidado de los resultados obtenidos:

Tabla 1. Publicaciones seleccionadas a partir de la SLR

Ref	Autor/Año	Aporte	Tipo Aporte	QQ1	QQ2	QQ3	QQ4	Puntaje Total
(11)	Whitley M, et al. / 2020	Propone recomendaciones sobre la gestión de medicamentos respaldada proactivamente por una estrategia de inteligencia de negocios que se centra en una cultura de gestión basada en datos.	F	P	P	P	S	2,5
(12)	Vest, et al. / 2021	Propone una estructura que se apoya en una estrategia de inteligencia de negocios de supervisión a nivel farmacéutico para análisis de datos de medicamentos.	F	P	P	P	P	2
(13)	Gonzales, et al. / 2022	Propone el diseño de un <i>scorecard</i> personalizable para un servicio de farmacia hospitalaria para la visualización y análisis de datos de diferentes fuentes mediante el uso de tecnología avanzada de inteligencia de negocios.	V	S	P	P	P	2,5
(14)	Pulgarín. / 2016	Dispone de documentación técnica y científica que desarrolle el tema con claridad, profundidad y exhaustividad y que sirva, a su vez, de referente teórico para facilitar el proceso de establecimiento y adopción de este tipo de sistemas por parte de las directivas de las instituciones de salud.	B	N	N	P	N	0,5

Ref	Autor/Año	Aporte	Tipo Aporte	QQ1	QQ2	QQ3	QQ4	Puntaje total
(15)	Guerrero. / 2018	Identifica un modelo para estructurar e integrar la información requerida para el cálculo de la reserva técnica de una entidad promotora de salud - EPS - a través de procedimientos y técnicas propuestos por la inteligencia de negocios.	F	P	P	P	S	2,5
(16)	Martínez. / 2018	Realiza el diseño de un prototipo de base de gestión de conocimiento a partir de la construcción de una bodega de datos que permita realizar el análisis de las fuentes de información de una manera más ágil y efectiva que ayude en la generación de conocimiento y apoye la toma de decisiones.	F	P	P	N	P	1,5
(17)	Otálora. / 2018	Provee modelos para el estudio y análisis de los medicamentos, entre los cuales destacan la creación de diferentes corpus y ontologías farmacéuticas que contribuyan a solucionar diferentes problemas en el área, tales como la búsqueda de los eventos adversos en medicamentos o proponer un modelo estándar para la representación digital de un medicamento.	F	P	P	P	P	2

1.1.9. Evaluación de la calidad

Para los 7 artículos seleccionados, se aplicaron los criterios de calidad definidos en la subsección 1.1.5. Los resultados obtenidos son consolidados en la **Tabla 1.** Publicaciones seleccionadas, en la cual cada una de las filas representa un artículo seleccionado; además en las columnas 5 a la 9 se presenta la calificación según los criterios definidos y la asignación de un puntaje correspondiente a cada uno de los artículos.

El puntaje máximo definido que se puede alcanzar es de 4, y representaría que el artículo se adaptaba y respondía con las preguntas de investigación generadas, para los artículos seleccionados ninguno cumplió con este, el puntaje más alto obtenido fue de 3 y un promedio de 1.92, por tanto, los artículos no cumplen con la mitad del puntaje máximo de los requisitos para responder las preguntas, y ser tomados en cuenta como base para el desarrollo del modelo final. Lo anterior, indica que no se encuentran artículos que tengan soluciones basadas en inteligencia de negocios en hospitales para la gestión de registro de medicamentos.

Sumado a esto, la mayoría de los artículos (71%) incluyen una solución de *BI* con registros de medicamentos, pero no en un contexto hospitalario, un artículo (17%) muestra la generación de procesos de *ETL* y modelación de bodegas multidimensionales en un hospital y el último muestra procesos de visualización. La combinación de gestión de medicamentos en ambientes hospitalarios no es, al menos, publicada en estos motores de búsqueda o es esta únicamente para uso propio de cada institución.

1.1.10. *Discusión*

A continuación, se da respuesta a las preguntas de investigación planteadas (subsección 1.1.2):

1) ¿Cuáles publicaciones de investigaciones han identificado obstáculos que impiden la eficiencia en el cumplimiento de la normatividad para medicamentos?

Del total de los artículos encontrados no se logró hallar una publicación que relacionara *BI* con la regulación de registros sanitarios de medicamentos, ni con la gestión que un hospital realiza para el debido seguimiento y cumplimiento de las regulaciones legales.

2) ¿Cuáles metodologías se han propuesto para definir soluciones basadas en *BI* que se adapten a las necesidades de las instituciones de salud en cuanto al seguimiento en el cumplimiento de normativa para medicamentos?

Dentro de los artículos seleccionados, se encuentran propuestas de gestión de medicamentos basada en soluciones de *BI* para instituciones prestadoras de servicios de salud, estos fueron catalogados como solución basada en *BI* para registros de medicamentos (F) y representan la mayoría, por ejemplo (16) muestra cómo se pueden unir los registros de medicamentos a otras bases de datos y realizar la adaptación.

3) ¿Cuáles métodos para modelar un repositorio de datos permiten la integración, análisis y almacenamiento de fuentes externas como lo son los datos abiertos gubernamentales y fuentes internas como bases de datos propias de una institución de salud?

En el trabajo realizado por Pulgarín A (14) se abordan de forma específica las estructuras de datos multifuncionales relacionadas con procesos dentro de un hospital, se evidencia además la definición técnica y el proceso realizado para un *Balanced Scorecard* y la metodología empleada, por lo que aporta un ejemplo a tener en cuenta en el desarrollo de este trabajo de grado.

4) ¿Cuáles herramientas o metodologías se implementan para la gestión de medicamentos en instituciones de salud basadas en datos?

Desarrollar un sistema de información en salud actualizado es determinante para el proceso de toma de decisiones dentro de cualquier institución. Importantes recomendaciones sobre la gestión de información de medicamentos y su propósito se menciona en los “Roles de la Analítica en Farmacias” (11), también señala factores clave e indica cómo se debe visualizar esta información para facilitar la toma de decisiones.

1.1.11. Conclusiones de la revisión a la literatura

A pesar de la exhaustiva búsqueda bibliográfica realizada, y los numerosos hallazgos de aportes con inteligencia de negocios, los resultados obtenidos revelaron ciertas limitaciones en la disponibilidad de publicaciones relacionadas con soluciones basadas en *BI* para la gestión de registros de medicamentos en conformidad con políticas y regulaciones gubernamentales INVIMA. La ausencia de investigaciones que aborden específicamente esta intersección sugiere una brecha en la literatura existente, donde la convergencia de *BI* y el cumplimiento normativo en el ámbito de farmacia hospitalaria no ha sido ampliamente explorada.

Adicionalmente, la percepción de que los sistemas de gestión de registros sanitarios de medicamentos están altamente contextualizados y son específicos de cada hospital también podría explicar la escasez de publicaciones en esta área.

En general, se observó que las publicaciones en las cuales se implementó una solución basada en *BI* dentro de un contexto de farmacia hospitalaria tenían enfoques tales como: el seguimiento a tratamientos para medir su efectividad, el monitoreo de indicadores de actividad, soluciones para hacer seguimiento a los históricos estimados del uso de medicamentos en farmacias hospitalarias; y así, proponer mejoras en la gestión en términos de reducción de costos e impacto para los inventarios del hospital.

En último lugar esta revisión destaca la necesidad y la oportunidad de proponer una solución en el campo de *BI* aplicada a la gestión de registros sanitarios y el cumplimiento normativo. Aunque, la certeza sobre la innovación del objetivo de este trabajo de grado no puede establecerse de manera definitiva en esta etapa, los resultados limitados proporcionan un espacio valioso para contribuir de manera significativa al conocimiento en esta área emergente.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Implementar una solución de inteligencia de negocios que permita la mejora en la gestión de medicamentos y cumplimiento de los requisitos establecidos por el INVIMA, integrando, analizando y generando información precisa y oportuna sobre el estado de los medicamentos en el Hospital Pablo Tobón Uribe, que permita al personal responsable tomar decisiones informadas que puedan evitar sanciones frente al Estado colombiano.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar los obstáculos que afectan la eficiencia en el seguimiento del registro sanitario INVIMA para los medicamentos manejados en el hospital.
- Definir una solución basada en *BI* para el seguimiento del registro sanitario de medicamentos en el Hospital Pablo Tobón Uribe.
- Modelar una bodega de datos multidimensional para el análisis de los datos provenientes del INVIMA y del hospital que permita la integración y almacenamiento de los datos.
- Apoyar la generación de información, la detección de riesgos, y la gestión de la lista de medicamentos del hospital para el cumplimiento de las regulaciones y requisitos establecidos por el INVIMA para el uso de estos en la institución.
- Facilitar la toma de decisiones basadas en datos integrados y actualizados sobre los medicamentos.

3. Marco Conceptual

3.1. Hospital Pablo Tobón Uribe

El Hospital Pablo Tobón Uribe, ubicado en la ciudad de Medellín, es una fundación privada sin ánimo de lucro, hospital universitario de carácter general y alto nivel de complejidad. Desde su fundación en el año 1970, este hospital ha evolucionado de manera significativa para convertirse hoy en un referente de excelencia médica y compromiso con la comunidad.

Ha sido reconocido por el Centro de Gestión Hospitalaria, el Ministerio de Desarrollo Económico, el Ministerio de Protección Social y el ICONTEC, y como resultado de ello el hospital ha sido acreditado con Excelencia en el país. Igualmente, desde al año 2015 el hospital se encuentra acreditado por *Joint Commission International*, una organización internacional que mide y evalúa la calidad y la seguridad en el servicio al paciente en un ámbito global.

3.1.1. Misión

Cuidar la salud y la vida con excelencia y de manera compasiva, generar y transmitir conocimiento, centrados en la persona, con sentido trascendente y de responsabilidad social

