



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Gestión de datos clínicos mediante un
tablero de control en hospitalización**

TESINA

Que para obtener el título de

Ingeniero en Sistemas Biomédicos

P R E S E N T A

Marcos Andrés Osorio Pineda

DIRECTORA DE TESINA

Dra. Zaida Estefanía Alarcón Bernal



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2026



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL
(Titulación con trabajo escrito)**



De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado GESTION DE DATOS CLINICOS MEDIANTE UN TABLERO DE CONTROL EN HOSPITALIZACION que presenté para obtener el título de INGENIERO EN SISTEMAS BIOMÉDICOS es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

MARCOS ANDRES OSORIO PINEDA
Número de cuenta: 316323710

Jurado Asignado

Presidente: M.I. Serafín Castañeda Cedeño

Vocal: Dra. Zaida Estefanía Alarcón Bernal

Secretario: M.A. Erick Alejandro Rodríguez Ordoñez

1er Suplente: M.I. Nilse Pamela Romero Basurto

2do Suplente: Ing. Elizabeth Laguna Romero

Ciudad de México

Directora de tesina

Dra. Zaida Estefanía Alarcón Bernal

Agradecimientos

A mi abuelita, mi tío y mi papá **Margarita, Antonio y Carlos**, por su gran amor y su guía constante a lo largo de mi vida y mi carrera, por hacer todo en sus posibilidades para que yo pudiera salir siempre adelante, por siempre apoyarme en todo y creer en mí.

A mi prometida, **Analuz** por ser uno de los pilares de mi vida, por todo tu amor y paciencia, por acompañarme durante gran parte de mi carrera, por acompañarme siempre a donde fuera, por siempre creer en mí y por darme siempre los ánimos que necesitaba aún en los días más difíciles.

A mi mejor amigo **Edgar Constantino**, por siempre acompañarme, escucharme y aconsejarme y por todo lo que hemos vivido.

A mis amigos **Edgar, Paulina y Pamela** porque sin ustedes no podría haberlo conseguido, por la amistad que hicimos, porque, aunque en algún punto ya no coincidíamos tanto, siempre tratamos de apoyarnos y escucharnos, sin duda, fueron ese impulso para seguir día a día.

A mí asesora la **Dra. Zaida Alarcón**, por ver y creer en mi potencial aún cuando yo tuviera dudas, por la guía, el apoyo y la paciencia que me brindó, por todas las lecciones y consejos que aplico en mi trabajo, así como, por las excelentes clases que tuve la oportunidad de tomar con ella, y por enseñarme el valor, la importancia y generarme el interés hacia la logística Hospitalaria.

A **Vader y Summer**, mis perritos, que me acompañaron en cada noche de desvelo escribiendo, que me daban la alegría y el cariño incondicional y me impulsan a cada día ser mejor.

A mis **profesoras y profesores** que a lo largo de la carrera me enseñaron cosas muy valiosas y me llevaron hasta este momento.

Dedicatoria

A mi mamá **María del Carmen Osorio Pineda**, mi hermanita **Andrea Osorio Pineda** y mi Abuelito **Tobías Osorio Zúñiga** donde quiera que estén, esto es gracias a ustedes.

Tabla de contenido

<i>Jurado Asignado</i>	2
<i>Agradecimientos</i>	3
<i>Dedicatoria</i>	4
<i>Tabla de contenido</i>	5
<i>Introducción</i>	7
Objetivo General	9
Objetivos Específicos	9
Alcance	10
Justificación	10
Pregunta de Investigación	11
<i>Capítulo 2 Antecedentes</i>	12
Panorama actual en el sector salud	12
La integración del análisis de datos en el sector salud	13
La importancia del análisis de datos en los sistemas de salud.....	16
<i>Capítulo 3 Contextualización</i>	18
Definición del Problema.....	19
<i>Capítulo 4 Metodología utilizada</i>	21
5W2H.....	22
SWIM LANE	23

DIAGRAMA ISHIKAWA	25
Capítulo 5 Resultados	27
Capítulo 6 Conclusiones y trabajo a futuro	36
Trabajo a futuro.....	36
Implicaciones de los logros para el campo de la ingeniería en sistemas biomédicos	38
Conclusiones personales	39
Referencias	40

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama Swim Lane de registro de pacientes de un hospital general en la CDMX. Elaboración propia con datos del hospital	24
Figura 2. Diagrama Ishikawa para causa raíz de problemática planteada. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México	26
Figura 3. Base de datos y formulario de llenado por médicos en el hospital general de la Ciudad de México. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México	28
Figura 4. Formulario de llenado de datos del paciente del hospital general de la Ciudad de México. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México	29
Figura 5. Formulario de llenado de signos vitales, con opción para buscar pacientes y consultas o actualizar signos vitales. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México	30
Figura 6. Tabla de padecimientos del CIE-10 ligada al formulario de registro de datos clínicos. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México	30
Figura 7. Ejemplos de escala de NEWS2 en el tablero. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México	33
Figura 8. Ejemplos de escala de CHA2DS2-VASC en el Tablero. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México	34
Figura 9. Ejemplos de escala de PADUA en el Tablero. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México	34

Figura 10. Diagrama de la unificación de bases de datos mediante los formularios de registro y de signos vitales. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México..... 35

Figura 11. Simulación de series de tiempo de ocupación Hospitalaria (2024). Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México 38

Índice de Tablas

Tabla 1. Desperdicios identificados durante el proceso de llenado de reportes clínicos en el hospital general de la Ciudad de México. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México 25

Tabla 2. Criterios y puntuación de escala PADUA. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México 31

Tabla 3. Criterios y puntuación de escala CHA2D2-VASC. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México 32

Tabla 4. Criterios y puntuación de escala NEWS2. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México 33

Tabla 5. Variables propuestas para modelo de regresión múltiple. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México 37

Introducción

La visualización de datos desempeña un papel crucial en los servicios de salud al transformar conjuntos de datos complejos en formatos visuales intuitivos, lo que permite a las partes interesadas tomar decisiones informadas de forma rápida y eficaz. Por ello, los profesionales sanitarios hacen uso de diversas técnicas de visualización que les permiten controlar los resultados de pacientes, optimizar la asignación de recursos, así como la mejora de la atención al paciente y eficiencia operativa.

Esta visualización eficaz, no solo mejora la comprensión de la información clínica, sino que también fomenta una colaboración entre equipos interdisciplinarios, permitiendo así un enfoque más holístico para la gestión de los pacientes e iniciativas de salud pública.

Por ello la incorporación de herramientas como cuadros de mando y tableros de control permiten a los profesionales de la salud una fácil obtención de información que puede llegar a impulsar intervenciones proactivas y/o una mejora de resultados en general.

En una era en la que la toma de decisiones se basa, principalmente, en datos no se puede minimizar la importancia de esta visualización en los servicios de la salud pues ayuda a transformar el conjunto de datos complejos a formatos visuales más intuitivos que son más fáciles de interpretar y utilizar.

Esta capacidad no sólo ayuda a identificar tendencias y patrones, sino que también facilita la comunicación eficaz de los resultados a las partes interesadas, lo que en última instancia conduce a mejorar la atención al paciente y la asignación de recursos.

El propósito de este trabajo es presentar los resultados y las experiencias de implementación de un tablero de control que permita el registro estandarizado y eficiente de los datos clínicos de los pacientes en un hospital general de la ciudad de México, buscando mejorar la calidad de la atención médica, reducir los

errores en el registro de información, eliminar datos repetidos y facilitar la toma de decisiones basada en la información utilizando herramientas tecnológicas.

Se propone una solución a la dispersión y errores de información derivados del Big Data en el sector salud, esto mediante un tablero de control y un formulario en el que se colocarán los datos clínicos de los pacientes de hospitalización dentro de un hospital general de la Ciudad de México. En las siguientes secciones del documento se explicará el panorama actual del manejo de datos en el sector salud en el mundo, en Latinoamérica y en México, mediante el uso de herramientas Lean y analítica de datos se propondrá una propuesta para la organización, estandarización y visualización de los datos clínicos, se describirá el diseño del prototipo funcional del tablero de control que incluye un formulario estandarizado, tablas dinámicas y escalas de medición de riesgos para la seguridad del paciente, se explicará cómo se implementó el sistema, enfocándose en los retos y experiencias de implementación, y finalmente se abordarán los resultados y conclusiones derivadas del presente proyecto.

Objetivo General

Diseñar y desarrollar un tablero de control en Excel que permita el registro estandarizado y eficiente de los datos clínicos de los pacientes hospitalizados en un hospital general privado de la Ciudad de México, con el fin de mejorar la calidad de la atención médica, reducir errores en el registro de información, eliminar datos duplicados y facilitar la toma de decisiones mediante herramientas tecnológicas y analítica de datos.