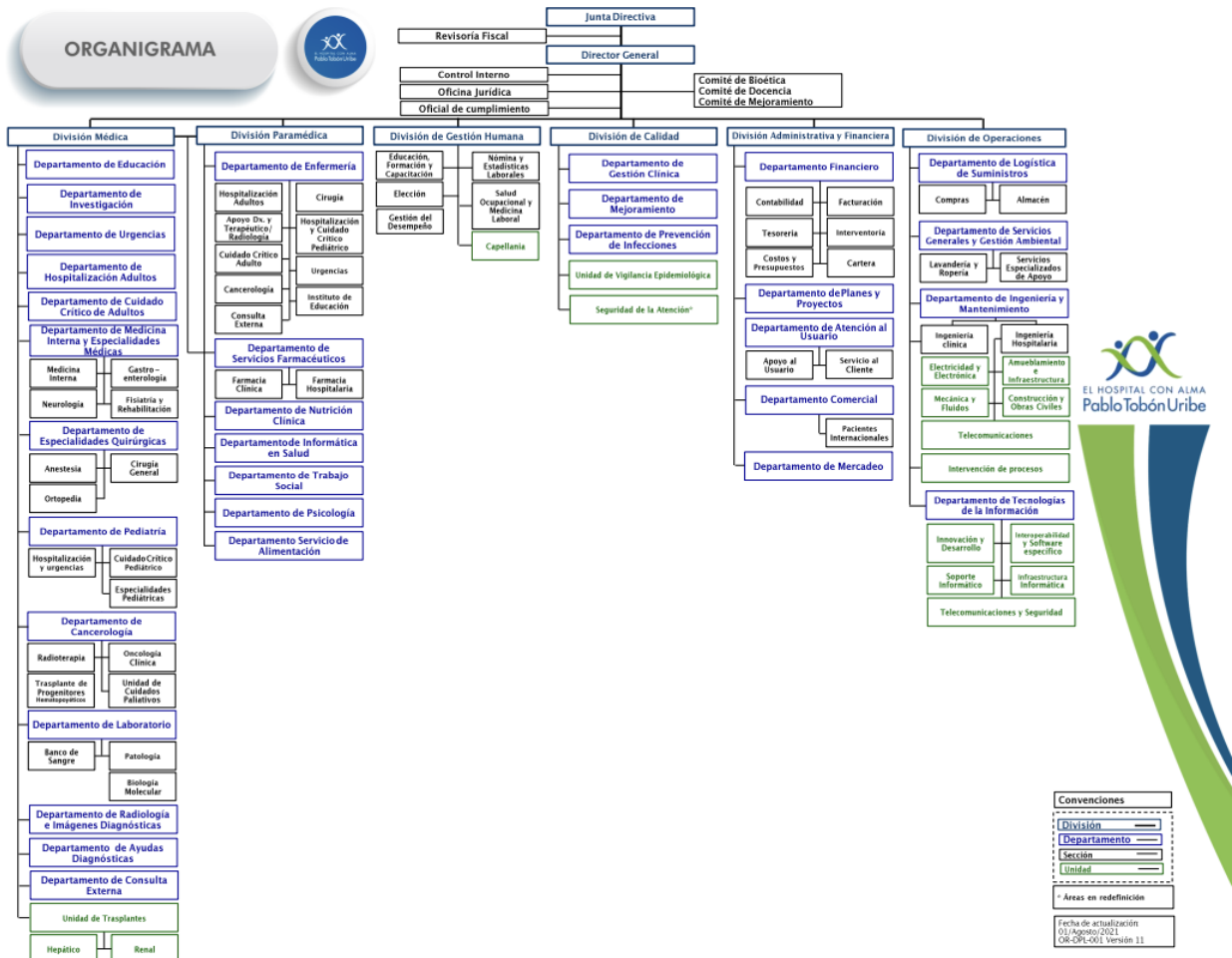
3.1.2. Visión

Ser Hospital sobresaliente en humanismo, conocimiento, investigación, innovación a un mundo mejor.

3.1.3. Organigrama

A continuación, el organigrama del Hospital Pablo Tobón Uribe:

Figura 1. Organigrama HPTU



Nota. Tomado de la página institucional del Hospital Pablo Tobón Uribe

3.1.4. Departamento de servicios farmacéuticos

Entre la división médica y la división paramédica se encuentra el departamento de servicios farmacéuticos (ver subsección 3.1.3), encargado de todas las actividades relacionadas con el manejo de información sobre medicamentos usados para la prestación de los servicios que brinda el hospital.

Este departamento es conformado por: la sección de farmacia hospitalaria encargada de la central de mezclas para el hospital, y la sección de farmacia clínica que gestiona los sistemas de información de medicamentos.

El departamento de servicios farmacéuticos, más específicamente en la sección de farmacia clínica, tiene por deber cumplir con la siguiente normatividad colombiana:

- **Ley 100 de 1993, artículo 245:** Crea el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA), cuyo objeto es la ejecución de las políticas en materia de vigilancia sanitaria y de control de calidad de medicamentos, productos biológicos, alimentos, bebidas, y los generados por biotecnología, reactivos de diagnóstico, y otros que puedan tener impacto en la salud individual y colectiva. El Gobierno Nacional reglamentará el régimen de registros y licencias, así como el régimen de vigilancia sanitaria y control de calidad de los productos objeto del INVIMA, dentro del cual establecerá las funciones a cargo de la nación y de las entidades territoriales.
- **Resolución 0255 de 2007:** Esta resolución tiene por objeto adoptar el Código Único Nacional de Medicamentos CUM, como dato único de reporte y trazabilidad para el Sistema General de Seguridad Social en Salud SGSSS, el cual será de obligatoria referencia por parte de los actores del Sistema.

El CUM es la identificación alfanumérica asignada a los medicamentos por el INVIMA. Está conformado por el número trazador, el cual permitirá relacionar los demás componentes del código como son la clasificación anatómico-terapéutica ATC hasta el quinto nivel (forma farmacéutica, unidad de concentración del principio activo; vía de administración del medicamento y unidad de medida de los medicamentos.

El número trazador es el número de expediente del medicamento bajo el cual se tramitó la solicitud de registro sanitario, seguido por un número consecutivo asignado por el INVIMA a cada presentación comercial, el cual hace parte del CUM y será de obligatorio uso por parte de quienes deben reportar precios de medicamentos.

Adicionalmente, el CUM adoptado mediante la presente resolución será publicado en la página web del INVIMA, quien será responsable de su actualización.

- **Resolución 3311 de 2018:** Implementa el estándar de datos para los medicamentos de uso humano en Colombia, exceptuando los medicamentos homeopáticos y los productos fitoterapéuticos. La finalidad de la estandarización de los datos de medicamentos de uso humano es contribuir al desarrollo de la Política Farmacéutica Nacional y facilitar la interoperabilidad entre los agentes, en materia de medicamentos.

Esta resolución asigna para cada medicamento un identificador (indicador único de medicamento, IUM) que permite diferenciar cada uno de los tres niveles de descripción que componen un medicamento y será asignado por el INVIMA. El cual es único, invariable, de uso público y deberá ser implementado para todo medicamento que se comercialice o se utilice en el territorio comercial.

- **Resolución 3100 de 2019:** Tiene por objeto definir los procedimientos y las condiciones de inscripción de los prestadores de servicios de salud y de habilitación de los servicios de salud, así como adoptar, en el anexo técnico, el Manual de Inscripción de Prestadores y Habilitación de Servicios de Salud el cual hace parte integral del presente acto administrativo. Define el estándar de medicamentos, dispositivos médicos e insumos requeridos para la prestación de servicios de salud, que se guardan, custodian o preservan en almacenes, bodegas, depósitos, servicios de salud, vehículos, contenedores, neveras, maletines, entre otros.
- **Decreto 334 de 2022:** Por el cual se establecen disposiciones para la renovación, modificación y suspensión de registros sanitarios de medicamentos de síntesis química, gases medicinales, biológicos y homeopáticos; de información y publicidad de medicamentos y productos fitoterapéuticos; de adopción de medidas para garantizar el abastecimiento de medicamentos de síntesis química, gases medicinales y biológicos; y se dictan otras relacionadas con estos productos.

- **Decreto 1474 de 2023:** Adopta la vigencia indefinida para los registros sanitarios de medicamentos. Pretende eliminar la necesidad de renovaciones constantes, simplificando así los trámites y reduciendo la carga administrativa para las empresas farmacéuticas.

Se exceptúan licencias, autorizaciones, registros notificaciones y/o permisos establecidos en cumplimiento de los compromisos adquiridos en los Acuerdos Comerciales Internacionales vigentes y en virtud de Decisiones de la Comunidad Andina, caso en el cual la autoridad competente adoptará modelos de renovación automática o de vigencia indefinida, siempre y cuando ello sea procedente.

El otorgamiento de la vigencia indefinida no impide que el INVIMA o la autoridad correspondiente, en ejercicio de las funciones de inspección, vigilancia y control, adopte las medidas necesarias al encontrar un incumplimiento de las normas técnicas que regulan la materia o identificar que existe un riesgo sanitario asociado a la farmacovigilancia durante el uso del medicamento.

3.1.5. Problemática actual

Actualmente, la sección de farmacia clínica del departamento de servicios farmacéuticos del HPTU, hace uso de un sistema basado en hojas de cálculo para hacer consultas uno a uno entre archivos del hospital con los archivos que provee el INVIMA, con el fin de verificar y hacer el debido seguimiento al estado del registro sanitario y al código único de medicamentos (CUM) para tomar las decisiones pertinentes según cambios y/o actualizaciones en los mismos.

Lo anterior, representa una problemática en la administración de los datos de medicamentos, por lo que aumenta la operatividad del departamento al ser un proceso manual que requiere más tiempo y talento humano para revisar archivos de más de cien mil registros, consumiendo así recursos del hospital, lo que dificulta tomar adecuadamente las decisiones en la gestión de los medicamentos que necesita el hospital para la prestación de sus servicios.

Asimismo, es una oportunidad para proponer una solución que automatice el proceso de verificación y proporcione información relevante para el seguimiento al estado del registro sanitario y del CUM de cada medicamento ahorrando tiempo en la consulta, aumentando la eficacia y soportando adecuadamente la toma de decisiones alrededor de los medicamentos del HPTU.

3.2. Inteligencia de Negocios

Según Sherman, R. (2015), la inteligencia de negocios es el proceso de recopilar, analizar y visualizar datos para ayudar a las organizaciones a tomar mejores decisiones comerciales; el cual abarca una amplia gama de tecnologías, aplicaciones y herramientas que se utilizan para transformar los datos en información procesable. Si bien la inteligencia de negocios es también presentada en el sector público como inteligencia empresarial, inteligencia institucional, analítica institucional, y entre otras, no se halla mayor discrepancia en sus definiciones; y tienen por objetivo principal apoyar la toma de decisiones basadas en evidencia en todos los niveles de una organización, desde los ejecutivos hasta los empleados de primera línea (19).

Adicionalmente, según presenta el Departamento Administrativo de la Función Pública (DAFP), cabe resaltar los siguientes conceptos básicos que se deben tener en cuenta para comprender el desarrollo de soluciones basadas en *BI*:

- **Datos:** Cada dato es un valor sobre un hecho, por ejemplo, el registro de número de ventas, gastos, clientes, entre otros. Para Sherman, R. (2015), un dato por sí solo requiere de mucho trabajo antes de que sea útil, por lo que es inconsistente, incompleto, sin formato y con errores; falta de integración, diseño, modelación y otros análisis antes de ser transformado en información. Por eso existen y son necesarias las tecnologías y herramientas para la integración de los datos, para almacenamiento, y aquellas basadas en *BI*, para presentar los datos de manera entendible a los tomadores de decisiones (18).

- **Visualización de datos:** La visualización de datos, a través de reportes o tableros de control (*dashboard*), es un medio para presentar el resultado de procesos de análisis a los datos el cual permite mostrar de manera sencilla y ágil el comportamiento de los datos no sólo a través de tablas y hojas de cálculo, sino también con imágenes o gráficos, entre otros. En palabras de Sherman (2015), un *dashboard* permite visualizar información numérica y gráfica proveniente de distintas fuentes con el objetivo de presentar los datos de forma fácil y ágil.
- **Toma de decisiones:** Así como Curto, J. (2011) aproxima el término *BI* como la evolución de los sistemas de soporte a las decisiones, el Departamento de la Función Pública (2022) expone que el objetivo de la analítica institucional es buscar generar una cultura de toma de decisiones basadas en datos en las organizaciones, es decir, tomar decisiones con evidencia y no por suposición; esto debido a que los resultados son más efectivos, precisos y eficientes en términos de que disminuye los costos, los riesgos, los errores y que ayuda a identificar nuevas oportunidades que no son evidentes.

En síntesis, la inteligencia de negocios no solo trata de la recopilación y análisis de datos, sino también de la visualización de los resultados para respaldar la toma de decisiones informadas en todos los niveles de la organización. En consecuencia, el elemento clave para una adecuada implementación de soluciones basadas en *BI* y el éxito de estas es la integración de tecnologías y herramientas especializadas para fomentar una cultura de toma de decisiones basadas en evidencia dentro de las organizaciones.

3.2.1. ¿Qué es una base de datos?

Una base de datos es un sistema diseñado para organizar, almacenar y gestionar grandes cantidades de datos estructurados de manera eficiente (20). En otras palabras, los datos junto con un sistema específico para gestión de datos, y otras aplicaciones asociadas, reciben el nombre de base de datos.

A diferencia de los formatos físicos y hojas de cálculo, que si bien permiten almacenar los datos, crear modelos para el análisis, escribir fórmulas complejas para realizar cálculos y presentar los datos en distintos gráficos (21); las bases de datos se distinguen de estos por lo que están específicamente construidas para mantener la integridad, seguridad y estructura de los datos.

Adicionalmente, Oracle explica que, las bases de datos están diseñadas para recopilar grandes cantidades de información organizada, incluso en cantidades masivas, permitiendo que muchos usuarios accedan y consulten los datos segura y ágilmente mediante un lenguaje más complejo del que se usa en los análisis con hojas de cálculo.

3.2.2. ¿Qué es ETL?

Según Sherman (2014), el proceso de extracción, transformación y carga (*ETL*, por sus siglas en inglés) es el medio por el cual se extraen los datos desde una fuente específica, para luego transformarlos y cargarlos en una base de datos o en una bodega de datos. El proceso de *ETL* según Kimball (2004, p. 11), es el fundamento para las bodegas de datos, además sostiene que un buen sistema de *ETL* extrae datos de distintas fuentes, hace cumplir criterios de consistencia y calidad, y estructura los datos para ser presentados de forma entendible para los usuarios finales.

De forma más clara, la dirección de Gestión del Conocimiento del Departamento Administrativo de la Función Pública explica cada uno de los conceptos:

- **Extraer:** Aquí se establece el proceso que se utiliza para consultar la fuente de los datos y extraerlos. Normalmente se utilizan programas especializados que obtendrán los datos de la fuente y los llevarán periódicamente a un espacio de almacenamiento temporal para su posterior procesamiento.
- **Transformar:** Este paso del proceso da lugar a bien sea un cambio, un reemplazo o algún cálculo a los datos a partir de unas reglas definidas. Para ello, se utilizan rutinas de código con gestores de bases de datos, programas especializados de *ETL*, y entre

otros programas más generales para realizar tareas sencillas en el procesamiento de los datos.

- **Cargar:** En último lugar, la carga corresponde a subir los datos ya transformados a un repositorio o modelo de datos final. Esos modelos o repositorios hacen referencia a un sistema de almacenamiento bien sea una base de datos, una hoja de cálculo, una bodega o almacén de datos, entre otros que permita integrar los datos.

3.2.3. ¿Qué es una bodega de datos?

Antes de comprender qué es una bodega o almacén de datos y sus diferentes tipos, es necesario repasar el concepto de 'almacenamiento' que según Ponniah (2010) hace referencia a tener un repositorio transversal de datos organizados, que en palabras del Departamento de la Función Pública (2022), deben estar integrados y deben ser accesibles de forma ágil y eficiente. Así surgen los modelos de almacenamiento de datos conocidos como bodegas de datos (*DWH*, por sus siglas en inglés) que se orientan a un tema específico soportando la toma de decisiones, de los cuales el Departamento de la Función Pública enuncia las siguientes características:

- **Bodega de datos física:** Es un sistema estructurado que cuenta con un modelo propio que es diseñado para un propósito específico, con el fin de representar la entidad a partir de tablas y vistas con modelos que sean transversales y propios de cada área en la organización.
- **Bodega de datos lógica:** Si bien adopta las características del modelo físico también emplea una infraestructura compartida, otros sistemas de almacenamiento alternos como lagos de datos y representaciones lógicas. Adicionalmente, su infraestructura no es dedicada, es decir, que los datos se alojan en nubes públicas, privadas o híbridas.

3.2.4. ¿Qué es un tablero de control?

La visualización es uno de los principales medios para mostrar los resultados de proceso de integración (*ETL* y almacenamiento) y análisis de los datos. Dentro de los métodos más utilizados para la visualización se encuentra los tableros de control o *dashboard*, para Sherman (2015) los tableros de control son una herramienta que permite visualizar información numérica y gráfica de distintas fuentes en una única vista, se les caracteriza por ser interactivos y porque su objetivo es contar historias con datos de forma fácil y ágil.

Para la construcción de un buen tablero de control es importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones dadas por el Departamento de la Función Pública (2022):

- Identificar el propósito del tablero de control: definir el para qué del tablero y cuál es la relevancia de los elementos gráficos dentro de este.
- Escribir y validar la historia que se va a contar con los datos: definir la secuencia del análisis que se le recomienda al usuario seguir, es decir, cuáles elementos gráficos serán presentados primeros y cuáles de últimos.
- Entender al público a quién va dirigido el tablero: con el fin de definir el lenguaje o complejidad del mensaje que mostrará el tablero, se debe conocer si el usuario final domina conocimiento técnico o es un público no técnico.
- Si no funciona a lápiz y papel no va a funcionar en un tablero de control: realizar previamente un borrador del tablero para validar y realizar correcciones antes de su implementación.
- No saturar: emplear la menor cantidad posible de elementos visuales para alcanzar su propósito.
- No centrarse en un dato específico, sino en la explicación de los datos: el tablero debe permitir la interacción con todos sus elementos visuales/gráficos mediante comparación, tendencia, crecimientos y decrecimientos, entre otros.
- Usar la imagen institucional en todas las visualizaciones: adaptar el tablero conforme a los lineamientos de la imagen institucional.

- Usar un esquema autocontenido: buscar que el tablero tenga sentido por sí solo y evitar necesitar a alguien para su explicación.

3.3. Introducción básica a *Python*

Python es un lenguaje de programación libre, de alto nivel, multipropósito, multiparadigma y multiplataforma inventado por Guido Van Rossum en 1991 (7). Decir que es multipropósito hace referencia a que no solo se le usa con un objetivo específico, sino que puede ser utilizado para manejar bases de datos, desarrollar páginas web, configurar servidores, desarrollar software, entre otros; decir que es multiparadigma significa que se puede usar para programar desde diferentes enfoques, tales como: orientado a objetos, funcional e imperativo; y al ser multiplataforma hace posible que sea usado tanto en *Windows*, *Linux* o en cualquier otro sistema operativo (7,24).

Asimismo, es de fácil aplicación, puesto que los códigos escritos en este lenguaje suelen ser cortos y su sintaxis es fácilmente legible, además permite la incorporación de diversas bibliotecas ampliando su funcionalidad en un área específica si se le requiere (24).

Un ejemplo es la librería *Pandas*, una de las más importantes y populares para el análisis de datos dentro del ecosistema *Python*, la cual permite cargar, filtrar, ordenar y limpiar datos desde diferentes fuentes (Excel, CSV, bases de datos, etc.) y entre otras operaciones avanzadas para la manipulación de datos. Además, es común complementarla con la biblioteca *NumPy* por lo que es la base numérica sobre la cual se construyó *Pandas*; mientras *NumPy* se centra en operaciones numéricas eficientes, *Pandas* agrega una capa adicional para trabajar de forma más conveniente con datos tabulares; ambas bibliotecas son esenciales para el ecosistema de análisis de datos en *Python*.

4. Metodología

Basado en el ciclo que propone el Departamento Administrativo de la Función Pública (2022) para implementar una solución de Inteligencia Institucional (Inteligencia de Negocios), se definió la siguiente metodología para abordar la problemática actual del Hospital Pablo Tobón Uribe:

- Identificar la necesidad a partir del proceso a impactar

A partir de la problemática actual (ver subsección 3.1.5), se identificó que es necesario la generación de una solución que automatice el proceso de verificación de cambios en el estado del registro sanitario y el estado CUM de medicamentos en el hospital versus la última actualización del INVIMA, y que proporcione información relevante para el seguimiento a los cambios en el estado del registro sanitario de medicamentos.

- Identificar las fuentes de datos, calidad y transformaciones necesarias

El INVIMA mensualmente a través de la plataforma Nacional de Datos Abiertos de Colombia publica cuatro archivos, los cuales contienen información relevante sobre el estado del registro sanitario de cada medicamento legalmente autorizado para uso en el país:

- Código único de medicamentos vigentes
- Código único de medicamentos vencidos
- Código único de medicamentos en trámite de renovación
- Código único de medicamentos en otros estados

El HPTU, luego de aprobar la solicitud realizada al comité administrativo, compartió un archivo plano con información acerca de los medicamentos e insumos que utiliza el

hospital en la prestación de sus servicios. Adicionalmente, según la Ley 1581 de 2012 se decidieron cuáles datos podían ser públicos y cuáles tienen restricciones.

Tras un análisis manual de cada fuente de datos, y luego de definir el tipo de dato en cada columna, formato, usabilidad y similitud entre los archivos, se identificaron las siguientes transformaciones:

- Eliminar columnas innecesarias para los objetivos, tales como: titular, modalidad (si el titular era fabricante nacional o fue medicamento importado), principio activo, cantidad del principio activo y unidad de medida.
- Renombrar columnas para que se distingan de una fuente de datos a otra
- Crear una clave primaria
- Eliminar duplicados (existen muchas filas para un solo medicamento sólo porque cambia el fabricante y/o importador)
- Eliminar registros que correspondan a materiales e insumos
- Eliminar formatos de registros sanitarios inválidos para la fecha
- Estandarizar el formato de fecha

Las anteriores transformaciones fueron realizadas en el entorno *Google Colab* con el lenguaje de programación *Python*, usando en su mayoría las funcionalidades que ofrecen las bibliotecas *Pandas* y *Numpy*.

- Identificar cómo se relacionan los conceptos del hospital con los datos existentes del INVIMA

Debido a la cantidad de medicamentos existentes y sus variaciones fue normal encontrar duplicidad en los códigos de registro, por tanto, una clave única debía ser generada para eliminar los duplicados. En conjunto con el hospital se realizó el análisis para generar una clave primaria que permitiera eliminar duplicidades dentro de los registros y poder generar relaciones optimas con los archivos del INVIMA, la cual fue definida así:

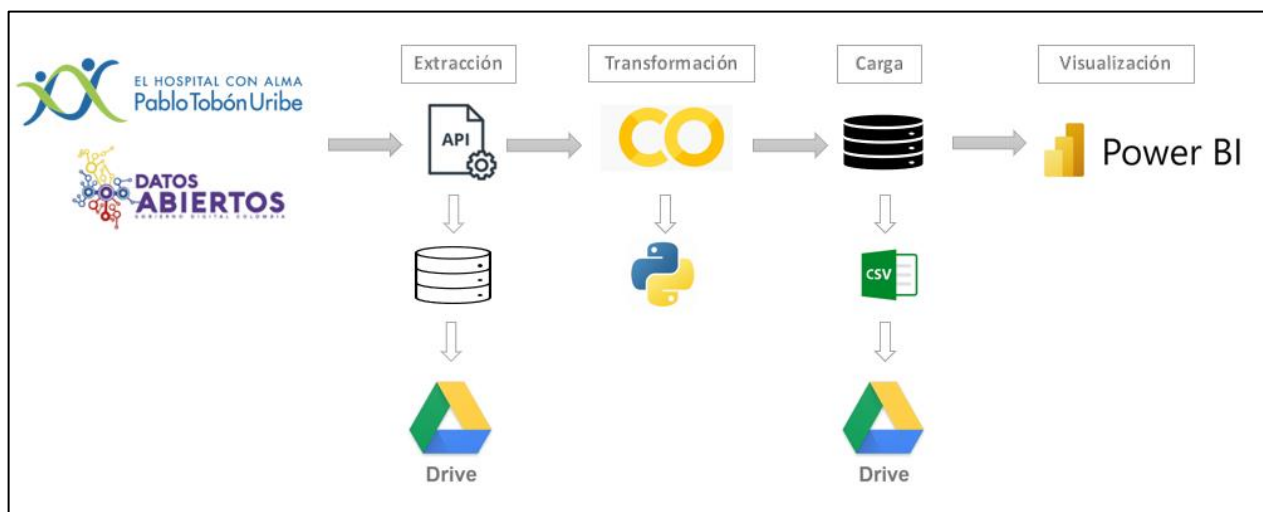
- Concatenar la columna expediente CUM y consecutivo CUM en los archivos del INVIMA, porque en los archivos del hospital se halló de la misma manera;

por lo que esta columna es el identificador único (clave primaria) para relacionar ambas fuentes de datos.