Objetivos Específicos

- Revisar y aplicar herramientas de mejora continua como Lean que ayuden a detectar las principales causas de los errores más recurrentes en el registro de datos clínicos, así como propuestas para eliminarlos.
- Elaborar un prototipo de tablero de control en Excel que sea funcional y que incorpore un formulario estandarizado para la captura de la información clínica de los pacientes, así como las escalas de medición de los diferentes riesgos de seguridad que puedan presentarse.
- Implementar y evaluar el sistema propuesto con la debida documentación de los diferentes retos y experiencias que surjan durante el proceso

- Analizar los resultados obtenidos tras la implementación del tablero de control, enfocándose en cómo ha influido en la reducción de errores en el registro de datos y/o mejora en la toma de decisiones clínicas.

Alcance

Este trabajo se enfoca en diseñar, implementar y evaluar un tablero de control en Excel orientado a la estandarización del registro de los datos clínicos en pacientes hospitalizados en un hospital general ubicado en la Ciudad de México; sin embargo, el proyecto se limita exclusivamente al área de hospitalización y abarca únicamente la información recopilada por el personal médico y de enfermería. La capacidad del tablero se evaluará por medio del análisis de los datos registrados para poder identificar mejoras en la calidad de registro y en la toma de decisiones clínicas.

Justificación

Para mejorar la calidad de la atención médica y la seguridad del paciente es fundamental el manejo eficiente de los datos clínicos. Sin embargo, en muchos hospitales, existe dispersión en la información, errores en los registros y la falta de estandarización que terminan generando dificultades en la toma de decisiones, así como la eficiencia operativa. Este proyecto busca abordar estas problemáticas mediante la implementación de un tablero de control que optimice la captura y visualización de datos clínicos, promoviendo el uso de un enfoque basado en datos. Además, la combinación de herramientas Lean y analítica de datos permitirá reducir desperdicios en los procesos administrativos y mejorar la gestión de información.

Bajo este contexto, donde la digitalización del sector salud avanza de forma constante, el proyecto busca ser un primer paso hacia una toma de decisiones clínicas más informadas y basadas en los datos que, en un futuro, podría evolucionar hacia enfoques de Big Data pues se busca que el tablero de control no funcione únicamente como una herramienta de registro estructurado sino que, eventualmente, se convierta en un sistema integrado con capacidad de análisis, interoperabilidad y modelos predictivos. Por ello, la transformación digital en salud no se limita a almacenar información, sino que también convierte los

datos en conocimiento útil que permite una mejor atención al paciente, optimización de recursos y reducción de incertidumbre en la gestión hospitalaria.

Pregunta de Investigación

¿Cómo la implementación de un tablero de control en Excel con un registro estandarizado de datos clínicos puede mejorar la calidad del registro de información, reducir errores y optimizar la toma de decisiones en un hospital general de la Ciudad de México?

Este proyecto representa un primer paso hacia un modelo Data-Driven en el hospital analizado, estableciendo las bases para la integración de tecnologías avanzadas en la gestión hospitalaria. La transformación digital en salud no solo debe centrarse en la recolección de datos, sino en su conversión en información valiosa que permita mejorar la toma de decisiones, optimizar recursos y, en última instancia, elevar la calidad de la atención médica.

Capítulo 2 Antecedentes

Panorama actual en el sector salud

En el día a día, las organizaciones de salud recopilan una gran cantidad de datos de pacientes, procesos clínicos e indicadores de la calidad de atención (Ludlow, 2022). Es por esto por lo que actualmente muchas instituciones de salud se enfrentan a algún tipo de desorden en la información, desde información incompleta o errónea y sobrecarga de información (Almasi S, 2023). Esto se ha vuelto un desafío importante para estas instituciones debido al gran volumen en el flujo de datos, la obtención de dichos datos de diversas fuentes y una carencia en estructura de organización. (Rabiei, 2022)

En algunos estudios en países desarrollados como los Estados Unidos, se ha observado que existe una relación entre la sobrecarga de información y los errores médicos (Khairat, 2018). Sin embargo, en el sector salud ha habido relativamente pocos avances en el análisis de datos y la aplicación de estos. En los países de medios y escasos recursos, la creación de un mecanismo de retroalimentación de información puede impulsar la prestación de servicios de salud enfocados en los resultados (medicina basada en el valor) y optimizar el manejo de los recursos escasos. (Wyber, 2015)

Sin embargo, la pobreza es un factor determinante al momento de hablar de una prestación de servicios de salud de calidad y de una correcta recopilación de datos de cualquier tipo. La telemedicina y el acceso a la tecnología e infraestructura necesaria para la recolección de datos clínicos son escasos en países en vías de desarrollo y aún más en las zonas rurales. (Bukachi, 2007)

Por otra parte, en América Latina, la división de los sistemas de salud (sector público y privado) y, por lo tanto, el acceso deficiente a los servicios de atención médica en general, así como una escasez de recursos e infraestructura, generan dificultades para la gestión de los sistemas de información en salud. La falta de acuerdos regionales, escasez de TICs para incorporar estándares técnicos, sintácticos y semánticos y el

hecho de que en la mayoría de los países de la región aún muchos de los registros son en papel, con información fragmentada y duplicada en múltiples archivos físicos, pueden contener errores gramaticales y ortográficos, ambigüedades y abreviaturas dificultan en gran medida la interoperabilidad entre regiones. A nivel organizativo, aún no se prioriza la interoperabilidad ni la creación de bases de datos locales estandarizadas (Rosa, 2022). En México, al igual que en el resto de América Latina, una de las fuentes de datos más confiables, son los datos abiertos de gobierno, producidos por el gobierno de México a partir del 2014. Estos repositorios abiertos están mayormente alimentados por las encuestas nacionales. (Rosa, 2022)

SCORE es un conjunto de intervenciones esenciales, acciones recomendadas, herramientas y recursos cuyo objetivo es ayudar a los países a afrontar los retos que plantea la satisfacción de las necesidades de los *Sistemas de Información Sanitaria (SIS)* emitidas por la Organización Mundial de la Salud. Representa todos los elementos clave para permitir a los gobiernos abordar las lagunas de datos, invertir en soluciones escalables y tomar medidas políticas informadas. (World Health Organization, 2021)

De acuerdo con dicha evaluación, México debe mejorar el sistema de encuestas de población y monitoreo de riesgos sanitarios, incrementar la capacidad analítica de los datos para indicadores de desempeño completos de los distintos hospitales de la región, así como habilitar el uso de datos para políticas y acciones. (World Health Organization, 2021).

Cabe recalcar que en México se tiene una gran cantidad y variedad de datos de salud, sin embargo, el aprovechamiento del potencial de estos datos es limitado, debido a importantes obstáculos, tales como, la capacidad limitada para estandarizar datos, los desafíos en la vinculación de grandes bases de datos, la interoperabilidad e integración del expediente clínico electrónico y las buenas prácticas en la gobernanza de los datos para convertirlos en un bien público. (CONAHCYT, 2024)

La integración del análisis de datos en el sector salud

La integración del análisis de datos en el sector salud contribuye significativamente a los enfoques centrados en el paciente con el fin de mejorar la prestación de servicios de salud. Al aprovechar grandes volúmenes de datos provenientes de registros electrónicos, el personal clínico puede personalizar tratamientos, predecir escenarios y mejorar medidas preventivas.

El análisis de datos se ha convertido en una herramienta clave para la medicina personalizada, ya que permite combinar información clínica con aspectos del estilo de vida de cada paciente. De esta forma, los tratamientos pueden adaptarse a las necesidades individuales, logrando diagnósticos más certeros y con mejores resultados en la atención (Ajegbile et al., 2024; Chigboh et al., 2024; Divyeshkumar, 2024).

En este mismo sentido, la inteligencia artificial y la telemedicina ayudan a que los pacientes participen de forma más activa en el cuidado de su salud aunado a que, gracias al seguimiento en tiempo real, las personas tienen un mayor control y pueden tomar decisiones más informadas sobre su bienestar (Oyeniya, 2024).

Un punto importante es la vigilancia epidemiológica pues el uso de grandes volúmenes de datos no reemplaza a los métodos tradicionales, pero sí los complementa, ya que facilita la identificación de patrones o situaciones anormales que permiten hallar brotes de enfermedades a tiempo y actuar de manera más rápida (Karakolias, 2024).