- Definir la arquitectura de la solución

El siguiente paso fue definir la arquitectura del flujo de datos para implementar la solución, el resultado de este proceso fue:

Figura 2. Arquitectura del flujo de datos para la solución con inteligencia de negocios



Nota. Elaboración propia y uso de logos con fines educativos.

- Generar y validar los productos

A partir de la identificación de la necesidad, los datos disponibles, las transformaciones requeridas y la arquitectura para implementar la solución, se definieron los siguientes productos de la Inteligencia de Negocios que responden a la problemática actual:

1) Modelo de datos:

En conjunto con el equipo de farmacia clínica se diseñó un modelo de datos (estructura de datos en hojas de cálculo) que estuviera alineado a las necesidades y análisis requeridos por el hospital a partir de las dos fuentes de datos.

2) Proceso de extracción, transformación y carga (ETL):

A través del entorno de desarrollo *Google Colab* y con el lenguaje de programación *Python*, se realizó la conexión a la API de la Plataforma Nacional de Datos Abiertos en Colombia para la extracción de los datos del INVIMA. Con la misma herramienta, se extrajo el archivo del HPTU que para efectos de este proyecto fue almacenado en una cuenta institucional de la UdeA en *Google Drive*.

Luego, usando el mismo entorno y lenguaje de programación, se realizaron procesos de transformación a cada uno de los archivos de ambas fuentes de datos usando las bibliotecas *Pandas* y *Numpy* (como fue definido en la sección anterior) con funciones avanzadas para la manipulación y análisis de datos.

Siguiendo lo que se ha dicho anteriormente, y una vez el proceso de transformación ha finalizado, el resultado es un solo archivo en formato *csv* que se almacenó en un almacén de datos (sistema de archivos definido con el hospital).

3) Almacenamiento de datos usando *Google Drive*:

Google Drive organiza los datos de manera lógica usando una estructura basada en carpetas y archivos. Los archivos son almacenados dentro de carpetas permitiendo la fácil gestión y acceso a estos, además esto proporciona una manera ordenada de almacenamiento.

Debido a que es un servicio en la nube, *Google Drive* no depende de la ubicación física específica de dispositivos de almacenamiento como discos duros, los datos se almacenan en servidores remotos en la nube y los usuarios pueden acceder a ellos de cualquier lugar con conexión a internet.

Adicionalmente, *Google Drive* proporciona seguridad gracias a que sólo permite el acceso a personas autorizadas por medio de contraseñas y usuarios, lo que evita que personas externas puedan ver o manipular información que se está tratando.

De acuerdo con todo lo anterior en este proyecto y con autorización del hospital se definió un sistema de almacenamiento en *Google Drive* para los archivos fuentes, para el historial de descargas de los archivos del INVIMA y el archivo final procesado con los datos cruzados de ambas fuentes, que posteriormente se conectó con una herramienta de visualización.

4) Tablero de control:

El último producto de la solución implementada, a partir del resultado del proceso *ETL*, es un tablero de control o *dashboard* en la herramienta *POWER BI* que permite visualizar información para el análisis y soporte de la toma de decisiones en la gestión de medicamentos dentro del HPTU:

Para su construcción se tuvieron en cuenta los pasos enunciados en la subsección 3.2.4:

- Identificar el propósito del tablero de control: El propósito del *dashboard* es apoyar la gestión de medicamentos dentro del hospital permitiendo el seguimiento al estado del registro sanitario y el estado del código único de medicamentos. Por lo anterior, y conforme a la necesidad del hospital (ver sección 3.1.5), la información relevante que debe contener el tablero es:
 - Estado del registro sanitario: vigente, vencido, en trámite de renovación, temporalmente no comercializado/vigente, temporalmente no comercializado/en trámite, cancelado, desistido, negado, perdida fuerza ejecución, suspendido.
 - Fecha de vencimiento del registro sanitario.
 - Estado del código único de medicamento: activo o inactivo.

- Cantidad y porcentaje de los medicamentos en el HPTU que tienen desactualizado el registro sanitario.
 - Cantidad y porcentaje de los medicamentos en el HPTU que tienen desactualizado el estado del código único de medicamento.
 - Identificador de muestra médica del INVIMA.
 - Nombre comercial del medicamento.
 - Código interno del HPTU para cada medicamento.
 - Unidad de medida definida por el HPTU para cada medicamento.
 - Código de fracción definido por el HPTU para cada medicamento.
 - Expediente y consecutivo del código único de medicamento (CUM).
 - Identificador único de medicamento (IUM).
-
- Escribir y validar la historia que se va a contar con los datos: La secuencia de análisis recomendada para el usuario es la siguiente: los elementos gráficos que filtran todos los registros de medicamentos del hospital son presentados en primer lugar, para que con ellos a través de diferentes consultas se obtenga información acerca de aquellos medicamentos que requieran de actualización interna de su estado de registro sanitario y de estado CUM.

 - Entender al público a quién va dirigido el tablero: El tablero será para uso interno del departamento de servicios farmacéuticos, es decir, el usuario final comprende el lenguaje técnico de los datos INVIMA por lo que no fue necesario adaptar el lenguaje en el *dashboard*. Adicionalmente fueron añadidos filtros y una tabla detallada con la información requerida.

 - Si no funciona a lápiz y papel no va a funcionar en un tablero de control: En conjunto con el hospital se definieron los datos, gráficos, tablas y filtros necesarios sin saturar el *dashboard*. El resultado de este análisis fue un bosquejo a lápiz y papel que fue aprobado por el jefe de farmacia clínica.

- Usar la imagen institucional en todas las visualizaciones: El diseño del *dashboard* se adaptó de acuerdo a la imagen institucional del HPTU (logos, tipografía, colores y dimensiones).

- Validar y evaluar los resultados obtenidos

La validación y evaluación de cada uno de los productos de la solución estará a cargo del HPTU posterior a la entrega, lo cual es uno de los pasos más importantes debido a que permite su aplicación y uso por parte del departamento de servicios farmacéuticos para su labor diaria.


5. Desarrollo

A continuación, y tomando en cuenta lo que se ha presentado anteriormente, se desarrollaron los siguientes productos de inteligencia de negocios:

1) Modelo de datos:

En conjunto con el equipo de farmacia clínica se eligieron las columnas de interés de ambas fuentes para definir el modelo de datos. Análisis que se consolidó en el siguiente diccionario de datos:

Tabla 2. Modelo de datos de la solución BI

		MODELO DE DATOS PARA LA SOLUCIÓN BASADA EN BI PARA LA GESTIÓN DE MEDICAMENTOS	
	COLUMNA	TIPO DATO	DESCRIPCION
1	Codigo Articulo_H	text	Código asignado a cada registro
2	Nombre del Articulo_H	text	Nombre asignado a cada medicamento
3	Registro Sanitario_H	text	Código del registro sanitario
4	Expediente consecutivo (CUM)_H	text	Expediente consecutivo CUM
5	ATC_H	text	Código de clasificación Anatómica-Terapeutica-Quimica
6	Unidad de Medida_H	text	Unidad de Medida
7	Codigo de la Fraccion_H	text	Código de la fracción
8	Fraccion por Unidad_H	text	Valor de la fracción por unidad
9	IUM_H	text	Identificador único de medicamento
10	Indicador de dispositivo medico_H	text	Indicador para identificar dispositivos
11	Indicador de activo o inactivo_H	text	Indicador del estado CUM
12	Clase de Articulo_H	text	Clasificación por clase de artículo
13	Expediente_INV	text	Expediente de cada medicamento
14	Consecutivo CUM_INV	text	Consecutivo CUM de cada medicamento
15	Nombre del Producto_INV	text	Nombre asignado a cada medicamento
16	Registro Sanitario_INV	text	Código del registro sanitario
17	Estado Registro_INV	text	Estado del registro sanitario
18	Cantidad CUM_INV	text	Cantidad CUM
19	Descripcion Comercial_INV	text	Descripción comercial de cada medicamento
20	Estado CUM_INV	text	Estado CUM
21	Fecha Inactivo_INV	date	Fecha en la que el estado CUM se estableció 'Inactivo'
22	Muestra Medica_INV	text	Indicador de muestra médica
23	ATC_INV	text	Código de clasificación Anatómica-Terapeutica-Quimica
24	Descripcion ATC_INV	text	Descripción del código de clasificación Anatómica-Terapeutica-Quimica
25	Via administracion_INV	text	Vía de administración del medicamento
26	Concentracion_INV	text	Concentración del medicamento
27	Forma Farmaceutica_INV	text	Forma farmacéutica del medicamento
28	IUM_INV	text	Indicador único de medicamento
29	Fecha Vencimiento_INV	date	Fecha de vencimiento del registro sanitario
30	idUnico	text	Clave primaria
31	coincidenciaReg	text	Resultado de la comparación de los registros sanitarios en ambas fuentes
32	coincidenciaCUM	text	Resultado de la comparación del estado CUM en ambas fuentes

** Cada columna que finaliza en **_H** hace referencia a valores con origen en los datos del hospital

** Cada columna que finaliza en **_INV** hace referencia a valores con origen en los datos del INV/IMA

Nota. Elaboración propia

2) Proceso *ETL*:

El proceso de *ETL* que generó la información para suplir la necesidad de hacer seguimiento a los medicamentos del hospital y soportara la toma de decisiones para su adecuada gestión, se desarrolló de la siguiente manera:

- Instalar e importar bibliotecas necesarias para el proceso
 - Realizar petición de descarga e importación de bibliotecas que provee el ambiente de desarrollo con *Python*

- Solicitar permisos a la cuenta de *Google Drive* y conexión con cliente
 - Realizar petición para acceso a la cuenta
 - Definir diccionario de enlaces de API y su nombre
 - Variable cliente para conexión con administrador de API
 - Variable para obtener mes donde en que se realiza descarga

- Descargar archivos crudos a almacenamiento de datos
 - Declarar una variable para la ruta de almacenamiento
 - Ejecutar un ciclo *for* para solicitar a cada API los datos y guardarlos con nombre y mes de creación en formato *CSV*

- Obtener datos en *DataFrames*
 - Crear diccionario para almacenar los *DataFrames*
 - Descargar los datos desde la API y convertirlos en *DataFrame* con su respectivo nombre

- Transformar los cuatro *DataFrames*
 - Obtener *DataFrame* y renombrar
 - Verificar cantidad de filas y columnas
 - Listar columnas para obtención de nombre

- Crear diccionario con nombre de columnas a eliminar
 - Eliminar columnas innecesarias
 - Concatenar columnas *Expediente* y *Consecutivo CUM* para creación de columna *idUnico*
 - Eliminar códigos repetidos en columna *idUnico*
 - Eliminar la palabra INVIMA y espacios de la columna *Registro Sanitario*
 - Normalizar formato fecha de las columnas *Fecha Vencimiento* y *Fecha Inactivo*
 - Crear ruta de guardado en carpeta de *Google Drive*
 - Guardar *DataFrame* transformado en carpeta con nombre y mes de creación en formato CSV
- Transformar archivo del Hospital
- Crear ruta de guardado en carpeta de *Google Drive*
 - Cargar archivo del hospital a *DataFrame*
 - Eliminar de la columna *Clase de Articulo* los datos clasificados como diferentes a *MEDICAMENTO*
 - Llenar registros NULL con *NA* en columna *Expediente Consecutivo CUM*
 - Eliminar los datos NA de la columna *Expediente Consecutivo CUM*
 - Retirar entradas *SALUD PUBLICA* y *MAGISTRAL* de la columna *Expediente consecutivo CUM*
 - Guardar *DataFrame* transformado en carpeta con nombre y mes de creación en formato CSV
- *MERGE* de *DataFrames*
- Relacionar *DataFrame* del hospital con cada uno de los cuatro del INVIMA
 - Concatenar *DataFrames* unidos en un *DataFrame* final
 - Comparar códigos de registros sanitarios del hospital con datos del INVIMA

- Comparar *Indicador de CUM Activo o Inactivo* del hospital con datos del INVIMA
- Guardar *DataFrame* transformado en carpeta con nombre y mes de creación en formato *CSV*
- Crear *DataFrame* con los registros del hospital no encontrados en los datos del INVIMA
- Guardar *DataFrame* de registros no encontrado en carpeta con nombre y mes de creación en formato *CSV*

A continuación, una explicación más detallada los bloques de código clave generados para cumplir con las reglas de negocio solicitadas por el hospital:

➤ Obtener credenciales para conexión con la cuenta de *Google Drive*

```
drive.mount('/content/gdrive')
```

Este código permite establecer una conexión con la cuenta de Google en la que se desea guardar toda la información, cabe aclarar que las carpetas necesarias ya deben estar creadas en Google Drive para establecer las rutas de conexión.

➤ Creación de *DataFrames* desde las *API*

```
# Almacenar DataFrames para cada API
dataframes = {}

# Descargar datos para cada API
for api_name, api_id in dic_url.items():
    # Descargar los datos
    results = client.get(api_id, limit=200000)

    # Convertir los resultados a un DataFrame
    df = pd.DataFrame.from_records(results)

    # Almacenar el DataFrame en el diccionario
    dataframes[api_name] = df

# Cerrar la conexión
```

```

client.close()

# Puedes acceder a los DataFrames resultantes por sus nombres
for api_name, df in dataframes.items():
    print(f"DataFrame {api_name} creado")

```

Primero, crea un diccionario vacío el cual se utilizará para almacenar los *DataFrames* que corresponden a cada API, luego itera a través de los elementos almacenados en el diccionario 'dic_url' realizando peticiones de obtención de información en cada 'api_name' (vigentes, vencidos, Otros Estados, En Trámite de Renovación); cada una de estas peticiones viene con una restricción limitada a 200.000 entradas con el fin de traer la información completa, ya que sin este solo traería una muestra del total. Al finalizar, cada petición los datos se convierten en un DataFrame de *Pandas* mediante el método `pd.DataFrame.from_records(results)` y se almacena en el diccionario '*DataFrames*' bajo cada nombre de la API.

➤ Transformación de los *DataFrames*

Para cada cada *DataFrame* creado con la fuente de datos del INVIMA (*vigentes, vencidos, otros estados y en trámite de renovación*) se realizaron las mismas transformaciones. A continuación, ejemplos con el *DataFrame* *vigentes*:

```

#Crear diccionario con nombre de columnas a eliminar
dic_delete_vig = ['expedientecum',
                 'titular', 'fechaexpedicion', 'fechaactivo', 'principioactivo', 'unidad
referencia', 'nombrerol', 'tiporol', 'modalidad', 'unidad', 'unidadmedid
a', 'cantidad']
#Eliminar columnas que no son necesarias
df_vig.drop(dic_delete_vig, axis=1, inplace=True)

#Crear nueva columna "idUnico" al concatenar Expediente con
Consecutivo Cum
df_vig['idUnico'] = df_vig['expediente'].astype(str)+'-
'+df_vig['consecutivocum'].astype(str)
print(df_vig[['idUnico', 'fechainactivo', 'fechavencimiento']].head(1
0))

```


Se creó un diccionario para identificar las columnas que no son necesarias para los objetivos y se realiza la eliminación con el método *drop*. Luego, se creó la clave primaria en la columna *idUnico* al concatenar las columnas *Expediente* y *Conseutivo CUM*.

```
#Eliminar la palabra INVIMA y dejar solo el código sanitario de la
columna "registrosanitario"
df_vig_final['registrosanitario'] =
df_vig_final['registrosanitario'].str.replace('INVIMA',
'').str.strip()

#Odeñar formato fecha de la columna "fechavencimiento"
df_vig_final['fechavencimiento'] =
pd.to_datetime(df_vig_final['fechavencimiento'])
#Odeñar formato fecha columna "fechainactivo"
df_vig_final['fechainactivo'] =
pd.to_datetime(df_vig_final['fechainactivo'])
```

Debido a que en el archivo del hospital la columna *Registro Sanitario* no contenía la palabra 'Invima' como sí estaba en los archivos del INVIMA para la misma columna, fue necesario eliminar esa palabra para poder realizar la comparación de los datos de ambas fuentes. Para ello, se utilizaron los métodos *str.replace* y *str.strip*.

Además, en las columnas *Fecha Vencimiento* y *Fecha Inactivo*, se usó el método *pd.to_datetime* con el fin de convertir todos esos datos a un formato de fecha único.

➤ Transformación al archivo del hospital

```
#Tomar el archivo del mes actual de la carpeta y tomar la ruta de
este
file_path= "/content/gdrive/MyDrive/DlloFSNP/HPTU/ivart5.xlsx"

df_hptu = pd.read_excel(file_path)
```

Obtener la ruta donde se almacenó el archivo y convertirlo en un *DataFrame*

```
#Dejar en la columna 'clase de articulo' solo Medicamentos
df_hptu = df_hptu[df_hptu['Clase de Artículo'] == 'Medicamento']
```

Se seleccionan registros filtrando el valor *MEDICAMENTO* en la columna *Clase de Artículo* y se eliminan las demás.

```
#Llenar registros NULL con "NA":

df_hptu.fillna("NA", inplace=True)
print(df_hptu[['Expediente consecutivo (CUM)']].head(20))

#Retirar los NA de la columna
df_hptu = df_hptu[df_hptu['Expediente consecutivo (CUM)'] != 'NA']

#Retirar palabras 'SALUD PUBLICA' y 'MAGISTRAL'
df_hptu = df_hptu[df_hptu['Expediente consecutivo (CUM)'] != 'SALUD PUBLICA']
df_hptu = df_hptu[df_hptu['Expediente consecutivo (CUM)'] != 'MAGISTRAL']
```

Para poder eliminar los espacios vacíos en la columna *Expediente consecutivo (CUM)*, fue necesario llenar estos con el método *fillna()* y luego usando lógica de programación de *Python* se retiran de la columna todas aquellas entradas que se llamen NA. Adicionalmente, finalizar la limpieza de esta columna, se retiran las entradas llamadas *SALUD PUBLICA* y *MAGISTRAL*.

➤ *MERGE* al *DataFrame* final

```
#Unión de DF Hospital con los registros del INVIMA
df_merged_vig = pd.merge(df_hptu, df_vig_final, left_on="Expediente consecutivo (CUM)", right_on="idUnico", how="inner")
df_merged_ven = pd.merge(df_hptu, df_ven_final, left_on="Expediente consecutivo (CUM)", right_on="idUnico", how="inner")
df_merged_otro = pd.merge(df_hptu, df_otro_final, left_on="Expediente consecutivo (CUM)", right_on="idUnico", how="inner")
df_merged_tra = pd.merge(df_hptu, df_tra_final, left_on="Expediente consecutivo (CUM)", right_on="idUnico", how="inner")
```

Con el código anterior, se verifica cada uno de los registros en el *DataFrame* del hospital con los cuatro correspondientes al INVIMA. La lógica es la siguiente: para cada entrada en la columna *Expediente Consecutivo (CUM)* del hospital se busca su igual en la columna *idUnico* en INVIMA, si se encuentra la relación, se crea un *DataFrame* únicamente con esos registros. Este paso es uno de los más importantes por lo que en el resultado se encuentran los datos a comparar que permite el logro de los objetivos propuestos.

```
# Concatenar los DataFrames para generar df_final
df_final = pd.concat([df_merged_vig, df_merged_ven, df_merged_otro,
df_merged_tra], ignore_index=True)
```

Aquí se creó el *DataFrame* final al concatenar las comparaciones del paso anterior. El resultado es un archivo con los registros de medicamentos en el hospital más los datos que proporciona el INVIMA para cada uno. Este resultado, posteriormente fue almacenado como un archivo CSV.

En conclusión, con el proceso de *ETL* se logró comparar los datos del HPTU y los datos del INVIMA referentes al estado del registro sanitario y al estado CUM para medicamentos, entre otros, permitiendo identificar cuales medicamentos tenían esos datos desactualizados por parte del hospital.

3) *Dashboard*:

A partir del resultado del producto anterior y conforme a los requerimientos y validación por parte del equipo de farmacia clínica, para el seguimiento al estado del registro sanitario y al estado CUM de los medicamentos que usa el HPTU para la prestación de sus servicios, se construyó el siguiente tablero:

Figura 3. Dashboard para el HPTU



**Elaboración propia


Nota. Con el fin de acatar las restricciones y no publicar información real del hospital, los datos en la imagen han sido alterados.

Para el título del tablero, “Tablero de control para el seguimiento al estado del registro sanitario y al estado CUM de medicamentos del Hospital Pablo Tobón Uribe”, se hizo un encabezado con los colores institucionales y el logo del HPTU. Los elementos visuales están organizados de la siguiente manera:




Es un conteo de la cantidad de medicamentos que el hospital ha registrado en su base de datos; estos no son necesariamente medicamentos que se encuentren en stock, sino que en algún momento se han usado para la prestación de servicios en el hospital.

REGISTROS SANITARIOS

Todas 


Permite filtrar los registros de medicamentos según los diferentes estados del registro sanitario para medicamentos.