En cuanto a la gestión de los servicios de salud, el análisis de datos también ayuda a optimizar procesos, asignar mejor los recursos y reducir ineficiencias. Esto no solo impacta positivamente en la atención a los pacientes, sino que también mejora el rendimiento económico de las instituciones (Daraojimba et al., 2024; Karakolias, 2024).

La digitalización también ha permitido crear herramientas más completas para el manejo de la información. Por ejemplo, la interoperabilidad semántica facilita que los sistemas compartan y usen datos de forma más eficiente, lo que mejora la coordinación entre profesionales y apoya la toma de decisiones (Komanpally, 2024).

Sin embargo, el uso de estas tecnologías también trae consigo retos importantes siendo uno de los principales la protección de la privacidad de los pacientes y la seguridad de los datos. Por eso, resulta fundamental contar con marcos legales y normas claras que garanticen la confidencialidad de la información (Akour & Salloum, 2024; Daraojimba et al., 2024).

Además, todavía existen desafíos relacionados con la calidad de los datos, la integración de distintas fuentes y la correcta gestión de la información. Si estos aspectos no se cuidan, los análisis pueden ser poco confiables. En este sentido, la ética, la privacidad y la calidad de los datos deben considerarse como

prioridades para que el uso de la información en salud sea responsable y beneficioso (Veena & Gowrishankar, 2024).

En las últimas décadas, el uso del análisis de datos y tableros de control para el manejo y visualización de los datos dentro de los sistemas de salud ha tenido un crecimiento significativo debido a la gran utilidad que tienen estas herramientas para mejorar la gestión operativa, la toma de decisiones basadas en información, así como la calidad en el cuidado y seguridad del paciente. En este capítulo se abordará el estado actual de la investigación y aplicaciones en estos temas. (Almasi S, 2023)

Según un estudio de (Chau, 2010) realizado en un centro de donación de sangre en Hong Kong se demostró la importancia de la analítica de datos para la toma de decisiones en los sistemas de salud, mediante herramientas de análisis se encontró la relación entre la frecuencia de las donaciones y la distancia del hogar de los pacientes a los bancos de sangre, entre otros indicadores y mediante el análisis espacial se encontraron las mejores ubicaciones para colocar centros de donación de sangre basándose en el aumento esperado de la tendencia de donación de sangre, siendo que si se ponen centros de donación de sangre en los lugares propuestos por el artículo se ayudaría a hospitales locales y ahorrando costos de traslado, demostrando que la toma de decisiones basada en información es sumamente efectiva en el sector salud.

Un estudio realizado por (Choi, 2022) en Corea del Sur, nos habla de cómo en países del este asiático, están teniendo una tendencia a mover sus sistemas de salud con enfoque hacia el análisis de datos y toma de decisiones basadas en la información, ya que en su población está envejeciendo de manera drástica y adquiriendo cada vez más enfermedades crónicas tales como la hipertensión y la diabetes, esto, entre otros factores, ha hecho que países como Corea se vean obligados a apostar por la medicina preventiva basada en la analítica predictiva para mejorar la calidad de vida de las personas y reducir costos del sistema de salud por atender enfermedades crónicas. También se menciona que, de migrar completamente a un sistema basado en datos, habría que cuidar mucho la protección de datos personales y regular el uso de datos médicos.

Una aplicación de *dashboards* en un hospital, fue la realizada por (Pace, 2017) en el Hospital General de Cuidados Intensivos de Malta, que se enfrenta al mismo problema que el estudio anteriormente mencionado: la población está envejeciendo y por consecuencia aumentando la demanda de los servicios de salud; esto sumado con enfermedades crónico-degenerativas hace que el costo en promedio por

enfermedad aumente drásticamente. En este estudio, las autoras mencionan que se introdujeron tableros de control con el objetivo de evaluar el tiempo de atención al paciente desde que ingresa hasta que es dado de alta y con los datos generados, tomar decisiones para mejorar el tiempo de atención médica en el área estudiada.

La implementación de un sistema de gestión hospitalaria integral se fundamenta en la necesidad de mejorar la eficiencia de los procesos clínicos y administrativos. El entorno hospitalario, es altamente cambiante, por lo que la mayoría de los centros de salud se enfrentan a desafíos como la falta de un sistema unificado, lo cual dificulta la atención médica oportuna y eficaz, afectando la calidad de la atención y la satisfacción de los pacientes. La carencia de una herramienta tecnológica que integre y gestione de manera efectiva la información de pacientes, condiciones de pago, medicamentos, insumos y servicios médicos genera una desconexión entre los diferentes departamentos del hospital. Esto se traduce en una pérdida de tiempo y recursos, teniendo como consecuencia un mayor costo de operación. Además, la toma de decisiones clínicas se ve limitada por la falta de acceso oportuno a información relevante, lo que impacta en el diagnóstico y tratamiento de los pacientes.

La importancia del análisis de datos en los sistemas de salud

Debido a la complejidad, cantidad y variedad de los datos en salud, estos se pueden clasificar en estructurados y no estructurados, en el caso de los estructurados se pueden procesar y analizar sin demasiado esfuerzo, utilizando métodos estadísticos o de aprendizaje automático, ya que poseen una estructura fija, sin embargo, los no estructurados, al ser comúnmente de escritura libre, hacen que sea más complicado procesarlos y por lo tanto analizarlos. (Rosa, 2022)

El enorme volumen de datos complejos provenientes de distintas fuentes dentro de un sistema de salud, exigen métodos efectivos y eficientes para manejar, organizar y transformar los datos en información valiosa para la toma de decisiones (Chen, 2020). Un correcto análisis en los datos clínicos genera información confiable que impacta en forma significativa: mejora en la atención del paciente, ya que nos permite la identificación de patrones y tendencia, esto contribuye a la generación de estrategias de prevención de enfermedades, además de permitir que los profesionales de la salud intervengan oportunamente mitigando el impacto en cualquier enfermedad. Esta enorme cantidad de datos generados proviene desde las fuentes de datos tradicionales como la historia clínica, estudios de imagen, análisis de

laboratorio, diagnósticos, entre otros, y actualmente, se le suman otras fuentes de datos no convencionales como datos generados a partir de la telemedicina, biosensores y rastreadores de actividad física que hay en muchos de los dispositivos wearables que hay disponibles.

En este contexto, la ciencia de datos toma un papel muy importante al momento de realizar la tarea de procesar y darle significado a los datos recopilados. Un ejemplo destacado es durante los momentos más críticas de la pandemia por COVID-19: se necesitó de datos para poder conocer el comportamiento de la pandemia a nivel social y a nivel clínico, es entonces cuando las autoridades de distintas regiones comenzaron a recopilar la mayor cantidad de datos posible, con el paso del tiempo estos datos fueron siendo más fiables, lo que les permitió a los gobiernos planificar y ejecutar acciones para controlar y prevenir la circulación viral. (Rosa, 2022)

Los hospitales están pasando de enfocarse en grupos y hacer análisis generales, a transformar la atención médica en una experiencia personalizada. Utilizando los datos pueden generar estudios y estadísticas sobre los pacientes para prever sus necesidades incluso antes de que se presenten. Es por lo que el presente proyecto presenta una gran oportunidad para que el Hospital General en el que se aplica pueda tomar decisiones basadas en datos y brindar una atención médica personalizada. Como Ingeniero en Sistemas Biomédicos es nuestra tarea brindar las herramientas necesarias para que el personal de un hospital pueda desempeñar sus labores lo mejor posible, aplicando los conocimientos de ingeniería y tecnología al campo de la medicina y de la clínica, mediante la observación de las necesidades y problemáticas de un Hospital.

Se busca que este proyecto sea un primer paso hacia un enfoque de toma de decisiones basada en datos desde una perspectiva de Big Data, ya que es esencial considerar la evolución del tablero de control desde una herramienta de registro estructurado hacia un sistema integrado con capacidades de análisis, interoperabilidad y modelos predictivos. La transformación digital en salud requiere no solo almacenar información, sino convertirla en conocimiento accionable que permita mejorar la atención al paciente, optimizar la asignación de recursos y reducir la incertidumbre en la gestión hospitalaria.

Capítulo 3 Contextualización

En el área de hospitalización de un hospital general privado en la Ciudad de México se han identificado múltiples errores en el registro de datos clínicos y personales de los pacientes, así como en la información correspondiente al personal médico, como nombres, disponibilidad y especialidades. Estas fallas se deben, en gran medida, a la falta de estandarización en los procesos de captura de información clínica y a un flujo de datos desorganizado y descentralizado.