ESTADOS CUM

Todas 

Permite filtrar los registros de medicamentos según los estados del Código Único de Medicamento (CUM)

UNIDAD DE MEDIDA

Todas 


Permite filtrar los registros de medicamentos según la unidad de medida definida para cada uno por el HPTU

CÓDIGO DE FRACCIÓN

Todas 



Permite filtrar los registros de medicamentos según el código de fracción definido para cada uno por el HPTU

MUESTRA MEDICA

Todas 

Permite filtrar los registros de medicamentos según si son o no muestra médica según lo define el INVIMA

Buscar por código del artículo

Search  

Permite filtrar los registros según el código de artículo definido para cada medicamento por parte del HPTU

Buscar por expediente consecutivo CUM  

Permite filtrar los registros de medicamentos por la clave primaria definida a partir de la concatenación de las columnas expediente CUM y consecutivo CUM

Buscar por IUM  

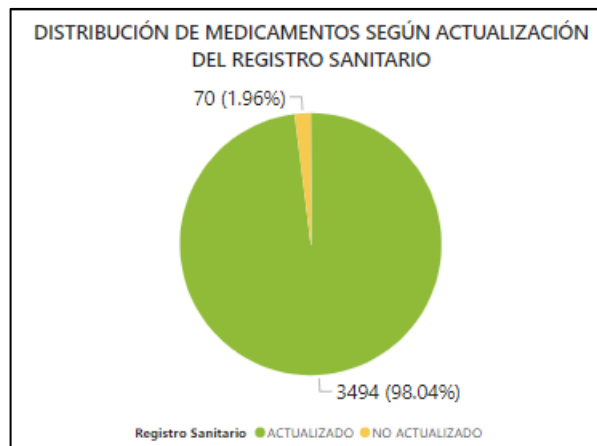
Permite filtrar los registros de medicamentos por el identificador único de medicamentos que está comenzando a implementar el INVIMA

Buscar por registro sanitario  

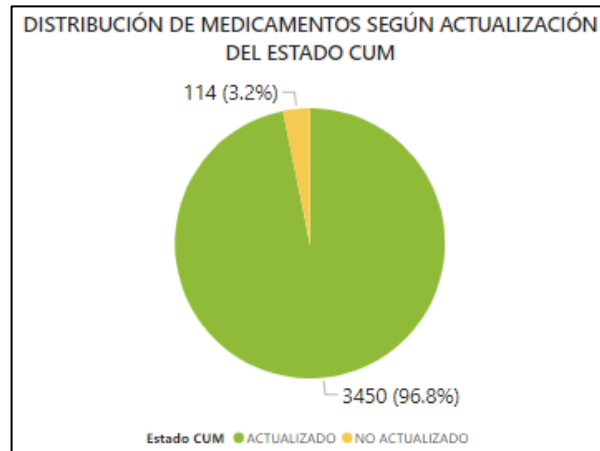
Permite filtrar los registros de medicamentos por el número de su registro sanitario definido por el INVIMA

Buscar por fecha vencimiento del registro sanitario  

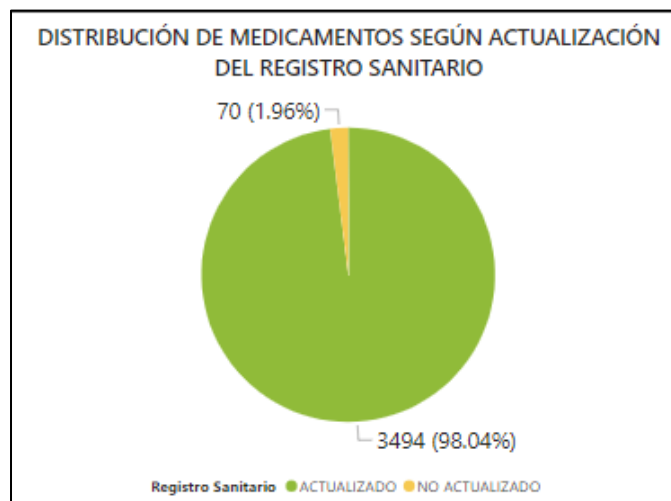
Permite filtrar los registros de medicamentos según la fecha de vencimiento del registro sanitario en un formato de año – mes – día



Representa la cantidad de los medicamentos registrados según el estado de su registro sanitario. Esta distribución corresponde a la última actualización por parte del INVIMA, cabe aclarar que esto se debe a que el hospital en sus registros no tenía una columna con los estados del registro sanitario.



Representa la cantidad y el porcentaje de medicamentos en los registros del HPTU que tienen un estado CUM desactualizado respecto a la última modificación por parte del INVIMA



Representa la cantidad y el porcentaje de medicamentos en los registros del HPTU que tienen un registro sanitario desactualizado respecto a la última modificación por parte del INVIMA.

Codigo Articulo_H	Expediente consecutivo (CUM)_H	IUM_H	IUM_INV	Nombre del Articulo_H	Medida_H	Fracción_H	Registro Sanitario_H	Registro Sanitario_INV	Fecha Vencimiento_INV	Estado CUM_H	Estado CUM_INV
H010008	19938454-1	NA		Somatin 3 mg Polvo para reconstituir (Somatostatina) [RG]	vi	vi	2004M-0003061	2004M-0003061		S	Activo
C070074	19943592-3	NA		Metoprolol TARTRATO 50 mg Tirilla x 10 Tabletas MK (Drog) [RG]	cj	tt	2004M-0003219	2004M-0003219	2014-04-22	S	Activo
R060077	52608-1	NA		Loratadina 1 mg/ mL (0.1%) Jarabe Frasco x 100mL Genfar (FP)	fc	fc	2005 M-001487 R1	2005 M-001487 R1	2015-06-21	S	Activo
R050126	19968351-3	NA		Noxpirin Ultra 500mg/20mg/5mg Jarabe Dia-Noche Frasco x 120mL (Acetaminofen/fenilefrina/cetiriz) (FP)	fc	fc	2006M-0006401	2006M-0006401	2016-10-05	S	Activo
J010217	18933-2	NA		Eritromicina 500 mg tableta Genfar (FP)	cj	ta	2006M-002701 - R1	2006M-002701 - R1	2016-01-24	S	Activo
A110161	200779-8	NA		Arcalion 200mg Frasco x 20 Comprimidos (Sulbutiamina)(FP)	cj	fc	2007M-0100069R1	2007M-010069 R1	2017-12-20	S	Activo
N020082	19972249-8	NA		Acetaminofen 500 mg Tableta (Unidosis) Farmatech	ta	ta	2007M-0007140	2007M-0007140	2017-07-30	S	Inactivo
R050109	19976614-3	NA		Descongela Gripe 500 mg/10 mg/5 mg Blister x 4 Capsulas (Acetaminofen/Fenilefrina/Loratadina) (FP)	cj	tt	2007M-0007256	2007M-0007256	2017-09-05	S	Activo
A110088	23440-10	NA		Tiamina 300 mg Tableta Ecar (Institucional)	cj	ta	2007M-0007263-R2	2007M-0007263-R2		S	Activo
N080054	29984-3	NA		Valium 10 mg/2 mL Solucion inyectable Ampolla (Diazepam) [AR]	cj	am	2007M-000729-R3	2007M-000729-R3	2017-10-18	S	Inactivo
C070060	19976470-3	NA		Metoprolol TARTRATO 50 mg Tableta Genfar (Institucional) [RG]	cj	ta	2007M-0007318	2007M-0007318		S	Inactivo
C070095	19976470-2	NA		Metoprolol Tartrato 50mg Caja x 30 Comprimidos Genfar (RG) (FP)	cj	cj	2007M-0007318	2007M-0007318		S	Inactivo
N080148	19978468-1	NA		Clonazepam 0.5 mg Caja x 30 Tabletas Genfar (FP)	cj	cj	2007M-0007357	2007M-0007357	2017-10-08	S	Activo

Permite filtrar los registros de medicamentos consultados a través de los diferentes filtros, mostrando un resumen de todos los elementos gráficos que contiene el tablero

6. Resultados

Conforme al almacenamiento definido y al proceso ETL, se crearon las siguientes rutas de carpetas para extracción y almacenamiento:

- InvimaStorage: Se encuentran almacenados los cuatro archivos según la distinción del INVIMA
- HPTU: Aquí se almacenan los archivos que el hospital necesita comparar
- CleanData: Se almacenan todos los archivos del INVIMA luego de pasar por el proceso de la ETL.
- Resultado: En esta se encuentran los archivos finales luego de fusionar los datos del INVIMA con la del Hospital.

El procesamiento (ETL) para los archivos del INVIMA resultó en pasar de 29 columnas a tan sólo 28 y dependiendo del archivo se redujeron su cantidad de filas, por ejemplo: para el mes de Diciembre el archivo *Vigentes* pasó de 144,564 filas a 61,184. En la siguiente imagen se puede observar el resultado:

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
expediente	producto	registrosanitario	estadoregistro	consecutivocum	cantidadcum	descripcioncomerci	estadocum	fechaactiv	muestramedica	atc	descripcionatc	viaadministr	concentracion	formafarmac	um	fechavencim	idUnico
19942122	OMEPRAZOLÁ* CAPSUL	2019M-0003018-R2	Vigente	24	126	PRESENTACIÓN IN	Inactivo	22/10/2019	No	A02BC01	OMEPRAZOL ORAL	A		CAPSULA DURA		19942122-24	
20048021	CARDIK Á* 3 160/5/12.5	2023M-0013598-R2	Vigente	41	203	PRESENTACION IN	Inactivo		No	C09DX01	VALSARTAN AI ORAL	A		TABLETA RECUBIERTA		20048021-41	
45821	RYTMONORMÁ* 300 MG	2015M-004879-R3	Vigente	20	10	CAJA POR 10 TABLET	Activo		No	C01BC03	PROPAFENON/ ORAL	A		TABLETA CUBIERTA (GRAGEA)		45821-20	
19937616	AVODARTÁ*0.5 MG	2014M-0002962-R1	Vigente	4	10	MUESTRA MEDICA.	Activo		Si	G04CB02	DUTASTERIDA ORAL	A		CAPSULA BLANDA		19937616-4	
20163993	CARMELUBÁ* PLUS UD	2021M-0020061	Vigente	5	10	2C1012371002104 M	Inactivo		Si	S01XA20	LAGRIMAS ART OFTÁLMICA	C		SOLUCION OFTÁLMICA		20163993-5	
19937061	NORAVEL- G CONTRA LC	2023M-0002622-R2	Vigente	38	8	CAJASIN DATOPOR	Inactivo	6/12/2013	No	M01AE51	IBUPROFEN CO ORAL	A		CAPSULA DURA		19937061-38	
20025951	TASIGNAÁ* 150 MG CAP	2023M-0011944-R2	Vigente	16	120	MUESTRA MÁ%DIC	Inactivo	16/12/2019	Si	L01XE08	NILOTINIB ORAL	A		CAPSULA DURA		20025951-16	
207609	CAMPTOSARÁ* 100 MG	2023M-006836-R3	Vigente	12	5	CAJA CARTÁ" N POR	Activo		No	L01XX19	IRINOTECAN INTRAVENO: C	C		SOLUCION INYECTABLE		207609-12	
51066	CIPROFLOXACINO TABLET	2021M-001483-R3	Vigente	3	100	CAJA POR 100 TABLET	Activo		No	J01MA02	CIPROFLOXACI ORAL	A		TABLETA RECUBIERTA		51066-3	
19989090	EZETIMIBE10 + SIMVAST.	2021M-0008464-R1	Vigente	5	4	MUESTRA MÁ%DIC	Activo		Si	C10AA51	SIMVASTATINA ORAL	A		TABLETA RECUBIERTA		19989090-5	
19978181	PROPRANOLOL 40 MG T.	2007M-0007474	Vigente	34	60	PRESENTACIÓN US	Activo		No	C07AA05	PROPRANOLOL ORAL	A		TABLETA		19978181-34	
20096050	EPTAVIS ADULTOS 3G.	2015M-0016363	Vigente	1	6	PRESENTACIÓN CO	Activo		No	G01AX14	LACTOBACILOS ORAL	A		GRANULOS		20096050-1	
20075653	HIDRAPLUS 60 CON ZINC	2022M-0015692-R1	Vigente	44	8	MUESTRA MEDICA.	Activo		Si	A07CA99	ELECTROLITOS ORAL	B		SOLUCION ORAL		20075653-44	
40026	ORAZOLE 40 MG CAPSUL	2012M-012793-R2	Vigente	14	30	USO INSTITUCIONAL	Activo	11/09/2020	No	A02BC01	OMEPRAZOL ORAL	A		CAPSULA DURA		40026-14	
20021743	CORDIAXÁ* 40 MG TABL	2017M-0012129-R1	Vigente	35	3	MUESTRA MÁ%DIC	Inactivo	16/05/2017	Si	C09CA07	TELMISARTAN ORAL	A		TABLETA		20021743-35	
19961424	TRAMALÁ* LONG 50MG	2016M-0005192-R1	Vigente	1	10	CAJA POR 1 BUSTER	Activo		No	N02AX02	TRAMADOL ORAL	A		TABLETA DE LIBERACION PROLONGADA		19961424-1	
20124752	LYNPARZÁÁ* 150 MG	2023M-0018165-R1	Vigente	1	112	101024411000100: C	Activo		No	L01XX46	OLAPARIB ORAL	A		TABLETA REC.101024411000100		20124752-1	
20055848	PIROXICAM 40 MG/2ML	2022M-0014710-R1	Vigente	14	15	MUESTRA MEDICA.	Activo		Si	M01AC01	PIROXICAM INTRAMUSCULA	A		SOLUCION INYECTABLE		20055848-14	
20042480	HIDRAPLUSÁ* 45 CON ZI	2020M-0013239-R1	Vigente	294	1	MUESTRA MÁ%DIC	Activo		Si	A07CA99	ELECTROLITOS ORAL	B		SOLUCION ORAL		20042480-294	
20030605	NUTRIFLEX Á* OMEGA SÍ	2017M-0012937-R1	Vigente	3	5	CAJAS CON 5 BOLSA	Activo		No	B05BA10	COMBINACION INTRAVENO: A	A		EMULSION INYECTABLE		20030605-3	
20094212	BISOPROLOL 5 MG	2021M-0016454-R1	Vigente	3	30	MUESTRA MÁ%DIC	Activo		Si	C07AB07	BISOPROLOL ORAL	A		TABLETA RECUBIERTA		20094212-3	
20084690	ENOXAPARINASODICA J	2021MB-0016141-R1	Vigente	12	100	CAJA PLEGADIZA PC	Activo		No	B01AB05	ENOXAPARINA INTRAVENO: S	S		SOLUCION INYECTABLE		20084690-12	

Respecto al archivo enviado por el hospital, se conservan las mismas columnas, aunque no se utilizan en su totalidad, esto con el propósito de dejar abierto a algún nuevo requerimiento a implementar, sin embargo, las filas se redujeron de 9,801 a 3,568. En la siguiente imagen se muestra el resultado de la transformación:

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Codigo Articulo	Nombre del Ar	Registro Sanitario INVIMA	Expediente consecutivo (CUM)	ATC	Unidad de Medida	Codigo de la Fraccion	Fraccion por Unidad	Identificador	Indicador de	Indicador de activo o inactivo	Clase de Articulo
A010020	Isodine Bucofa 2020M-002443-R4	34644-5	40974-4	R02AA15	fc	fc	1 NA	N	S		Medicamento
A010021	Benzirin Verde 2020M-004678-R4	40974-4	19962766-1	A01AD02	fc	fc	1 NA	N	S		Medicamento
A010022	Benzirin Forte 2023M-0006145-R2	19962766-1	40974-19	A01AD02	fc	fc	1 NA	N	S		Medicamento
A010023	Benzirin Verde 2020M-004678-R4	40974-19	19900063-5	A01AD02	fc	fc	50 NA	N	S		Medicamento
A010025	Tetralysal 300 i 2023M-0000813-R3	19924729-4	40227-1	A01AB13	cj	cj	1 NA	N	S		Medicamento
A010032	Daktarin 2% Ge 2021M-003974-R4	40227-1	34644-3	A01AB09	tu	tu	1 NA	N	S		Medicamento
A010033	Isodine Bucofa 2020M-002443-R4	34644-3	19900063-5	R02AA15	fc	fc	1 NA	N	S		Medicamento
A010034	Benzirin Verde 2009 M-012641 R1	19900063-5	40375-1	A01AD02	cj	tt	3 NA	N	S		Medicamento
A010038	ClaraA x 4mg B 2007M-006848-R1	40375-1	24380-2	A01AB03	cj	tt	1 NA	N	S		Medicamento
A020004	Milpax Chicle (2019M-006932-R2	24380-2	19977699-3	A02AB10	fc	fc	1 NA	N	S		Medicamento
A020006	Hidroxido de a 2007M-0007436	19977699-3	19979348-3	A02AF02	fc	fc	1 NA	N	S		Medicamento
A020011	Pepsamar 6.15 2020M-0007133-R1	19979348-3	32392-2	A02AB01	fc	fc	1 NA	N	S		Medicamento
A020014	Ditopax (282 m 2009M-001608-R3	32392-2	24380-3	A02AF02	cj	ta	50 NA	N	S		Medicamento
A020017	Milpax Cereza 2019M-006932-R2	24380-3	36743-3	A02AB10	fc	fc	1 NA	N	S		Medicamento
A020024	Alsucral 1 g Tat 2010M-011598R2	36743-3	19963586-4	A02BX02	cj	ta	20 NA	N	S		Medicamento
A020041	Segregam 40 m 2021M-0005565-R2	19963586-4	19995986-2	A02BC02	cj	ta	14 NA	N	S		Medicamento
A020049	Nexium 10 mg 2008M-0008823	19995986-2	42932-7	A02BC05	cj	so	28 NA	N	S		Medicamento
A020050	Bisbacter 262 m 2018M-013059-R3	42932-7		A02BX05	cj	ta	48 NA	N	S		Medicamento

Antes de implementar la ejecución, realizar el proceso manual de identificación del estado de los registros de medicamentos podía tomar horas, por lo que implicaba descargar los archivos de forma manual, guardarlos en una carpeta y luego descargar la información del hospital en Excel para comparar los archivos a través de un *Buscar V*. Además, en este proceso, la persona encargada sólo buscaba la información en el archivo de *Vigentes* la fecha del vencimiento del registro sanitario y estado CUM, en caso de que no se encontrara el medicamento allí se debía revisar en los otros archivos INVIMA para realizar la búsqueda y encontrarlo.

En resumen, era un proceso poco eficiente por el tiempo que requería realizarlo a la persona encargada, además era incompleto ya que no realizaba las comparaciones con cada archivo que se lograron con el proceso *ETL* para generar información valiosa que apoyara la gestión de los medicamentos en el hospital.

Ahora, con la implementación de la solución, las actividades necesarias por parte del encargado del proceso son: descargar en archivo plano la base de datos de los medicamentos del hospital y almacenarlo en la carpeta designada, para luego ejecutar el código y en cuestión de alrededor de 11 segundos (tiempo tomado al ejecutar cada uno de los bloques de código en computador personal) obtener las comparaciones en un archivo final. El ahorro en tiempo es considerable respecto al proceso manual, además

de generar un valor agregado por lo que no sólo compara los registros sanitarios y trae sus fechas de vencimiento, sino que también verifica si el CUM cambió mostrando su estado actual para cada medicamento, la fecha de inactividad para el CUM, el identificador de muestra médica. Adicionalmente, se generó un archivo que muestra los medicamentos registrados en hospital que no se encontraron en ningún registro del INVIMA.

En las siguientes imágenes, se presenta la ejecución que respalda los resultados previamente mencionados, con el fin de observar desde otra perspectiva el valor de la solución:

- Cantidad de datos procesados y transformados en *Vigentes*:

```
✓ [11] num_filas = df_vig.shape[0]
0s   num_columnas = df_vig.shape[1]

print("Número de filas:", num_filas)
print("Número de columnas:", num_columnas)

Número de filas: 145061
Número de columnas: 29
```

- Cantidad de datos procesados y transformados en *Vencidos*

```
✓ #Validar cantidad de filas y columnas en DF
0s   num_filas = df_ven.shape[0]
num_columnas = df_ven.shape[1]

print("Número de filas:", num_filas)
print("Número de columnas:", num_columnas)

➡ Número de filas: 151487
Número de columnas: 29
```

- Cantidad de datos procesados y transformados en *Trámite de Renovación*

```
✓ [31] #Validar cantidad de filas y columnas en DF
0s num_filas = df_tra.shape[0]
num_columnas = df_tra.shape[1]

print("Número de filas:", num_filas)
print("Número de columnas:", num_columnas)
```

```
Número de filas: 11397
Número de columnas: 29
```

- Cantidad de datos procesados y transformados en *Otros Estados*

```
✓ [41] #Validar cantidad de filas y columnas en DF
0s num_filas = df_otro.shape[0]
num_columnas = df_otro.shape[1]

print("Número de filas:", num_filas)
print("Número de columnas:", num_columnas)
```

```
Número de filas: 84832
Número de columnas: 29
```

- Cantidad de datos procesados del Hospital

```
✓ [51] #Tomar el archivo del mes actual a la carpeta y tomar la ruta de este
3s file_path= "/content/gdrive/MyDrive/DlloFSNP/HPTU/ivart5.xlsx"

df_hptu = pd.read_excel(file_path)

num_filas = df_hptu.shape[0]
num_columnas = df_hptu.shape[1]

print("Número de filas:", num_filas)
print("Número de columnas:", num_columnas)
```

```
Número de filas: 9801
Número de columnas: 12
```

- Cantidad de datos en el archivo final

```
✓ 0s ▶ num_filas = df_final.shape[0]
      num_columnas = df_final.shape[1]

      print("Número de filas:", num_filas)
      print("Número de columnas:", num_columnas)

      Número de filas: 3564
      Número de columnas: 32
```