Actualmente, coexisten múltiples bases de datos y tableros con información redundante y con discrepancias entre sí, lo que dificulta la trazabilidad de los pacientes, genera confusión entre el personal del área y ocasiona retrabajo para el personal médico responsable del llenado de los expedientes. Este proceso puede tardar varias horas, pues requiere de correcciones constantes, lo que afecta directamente a la eficiencia operativa; aunado a que el sistema actual no resulta sencillo de usar: su interfaz es poco práctica y suele presentar fallos o bloqueos, lo que complica aún más el trabajo del personal.

Estas dificultades no solo representan un problema de organización, sino también un riesgo para la seguridad del paciente. Además de implicar pérdidas de recursos para el hospital, ya que los procesos de ingreso y alta no se llevan a cabo de forma ordenada.

Otro punto importante es la falta de métricas claras para evaluar la seguridad del paciente y los incidentes durante su estancia. Sería necesario incorporar escalas de evaluación de riesgos clínicos, especialmente en áreas como medicina interna, pediatría y ginecología, donde existe una gran diversidad de pacientes en condiciones de vulnerabilidad.

La ausencia de una evaluación sistemática puede estar relacionada con complicaciones derivadas de estancias prolongadas en cama. Esto no solo afecta la calidad de la atención y la experiencia del paciente, sino que también genera un uso innecesario de recursos.

Existen varias consideraciones y limitaciones para este proyecto, tales como: la restricción para modificar directamente bases de datos, las interfaces de usuario ya existentes y registros en SAP y VHS, no se podrán cambiar o eliminar procesos clínicos o administrativos dentro del Hospital, no se comprarán licencias o programas adicionales, los recursos tecnológicos limitados, hay poca compatibilidad con el software existente, existen restricciones de seguridad para lanzar pruebas piloto, finalmente hay mucha resistencia al cambio por parte de los involucrados en los procesos.

Definición del Problema

En el Hospital, desde inicios de 2023, se han identificado errores en el llenado de datos clínicos y personales de los pacientes, así como en la gestión de la información del personal médico, de enfermería y administrativo. Estos errores incluyen información repetida, desorganizada y en ocasiones incorrecta, lo que genera dificultades en la identificación de pacientes y en la relación de estos con su historial clínico.

El problema surge principalmente por la falta de estandarización en el registro de la información, la descentralización del flujo de datos y la existencia de múltiples bases de datos que no se integran de manera eficiente. A esto se suman las caídas frecuentes de los sistemas de información y una interfaz poco intuitiva para los usuarios, lo que aumenta la probabilidad de errores en la captura de datos.

Como resultado, se pueden presentar confusiones en la identificación de pacientes, diagnósticos equivocados, retrabajo en la elaboración de reportes clínicos y retrasos en los procesos médicos y administrativos que, en algunos casos, el tiempo de espera para completar un tablero clínico se puede extender hasta dos horas, lo que termina impactando de forma directa en la eficiencia operativa del hospital y en la calidad de la atención brindada.

Ante esta situación, se vuelve evidente la necesidad de contar con un sistema centralizado y estandarizado para el registro y la gestión de datos clínicos. Un sistema de este tipo permitiría optimizar el flujo de información y reducir los errores en la documentación médica.

El propósito de este trabajo es proponer mejoras que contribuyan a elevar la calidad de la atención y la eficiencia operativa del hospital. Con ello se busca lograr una mejor trazabilidad de pacientes y recursos, favorecer una toma de decisiones más ágil y, en consecuencia, fortalecer la competitividad de la institución

en el sector salud. De esta manera, el hospital podría consolidarse como un referente en la prestación de servicios médicos de calidad y en la adopción de soluciones tecnológicas innovadoras.

Con base en esto,

- Se identificará la causa raíz de errores de registro de pacientes en el área de hospitalización.
- Se seleccionarán los datos clínicos más relevantes para cada una de las áreas que comparten el área de hospitalización.
- Se desarrollará una estrategia basada en la analítica de datos y utilizando herramientas Lean para la parte operativa.
- Se diseñará un tablero de control en Excel que incluya la estructura y elementos según las necesidades observadas.
- Se realizará una interfaz de llenado de datos de paciente y datos clínicos utilizando la plataforma VBA de Excel.
- Se realizará la prueba piloto para recopilar datos reales y recibir retroalimentación de los usuarios.

Capítulo 4 Metodología utilizada

Se emplearon herramientas Lean para realizar un análisis detallado del problema identificado en el hospital, utilizando específicamente la metodología A3 debido a su amplia adopción en la industria a nivel mundial.

La metodología A3, propia de la filosofía Lean, es una herramienta orientada a la resolución de problemas, la mejora continua y la toma de decisiones. Siendo su característica principal la elaboración de un informe a manera de resumen y en una sola hoja tamaño A3, de los aspectos centrales del problema, su análisis, las acciones propuestas y los resultados esperados (Shook, 2008).

En el ámbito académico, esta metodología ya ha sido utilizada con anterioridad y ha mostrado ser un recurso práctico y estructurado para organizar información y realizar un análisis sistemático de los problemas. Su estructura se compone de los siguientes elementos (Graban, 2018):

- Antecedentes/Clarificación del problema
- Situación actual
- Establecer objetivos/objetivos
- Análisis de la causa raíz
- Contramedidas
- Implementación
- Confirmación del efecto/seguimiento

Para clarificar el problema y por lo tanto conocer a detalle la situación actual del Hospital se utilizó la metodología 5W2H.

5W2H

La metodología de las **5W2H** es una herramienta utilizada en la gestión de proyectos, resolución de problemas y análisis de situaciones para estructurar información de manera clara y eficiente. Su nombre proviene de las iniciales en inglés de siete preguntas clave que permiten analizar un problema o proceso desde diferentes perspectivas (Ohno, 1988) (Luo et al., 2024):

1. **What? (¿Qué?)** – Define el problema, situación o proceso a analizar.
2. **Why? (¿Por qué?)** – Identifica la causa o razón detrás del problema.
3. **Who? (¿Quién?)** – Determina los actores involucrados en el proceso.
4. **Where? (¿Dónde?)** – Ubica el contexto o lugar donde ocurre el problema.
5. **When? (¿Cuándo?)** – Especifica el momento o periodo de tiempo en el que ocurre.
6. **How? (¿Cómo?)** – Describe el proceso, método o procedimiento utilizado.
7. **How much/many? (¿Cuánto?)** – Cuantifica el impacto, costos o recursos involucrados.

A partir del análisis de 5W2H, el problema quedó definido de la siguiente manera: “En el Hospital, desde inicios de 2023 se han identificado errores en el llenado de datos clínicos y personales de los pacientes, así como en la gestión de la información del personal médico, de enfermería y administrativo debido a la falta de estandarización en el llenado de la información, la descentralización del flujo de datos, la presencia de múltiples bases de datos sin integración eficiente y caídas recurrentes en los sistemas de información. Estos errores incluyen información repetida, desorganizada y en ocasiones incorrecta, lo que genera dificultades en la identificación de pacientes y en la relación de estos con su historial clínico, así como tiempos de espera de hasta 2 horas para que un médico pueda generar reportes clínicos.”

¿Qué?

Errores de llenado de datos clínicos y personales de pacientes, información repetida y mal organizada.

¿Cuándo?

Desde inicios del 2023

¿Dónde?

En un Hospital General de la CDMX

¿Quién?

Pacientes, personal médico, de enfermería y administrativo involucrados en todo el proceso del registro y flujo de información.

¿Por qué?

Falta de estandarización en el llenado de información, flujo de información descentralizado con múltiples bases de datos con información repetida y con caídas en el sistema.

¿Cómo?

Confusión para identificar pacientes y relacionarlos con su resumen clínico, errores de diagnóstico, retrabajo para la generación de reportes clínicos.

¿Cuánto?

Tiempos de espera y de retrabajo para llenar un tablero clínico pueden tomar hasta 2 horas del tiempo del médico responsable de generar los reportes.

Adicionalmente, se requieren de otras herramientas Lean para profundizar en el problema y poder hallar la causa raíz, para así poder diseñar contramedidas efectivas, a continuación, se hace el listado de las herramientas empleadas.

SWIM LANE

Un diagrama Swim Lane es una variante del diagrama de flujo que se utiliza en metodologías Lean y en la mejora de procesos, mostrando de manera visual la secuencia de actividades de un proceso, indicando al mismo tiempo qué área o persona es responsable de cada una de ellas. Estos diagramas son útiles porque

permiten detectar desperdicios, cuellos de botella y posibles oportunidades de mejora en el flujo de trabajo. Una de sus principales ventajas es que hacen más clara la asignación de responsabilidades en procesos complejos, lo que favorece una mejor coordinación entre las distintas áreas de la organización (Waterhouse, 2021).