- Cantidad de registros de medicamentos no encontrados

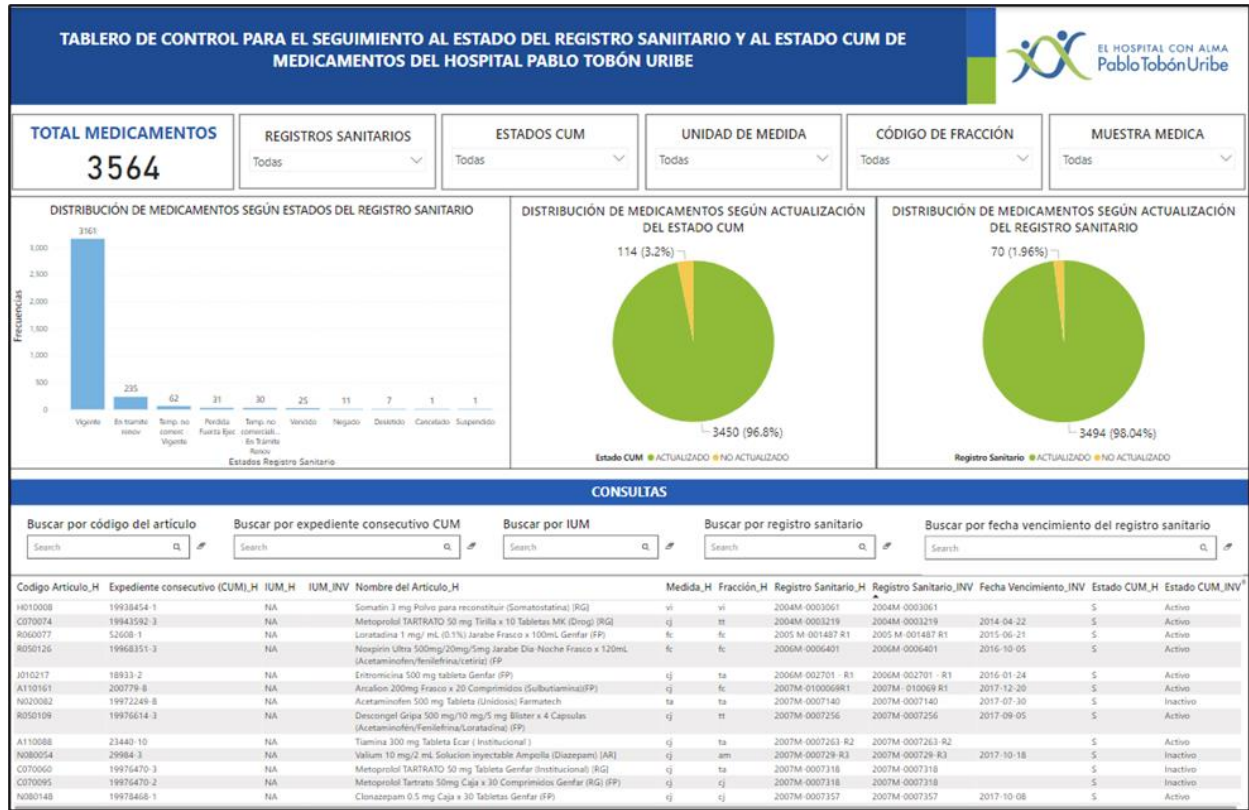
```
✓ 0s ▶ num_filas = df_no_encontrados.shape[0]
      num_columnas = df_no_encontrados.shape[1]

      print("Número de filas:", num_filas)
      print("Número de columnas:", num_columnas)

      ➡ Número de filas: 3
      Número de columnas: 12
```

Por último, con el fin de generar información valiosa y apoyar la toma de decisiones en la gestión de medicamentos del HPTU, los resultados anteriores se visualizaron en un tablero de control por el cual a través de una consulta o aplicar los filtros necesarios el hospital pudo ágilmente hacer el seguimiento al registro sanitario y al estado CUM:

Figura 3. Dashboard para el HPTU



**Elaboración propia

Nota. Con el fin de acatar las restricciones y no publicar información real del hospital, los datos en la imagen han sido alterados.

7. Conclusiones

Esta solución permitió identificar errores en los registros de medicamentos por parte del INVIMA y de datos desactualizados en el hospital de forma automática, eficaz y masiva ahorrando tiempo y esfuerzo al hospital en la validación manual. Por ello, es preciso considerar integrar la solución con el sistema de decisiones interno del hospital.

Adicionalmente, se concluye lo siguiente de acuerdo con cada objetivo específico:

- Se identificaron los obstáculos que afectan la eficiencia en el seguimiento del registro sanitario INVIMA para los medicamentos manejados en el hospital los cuales fueron detallados en la subsección 3.1.5.
- Se definió una solución basada en *BI* para el seguimiento del registro sanitario de medicamentos en el Hospital Pablo Tobón Uribe, la cual constó de: modelo de datos, proceso de *ETL* y un tablero de control.
- Se modeló una bodega de datos multidimensional para el análisis de los datos por medio de *Pandas* en el entorno de desarrollo *Google Colab*, y un esquema de archivos (aprobado por el hospital el cual será desplegado en una bodega interna modelada en copo de nieve) provenientes del INVIMA y del hospital que permita la integración y almacenamiento de los datos.
- Se realizó un tablero de control y un archivo *csv* el cual permite la identificación y gestión de la información del hospital e INVIMA, la detección de riesgos y la gestión de la lista de medicamentos del hospital para el cumplimiento de las regulaciones y requisitos establecidos por el INVIMA para el uso de estos en la institución.

- A partir de los productos de inteligencia de negocios generados fue posible facilitar la toma de decisiones basadas en datos integrados y oportunamente actualizados sobre los medicamentos.

Así pues, a partir de todo el trabajo dispuesto en el documento se puede apreciar que fue posible la implementación de una solución de inteligencia de negocios que permitió la mejora en la gestión de medicamentos y cumplimiento de los requisitos establecidos por el INVIMA, integrando, analizando y generando información precisa y oportuna sobre el estado de los medicamentos en el Hospital Pablo Tobón Uribe, permitiéndole al personal responsable del departamento de servicios farmacéuticos tomar decisiones informadas que permitan evitar sanciones frente al Estado colombiano relacionadas con la inadecuada gestión de los registros de medicamentos.

8. Recomendaciones

Conforme al desarrollo del presente proyecto, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Desplegar la solución en la arquitectura tecnológica definida internamente en el hospital y realizar gestión del cambio con el equipo del departamento de servicios farmacéuticos para garantizar el uso de la herramienta y la generación de información en el día a día.
- Automatizar (programar) la actualización mes a mes sin intervenciones externas.
- Implementar indicadores de gestión y un sistema de notificación/alertamiento que permita optimizar los flujos de trabajo al interior del hospital para el tema de gestión de registros de medicamentos.
- Generar un proceso masivo de reporte de los casos identificados con información errónea e inválida por parte del INVIMA

Por último, y adicionalmente a las anteriores recomendaciones, es importante priorizar la pronta modificación de los registros sanitarios y estados CUM que fueron hallados desactualizados dentro del sistema de información para medicamentos en el hospital.

Referencias

1. Hackl WO, Neururer SB, Schweitzer M, Pfeifer B. Making a Virtue of Necessity - A Highly Structured Clinical Data Warehouse as the Source of Assured Truth in a Hospital. *Stud Health Technol Inform.* 2023 May 2;301:180–5.
2. Mettler T, Vimarlund V. Understanding business intelligence in the context of healthcare. *Health Informatics J* [Internet]. 2009 [cited 2023 Oct 27];15(3):254–64. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19713399/>
3. Curto Diaz Josep. Introducción al Business Intelligence. Editorial UOC; 2012. 1–60 p.
4. What is Business Intelligence (BI)? | Definition from TechTarget [Internet]. [cited 2023 Oct 27]. Available from: <https://www.techtarget.com/searchbusinessanalytics/definition/business-intelligence-BI>
5. Humberto Medina E, Ochoa Crespo J, Torres Palacios M, Palacios Tapia J. Business Intelligence aplicado al sector Salud. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía* [Internet]. 2020 Aug 15 [cited 2023 Oct 29];5(3):622–50. Available from: <https://fundacionkoinonia.com.ve/ojs/index.php/revistakoinonia/article/view/914>
6. AWS. ¿Qué es Python? - Explicación del lenguaje Python - AWS [Internet]. [cited 2024 Jan 7]. Available from: <https://aws.amazon.com/es/what-is/python/>
7. Aguirre S. Introducción a Python. RedUsers, editor. 2020.
8. Marino DJ. Using business intelligence to reduce the cost of care. *Healthcare Financial Management* [Internet]. 2014 Mar 1 [cited 2023 Nov 19];68(3):42–6. Available from: <https://go.gale.com/ps/i.do?p=AONE&sw=w&issn=07350732&v=2.1&it=r&id=GALE%7CA364691467&sid=googleScholar&linkaccess=fulltext>
9. MINSALUD. INVIMA [Internet]. [cited 2024 Jan 17]. Available from: <https://www.invima.gov.co/el-instituto/que-hacemos>
10. Kitchenham BA, Dybå T, Jørgensen M. Evidence-based software engineering. *Proceedings - International Conference on Software Engineering* [Internet]. 2004 [cited 2023 Oct 30];26:273–81. Available from: https://www.researchgate.net/publication/4083466_Evidence-based_software_engineering

11. Yi WM, Bernstein A, Vest MH, Colmenares EW, Francart S. Role of Pharmacy Analytics in Creating a Data-Driven Culture for Frontline Management. *Hosp Pharm* [Internet]. 2021 Oct 1 [cited 2024 Jan 5];56(5):495–500. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0018578720920799>
12. Vest MH, Colmenares EW, Pappas AL. Transforming data into insight: Establishment of a pharmacy analytics and outcomes team. *American Journal of Health-System Pharmacy* [Internet]. 2021 Jan 1 [cited 2024 Jan 5];78(1):65–73. Available from: <https://dx-doi-org.udea.lookproxy.com/10.1093/ajhp/zxaa411>
13. González Pérez C, Llorente Sanz L, Torrego Ellacuría M, Molinero Muñoz M, Liras Medina Á, García Sacristán AA, et al. Business intelligence for the visualization and data analysis of Telepharmacy activity indicators in a hospital pharmacy service scorecard | Inteligencia empresarial para la visualización y análisis de datos de indicadores de actividad de Telefarmacia. *Farmacia Hospitalaria*. 2022;46:24–30.
14. Pulgarín JA. Inteligencia de negocios y su aplicacion en cinco instituciones prestadoras de servicios de salud de Medellin, 2014. [Medellin]: Universidad de Antioquia; 2016.
15. Guerrero de la Hoz GO. La inteligencia de negocios en la integración y estructuración de la información para preparar el cálculo de la reserva técnica en las EPS [Internet]. [Chía]: Universidad de la Sabana; 2019 [cited 2024 Jan 7]. Available from: <https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/35456>
16. Martínez JW, Suárez YS. Construcción de un prototipo de base de conocimientos sobre los registros individuales de procedimientos en salud y el sismed para el ministerio de salud de Colombia. [Bogotá]: UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSE DE CALDAS”; 2018.
17. Otálora JS, Bravo CA. Prototipo de gestor de medicación utilizando bases de datos noSQL. [Bogotá]: UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”; 2018.
18. Sherman R. The Business Demand for Data, Information, and Analytics. In: *Business Intelligence Guidebook*. Elsevier; 2015. p. 3–19.
19. Departamento administrativo de la función pública. Analítica institucional: el poder de los datos en el sector público [Internet]. 2022 Sep. Report No.: 1. Available from: www.funcionpublica.gov.co

20. ORACLE. ¿Qué es una base de datos? [Internet]. [cited 2024 Jan 18]. Available from: <https://www.oracle.com/co/database/what-is-database/>
21. MICROSOFT. ¿Usar Access o Excel para administrar los datos? [Internet]. [cited 2024 Jan 18]. Available from: <https://support.microsoft.com/es-es/office/usar-access-o-excel-para-administrar-los-datos-09576147-47d1-4c6f-9312-e825227fcaea>
22. Kimball R, Caserta J. The Data Warehouse ETL Toolkit. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc; 2004. 1–526 p.
23. Ponniah Paulraj. Data warehousing fundamentals for IT professionals. John Wiley & Sons; 2010.
24. Trejos OI, Muñoz LE. Introducción a la programación con Python [Internet]. Ra-Ma S.A., editor. Ra-Ma S.A. Editorial y Publicaciones; 2021 [cited 2024 Jan 7]. Available from: https://www.google.com.co/books/edition/Introducci%C3%B3n_a_la_programaci%C3%B3n_con_Pyt/KEi9EAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1