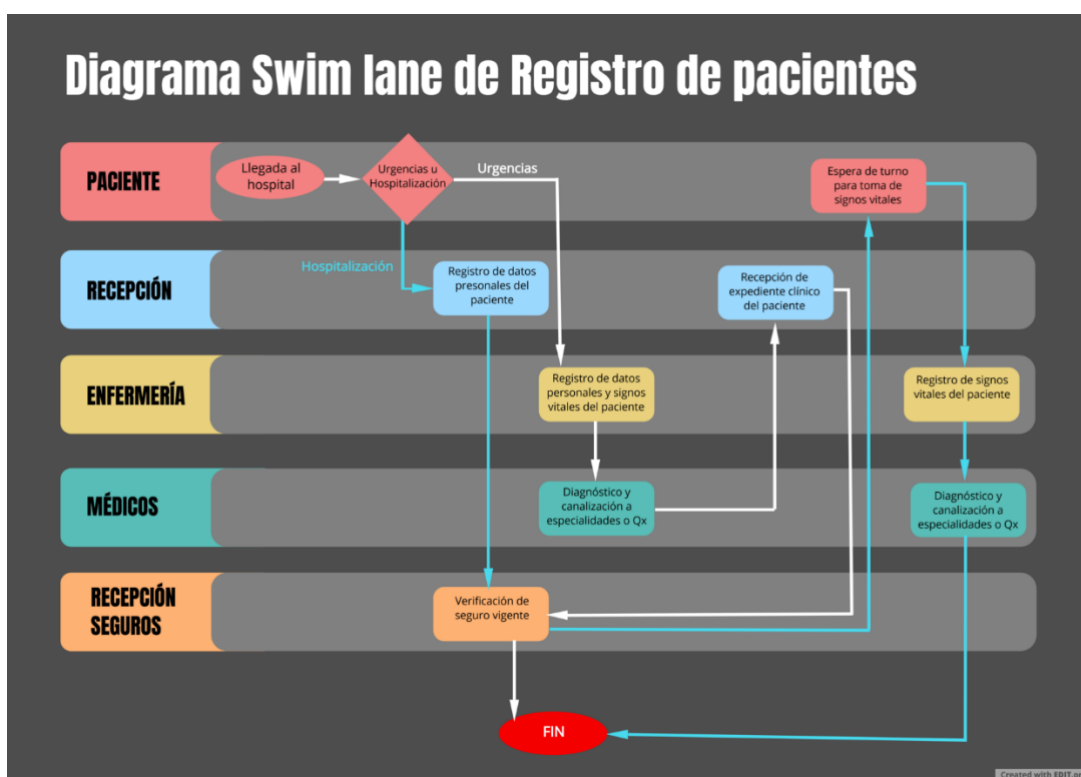


Figura 1. Diagrama Swim Lane de registro de pacientes de un hospital general en la CDMX. Elaboración propia con datos del hospital

Cabe recalcar que para cada situación existe una base de datos distinta, si el paciente entra por hospitalización y es registrado en la recepción, se registran sus datos en SAP. Si el paciente entra por urgencias y es registrado por el personal de enfermería, se registra en otra base de datos llamada VHS, posteriormente se llenan los registros en las bases faltantes, es decir, si se registró primero SAP, se transcribe la información a VHS y viceversa. Una vez completa la información en ambas bases para un paciente, el médico residente de turno procede al llenado del reporte clínico, para ello se toman los datos personales del paciente de cualquiera de las bases existentes (VHS o SAP) según el gusto del médico, más el diagnóstico y signos vitales con los que entró ubicados únicamente en la base VHS.

A partir de la utilización de las 5W y 2H, el Diagrama Swim Lane y de la observación del flujo de información dentro del Hospital se identificaron los siguientes desperdicios:

Retrabajos/sobrepcesos: Descargar manualmente los archivos .csv de las bases de datos: SAP y VHS, limpiar la información repetida, más no necesariamente vinculada de ambas bases de datos, vaciar manualmente un tablero de control con la información obtenida, generar manualmente los resúmenes clínicos de cada paciente.
Tiempo de espera: Descargar los archivos .csv de cada base de datos demora alrededor de 30 a 40 minutos por base de datos, debido a la cantidad de información solicitada, así mismo para procesar la información y generar los resúmenes clínicos hay demoras de hasta 1 hr.
Talento no utilizado: Debido a las políticas de privacidad y protección de la información, no es posible automatizar el proceso de descarga y generación de reportes debido a que no se permite desde el corporativo, la vinculación de ningún programa externo con cualquiera de las bases de datos.
Defectos: La información obtenida de ambas bases, al carecer de un sistema de llenado estandarizado, varía mucho, se encuentra repetida y errada; con errores en nombres de pacientes, nombres del personal médico e incluso en el diagnóstico.

Tabla 1. Desperdicios identificados durante el proceso de llenado de reportes clínicos en el hospital general de la Ciudad de México. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México

DIAGRAMA ISHIKAWA

Finalmente, para identificar la causa raíz del problema de este reporte se utiliza el diagrama de Ishikawa.

Este diagrama, también llamado como diagrama de causa y efecto o diagrama de espina de pescado, fue desarrollado por Kaoru Ishikawa en 1943 en Tokio con el propósito de identificar, analizar y mostrar de manera visual las posibles causas de un problema para facilitar la comprensión de las relaciones causa y efecto en procesos complejos.

Como se puede observar en la Figura 2, su forma se asemeja a la espina de un pez, en la “cabeza” se coloca el problema principal o efecto, en las “espinas” se agrupan las categorías de las diferentes causas

que lo generan. Usualmente estas categorías se organizan bajo el modelo de las **6M**: Materiales, Métodos, Mano de obra, Máquinas, Medio ambiente y Medición.

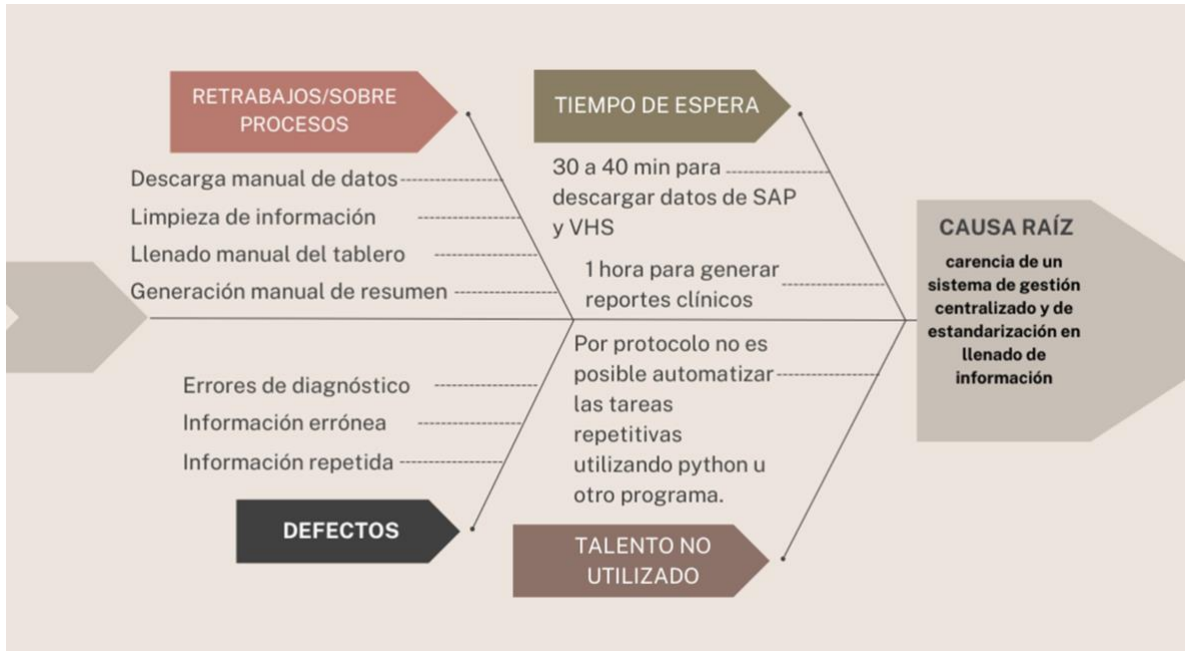


Figura 2. Diagrama Ishikawa para causa raíz de problemática planteada. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México

Capítulo 5 Resultados

A partir de los análisis anteriores, se propuso el desarrollo en Excel de un tablero y formulario en el que se pueden buscar, registrar y editar de datos clínicos, así como, una base de datos de los médicos del hospital, esta base de datos tiene un formulario que permite: buscar, dar de alta, dar de baja y editar los datos, a petición de las áreas usuarias, este tablero cuenta también con escalas que permiten predecir el riesgo de accidente cerebrovascular, tromboembolismo venoso y el deterioro clínico general en pacientes hospitalizados, al formulario de datos clínicos se le agregó una lista desplegable de diagnóstico que se alimenta de una tabla que enlista padecimientos de la Clasificación internacional de enfermedades, 10.^a edición (CIE-10), tras una evaluación con el personal encargado de las distintas áreas de hospitalización, se agregó la opción de dar de alta a pacientes en el formulario de datos de paciente y se agregó una tabla en la que se guarda registro en orden de las altas y el motivo del alta, todo esto pretende unificar toda la información clínica y administrativa de los pacientes en una sola base de datos, permitiendo tener la información de forma estandarizada y organizada en un solo lugar, disponible para la consulta del personal de salud. Debido a el alcance del proyecto, no se implementó, sino hasta después y debido a la política de protección de datos del hospital, ya no se pudo acceder a los datos de dicha implementación.

Número SMP	Nombre médico	ESTATUS	ESPECIALIDAD
0000000211		Activo	QUIRUGIA GENERAL
0000000010		Activo	DERMATOLOGÍA
0000000067		Activo	ANESTESIOLOGÍA
0000000000		Activo	MEDICINA GENERAL
0000000000		Activo	OPHTALMOLOGÍA
0000000000		Activo	PEDIATRÍA
0000000070		Activo	GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA
0000000000		Activo	ANESTESIOLOGÍA
0000000110		Activo	GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA
0000000070		Activo	ANESTESIOLOGÍA
0000000070		Activo	RADIOLOGÍA E IMAGEN
0000000001		Activo	ANESTESIOLOGÍA
0000000000		Activo	QUIRUGIA GENERAL
0000000110		Activo	ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA
0000000000		Activo	MEDICINA GENERAL
0000000007		Activo	UROLOGÍA
0000000007		Activo	ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA
0000000001		Activo	MEDICINA GENERAL
0000000000		Activo	UROLOGÍA
0000000001		Activo	PEDIATRÍA
0000000000		Activo	NEFROLOGÍA

ABRIR FORMULARIO MÉDICOS

REGISTRO DE MÉDICOS

Número:

Nombre:

Estatus:

Especialidad:

Figura 3. Base de datos y formulario de llenado por médicos en el hospital general de la Ciudad de México. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México

Datos del Paciente	
Nombre completo	<input type="text"/>
Sexo	<input type="text"/>
Fecha de Nacimiento	<input type="text"/> Selecc. Fecha
Peso [Kg]	<input type="text"/>
Talla [m]	<input type="text"/>
Convenio	<input type="text"/>
Episodio	<input type="text"/>
Datos de Ingreso	
Diagnóstico CIE-10	<input type="text"/> Selecc. Fecha
Fecha de Ingreso	<input type="text"/>
Incidentes	<input type="checkbox"/> PRESENTA ENFERMEDAD RESPIRATORIA
Pendientes	<input type="checkbox"/> TUVO PROCEDIMIENTO QUIRÚRGICO
Antecedentes Importantes	Cama <input type="text"/>
Evolución	Servicio <input type="text"/>
Alergias	Médico Tratante <input type="text"/>
	Servicio en conjunto <input type="text"/>
	Médico Tratante en conjunto <input type="text"/>
	Motivo del alta <input type="text"/>
	<input type="button" value="BUSCAR"/> <input type="button" value="REGISTRAR"/>
	<input type="button" value="EDITAR"/> <input type="button" value="ALTA"/>

Figura 4. Formulario de llenado de datos del paciente del hospital general de la Ciudad de México. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México

Nombre completo

Buscar Paciente

Nº de episodio

Cama

Frecuencia respiratoria

%SpO2

Tensión Arterial Systólica

Temperatura [°C]

Pulso

Dispositivo

Estado de alerta

Presenta EPOC o Hipercapnia Uso de O2 suplementario

Insuficiencia cardiaca congestiva Hipertension actual o en tratamiento

Diabetes Mellitus ACV, AIT, embolismo previo y/o IAM

Cáncer activo Historia de Enfermedad Vasculár y/o TVP

Movilidad reducida Trombofilia

Tratamiento hormonal Infección aguda o Enfermedad reumática

Trauma o Cx reciente (<1 mes)

Registrar datos

Figura 5. Formulario de llenado de signos vitales, con opción para buscar pacientes y consultas o actualizar signos vitales. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México

<-- BARRA DE BÚSQUEDA

PADECIMIENTOS CIE-10
Cólera A00
Cólera debido a Vibrio cholerae 01, biotipo cholerae A000
Cólera debido a Vibrio cholerae 01, biotipo el Tor A001
Cólera, no especificado A009
Fiebres tifoidea y paratifoidea A01
Fiebre tifoidea A010
Fiebre paratifoidea A A011
Fiebre paratifoidea B A012
Fiebre paratifoidea C A013
Fiebre paratifoidea, no especificada A014
Otras infecciones debidas a Salmonella A02
Enteritis debida a Salmonella A020
Sepsis debida a Salmonella A021
Infecciones localizadas debidas a Salmonella A022
Otras infecciones especificadas como debidas a Salmonella A028
Infección debida a Salmonella, no especificada A029
Shigelosis A03
Shigelosis debida a Shigella dysenteriae A030
Shigelosis debida a Shigella flexneri A031
Shigelosis debida a Shigella boydii A032
Shigelosis debida a Shigella sonnei A033
Otras shigelosis A038
Shigelosis de tipo no especificado A039
Otras infecciones intestinales bacterianas A04
Infección debida a Escherichia coli enteropatogena A040
Infección debida a Escherichia coli enterotoxigena A041
Infección debida a Escherichia coli enteroinvasiva A042
Infección debida a Escherichia coli enterohemorrágica A043
Otras infecciones intestinales debidas a Escherichia coli A044
Enteritis debida a Campylobacter A045
Enteritis debida a Yersinia enterocolitica A046

Figura 6. Tabla de padecimientos del CIE-10 ligada al formulario de registro de datos clínicos. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México

Escala PADUA

Se utiliza para evaluar el riesgo de tromboembolismo venoso (TEV) en pacientes hospitalizados. Este riesgo incluye tanto la trombosis venosa profunda como la embolia pulmonar, esta escala toma en cuenta los siguientes factores de riesgo: duración prolongada de la inmovilidad, cirugía dentro de los últimos tres meses, previa trombosis venosa profunda o embolia pulmonar, que el paciente sea mayor de 70 años, que exista diagnóstico de cáncer activo, IMC, insuficiencia renal, insuficiencia cardíaca, entre otros. (Barbar S, 2010)

FACTOR DE RIESGO	PUNTUACIÓN
Cáncer activo	3
Trombosis Venosa Profunda	3
Movilidad Reducida	3
Trombofilia	3
Trauma o cirugía reciente (≤ 1 mes)	2
Edad (≥ 70 años)	1
Antecedente de IAM o EVC	1
Infección aguda o enfermedad reumática	1
Obesidad (IMC ≥ 30)	1
Tratamiento Hormonal	1

Tabla 2. Criterios y puntuación de escala PADUA. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México

Escala CHA₂DS₂-VASC

Utilizada para evaluar el riesgo de accidente cerebrovascular (ACV) en pacientes con fibrilación auricular. Se basa en factores de riesgo asociados con la embolia, como insuficiencia cardíaca, hipertensión, antecedentes de accidente cerebrovascular, diabetes mellitus, entre otros. (Lip GY, 2010)

CRITERIOS		PUNTUACIÓN
C	Insuficiencia cardíaca	1
H	Hipertensión	1
A₂	Edad ≥ 75 años	2
D	Diabetes	1
S₂	Historia de accidente cerebrovascular	2
V	Enfermedad vascular	1
A	Edad 65-74 años	1
Sc	Sexo femenino	1

Tabla 3. Criterios y puntuación de escala CHA₂D₂-VASc. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México

Escala NEWS2 (National Early Warning Score 2)

Es una herramienta que se utiliza para la detección temprana del deterioro clínico en los pacientes hospitalizados por enfermedades agudas. Como se muestra en la Tabla 4 la escala se evalúa mediante seis parámetros fisiológicos: frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno, presión arterial, frecuencia cardíaca, nivel de conciencia y temperatura corporal; indicando que, a mayor puntaje, mayor el riesgo de deterioro clínico (Royal College of Physicians, 2017)

PARÁMETRO FISIOLÓGICO	PUNTAJE						
	3	2	1	0	1	2	3
Frecuencia respiratoria	≤8		9-11	12-20		21-24	≥25
%SpO ₂	≤91	92	93-95	≥96			
EPOC o Hipercapnia	SÍ			NO			SÍ
Aire ambiente u Oxígeno		Oxígeno		Aire			
Pulso (latidos por minuto)	≤40		41-50	51-90	91-110	111-130	≥131
Estado de alerta				Alerta			CVPU
Temperatura [°C]	≤35.0		35.1-36.0	36.1-38.0	38.1-39.0	≥39.1	
Tensión arterial sistólica [mmHg]	≤90	91-100	101-110	111-219			≥220

Tabla 4. Criterios y puntuación de escala NEWS2. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México

Estas escalas se colocaron dentro del mismo tablero y funcionan haciendo puntajes basadas en los datos clínicos más recientes de cada paciente, para el monitoreo de signos vitales, sabemos que se realiza una actualización periódica según las necesidades del paciente, y al menos en cada cambio de turno, es por ello que se añadió un formulario exclusivamente para el registro de signos vitales, por el momento en esta primera etapa del proyecto y debido a limitaciones tecnológicas, no se guarda el historial de signos vitales por paciente, sino, que se sobrescriben los datos con la información más reciente registrada y por ende se actualizan las escalas de riesgo, dando información valiosa al personal médico para la toma de decisiones relacionadas con la salud y bienestar de los pacientes hospitalizados. Esto permite que se tomen las medidas pertinentes antes de que suceda un evento adverso con el paciente.

FRECUENCIA RESPIRATORIA	%SpO2	¿EPOC O HIPERCAPNIA?	¿USO DE O2 SUPLEMENTARIO	DISPOSITIVO	TENSIÓN ARTERIAL SISTÓLICA	PULSO	ESTADO DE ALERTA	TEMPERATURA	ESCALA DE NEWS2
32	82	NO	NO	Aire ambiente	106	85	Confuso	38	10

Figura 7. Ejemplos de escala de NEWS2 en el tablero. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México

INSUFICIENCIA CARDIACA O RESPIRATORIA	HIPERTENSIÓN ACTUAL O EN TRATAMIENTO	DIABETES MELLITUS	ACV, AIT, embolismo previo y/o IAM	HISTORIA DE ENFERMEDAD VASCULAR Y/O TVP	RESULTADO CHA2DS2-VASC	% DE RIESGO ACV EL PRÓXIMO AÑO	RECOMENDACIÓN
NO	NO	SI	NO	NO	1	1.3%	<i>Riesgo intermedio (Considerar antiplaquetarios o anticoagulación)</i>

Figura 8. Ejemplos de escala de CHA2DS2-VASc en el Tablero. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México

CÁNCER ACTIVO	TROMBOSIS VENOSA PROFUNDA	MOVILIDAD REDUCIDA	TROMBOFILIA	TRAUMA O CIRUGÍA RECIENTE (<1 MES)	ANTECEDENTE DE IAM O EVC	INFECCIÓN AGUDA O ENFERMEDAD REUMÁTICA	TRATAMIENTO HORMONAL	TOTAL	RIESGO
SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	6	Alto riesgo

Figura 9. Ejemplos de escala de PADUA en el Tablero. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México

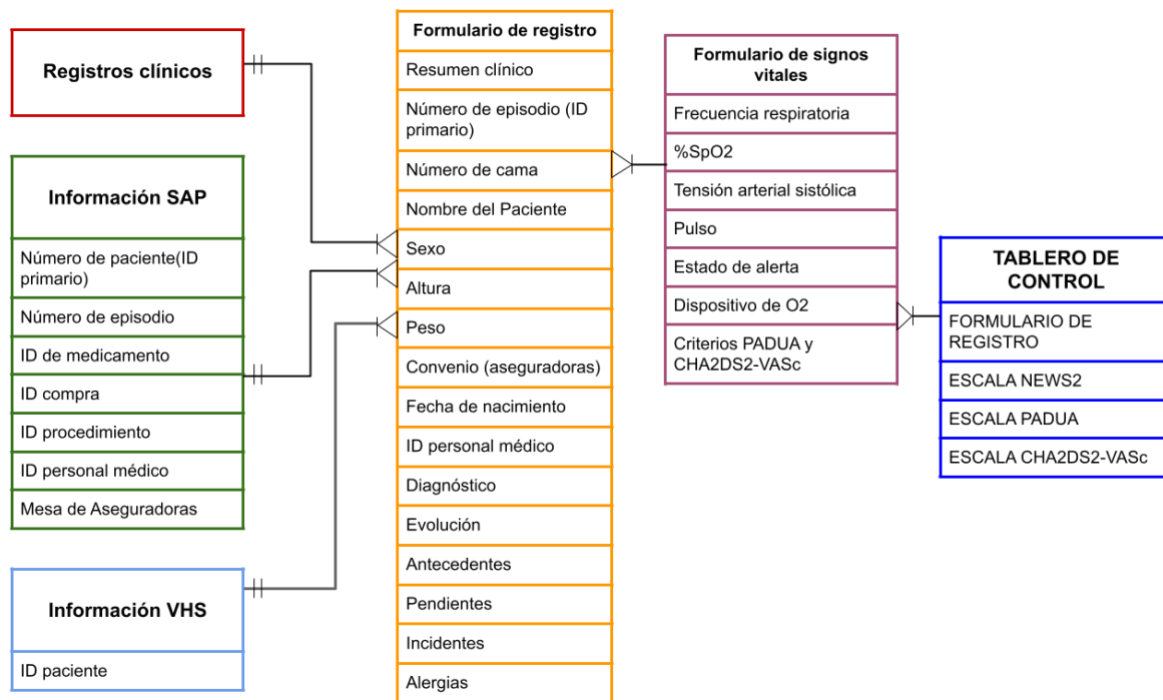


Figura 10. Diagrama de la unificación de bases de datos mediante los formularios de registro y de signos vitales.

Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México

Capítulo 6 Conclusiones y trabajo a futuro

Se diseñó, desarrolló e implementó un tablero de control en Excel con formularios de registro y alta de pacientes, así como, un formulario de registro y actualización de signos vitales utilizando el lenguaje de programación Microsoft VBA, para con ello tener un registro estandarizado de los datos clínicos de pacientes hospitalizados. Al tablero se le integraron escalas clínicas para poder evaluar riesgos relacionados con la estancia en hospitalización de los pacientes y con ello orientar al personal médico a la toma de decisiones basada en la información enfocadas en la calidad de estancia y recuperación exitosa de los pacientes. Esta herramienta ayudó al hospital a reducir tiempos de llenado de los registros clínicos y datos personales de los pacientes, unificó la información contenida en distintas bases de datos existentes del hospital, evitando errores de escritura y redundancias que se generaban en la transcripción de la información de una base de datos a otra, a su vez al contar con información estandarizada y organizada ligada a cada paciente permitió llevar una mejor trazabilidad de la información clínica y administrativa.

Lo anterior permite establecer las bases para desarrollar modelos de analítica predictiva que anticipen comportamientos clínicos y administrativos dentro del hospital, a su vez, al ser datos estandarizados y organizados, permiten la exportación directa a plataformas analíticas sin necesidad de reestructuración. Así, el tablero no solo mejora la operación diaria del hospital, sino que establece una plataforma para: generar conocimiento a partir de datos, tener medicina personalizada y preventiva, optimizar los recursos del hospital y permitir la transición hacia modelos de hospitales Data-Driven.

Trabajo a futuro

Se recomienda migrar en el futuro hacia plataformas con mayor alcance y enfoque al análisis de datos como una base de datos en SQL o Power BI, así como, automatizar la generación y descarga de reportes mensuales con una rutina programada en el lenguaje de programación Python. Así como, incluir la posibilidad de guardar el histórico de signos vitales por paciente, ya que, en esta primera etapa del proyecto, estos datos

se sobrescriben. Esto permitiría un análisis de la evolución clínica de los pacientes y construir modelos de analítica predictiva más completos.

Deberían incorporarse elementos de seguridad de la información; como usuarios con clave para poder ingresar a cualquiera de los formularios de datos de paciente, ya que el tablero incluye información sensible, así como establecer respaldos de toda la información ingresada. Ligado a esto, deberían incorporarse capacitaciones continuas del uso y llenado del tablero, sesiones de seguridad y confidencialidad de la información, mantenimientos periódicos a las bases de datos y sistemas, así como canales de comunicación entre el área de sistemas y los usuarios finales. Finalmente, como siguiente etapa, se podrían incorporar modelos de analítica predictiva, como regresiones y series de tiempo, los modelos de regresión describen y cuantifican la relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes. Su propósito es estimar o predecir el valor de una variable de interés (Y) en función de otras variables que influyen en ella (X_1, X_2, \dots, X_n). Para el caso de este proyecto se podría emplear una regresión múltiple para predecir la estancia hospitalaria, dónde:

Variables	
Y	Estancia Hospitalaria
X1	Edad del paciente
X2	Puntaje de NEWS2
X3	Puntaje PADUA
X4	Puntaje CHA ₂ DS ₂ -VASc
X5	Sexo (0=masculino, 1=femenino)
X6	Enfermedades crónicas (no=0, sí=1)

Tabla 5. Variables propuestas para modelo de regresión múltiple. Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México

Modelo propuesto:

$$Estancia_i = \beta_0 + \beta_1 * Edad_i + \beta_2 * NEWS2_i + \beta_3 * DiagCron_i + \beta_4 * PADUA_i + \beta_5 * CHA2DS2VASc_i + \beta_6 * Sexo_i + \varepsilon_i$$

Si $\beta_2 > 0$, entonces un mayor puntaje en NEWS2 se asocia con estancias más largas.

Si $\beta_3 > 0$, tener comorbilidades incrementa la estancia.

En el caso de los modelos de series de tiempo, estos resultan muy útiles para analizar la evolución diaria de variables como la ocupación hospitalaria, el número de pacientes en estado crítico o la frecuencia de eventos clínicos adversos. Su aplicación permite anticipar picos de demanda y, con ello, planificar de manera más eficiente los recursos humanos y materiales del hospital.

Entre los modelos más utilizados se encuentran los de **Holt** y **Holt-Winters**, que buscan facilitar tareas como la predicción de la saturación hospitalaria y la detección temprana de picos de demanda, lo que puede servir de base para activar alertas preventivas.

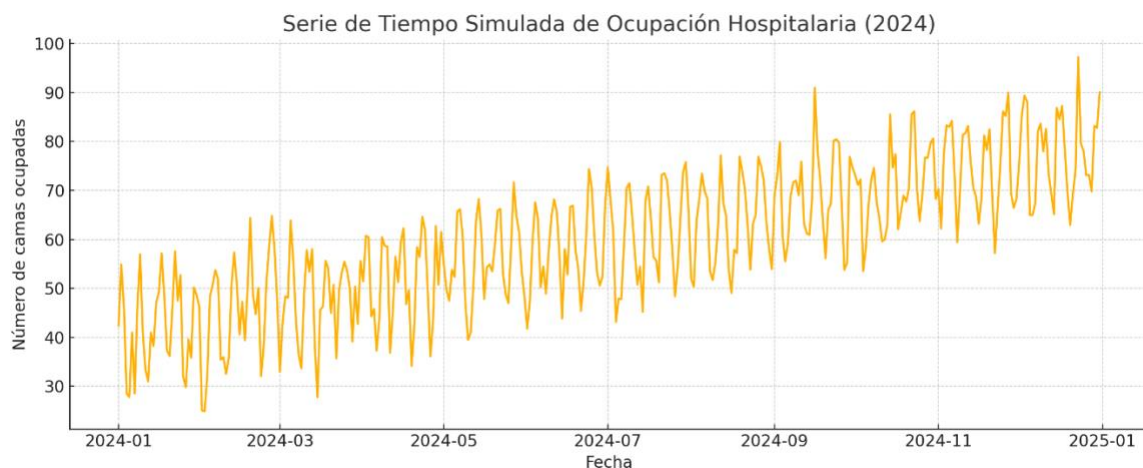


Figura 11. Simulación de series de tiempo de ocupación Hospitalaria (2024). Elaboración propia con datos del hospital general de la Ciudad de México

Implicaciones de los logros para el campo de la ingeniería en sistemas biomédicos

Este proyecto es muestra que la ingeniería en sistemas biomédicos va más allá de su enfoque tradicional en dispositivos médicos pues nos muestra también la importancia de su papel dentro de los sistemas de salud, apoyando su transformación digital. Los resultados obtenidos muestran que herramientas simples, pero bien diseñadas e implementadas, pueden aportar de manera significativa a las instituciones de salud, mejorando tanto la seguridad del paciente como la eficiencia operativa. Además, el proyecto evidenció que

aplicar metodologías de mejora continua permite estructurar la resolución de problemas clínico-administrativos, avanzando hacia hospitales más orientados a los datos y ofreciendo una atención de salud más personalizada.

Conclusiones personales

La tecnología por sí sola no resuelve los problemas si no se contextualiza y documenta adecuadamente. Durante el desarrollo del proyecto, hubo varios retos a superar, como la resistencia al cambio del personal y las limitaciones tecnológicas y administrativas existentes como la restricción para modificar SAP y VHS, incluir Python para automatizar procesos de llenado, entre otras cosas, dichos retos deben abordarse enfocándose en mejorar la atención al paciente y mejorar la experiencia de todos los usuarios. Por lo que es importante poder adaptarse a las necesidades de las instituciones, por ello es muy importante involucrar a los usuarios finales desde el diseño del sistema, ya que su experiencia en la práctica permite identificar problemáticas que no suelen ser tan evidentes desde la perspectiva técnica.

La retroalimentación de los médicos, enfermeros y administrativos resultó de gran importancia y utilidad para mejorar la herramienta y hacerla funcional dentro del flujo real de trabajo. Finalmente, se comprobó que no siempre son necesarias las grandes inversiones en infraestructura tecnológica o cambios gigantes en las plataformas digitales de un hospital, a veces las soluciones simples, pero bien implementadas desde el diseño y con el uso de herramientas Lean, se puede tener un impacto inmediato y tangible.

Referencias

- Alarcón, Z. (2023). Resolución de problemas. CDMX, Ciudad de México, México.
- Almasi S, B. K. (2023). *Usability Evaluation of Dashboards: A Systematic Literature Review of Tools*. Obtenido de National Institutes of Health-NIH: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9977530/>
- Barbar S, N. F. (2010). A risk assessment model for the identification of hospitalized medical patients at risk for venous thromboembolism: the Padua Prediction Score. . *Journal of Thrombosis and Haemostasis*, 8: 2450–2457.
- Bukachi, F. a.-W. (2007). Information technology for health in developing countries. *CHEST*, 1624-1630.
- Chau, M. a.-K. (2010). Data analysis for healthcare: a case study in blood donation center analysis. *16th Americas Conference on Information Systems 2010*, 242.
- Chen, P.-T. a.-L.-N. (2020). Big data management in healthcare: {Adoption} challenges and implications. *International Journal of Information Management*, 1-11.
- Choi, J.-Y. a.-J.-J. (2022). Future Scenarios of the Data-Driven Healthcare Economy in South Korea. *HEALTHCARE*, 772.
- CONAHCYT. (2024). *Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías Problemática Pronaia Ciencia de Datos y Salud*. Obtenido de CONAHCYT: <https://conahcyt.mx/pronaces/pronaces-salud/ciencia-de-datos-y-salud/problemativa/>
- Khairat, S. S. (2018). The Impact of Visualization Dashboards on Quality of Care and Clinician Satisfaction: Integrative Literature Review. *JMIR Human Factors*, e22.

- Lip GY, N. R. (2010). Refining clinical risk stratification for predicting stroke and thromboembolism in atrial fibrillation using a novel risk factor-based approach: the euro heart survey on atrial fibrillation. . *Chest*, 2: 263-272.
- Ludlow, K. a. (2022). Design and implementation of dashboards in healthcare. *Implementation Science: The Key Concepts*, 39.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity press.
- Pace, A. a. (2017). Can hospital dashboards provide visibility of information from bedside to board? A case study approach. *Journal of Health Organization and Management*, 142-161.
- Rabiei, R. a. (2022). Requirements and challenges of hospital dashboards: a systematic literature review. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 287.
- Rosa, J. M. (2022). Ciencia de datos en salud: desafíos y oportunidades en América Latina. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 591-597.
- Royal College of Physicians. (2017). *National Early Warning Score (NEWS) 2: Standardising the assessment of acute-illness severity in the NHS*. Londres: RCP.
- Shook, J. (2008). *Managing to learn: : Using the A3 Management Process to Solve Problems, Gain Agreement, Mentor, and Lead*. Lean Enterprise Institute.
- Waterhouse, J. (2021). Streamlined Workflow Analysis Using Swim Lanes. *University Libraries Faculty Scholarship*. 161.
- World Health Organization. (2021). *Health information systems: SCORE technical package*. Obtenido de World Health Organization: {<https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/score-technical-package>
- World Health Organization. (2021). *SCORE World Health Organization*. Obtenido de SCORE Assesment Summary for Mexico: <https://www.who.int/data/data-collection-tools/score/dashboard#/profile/MEX>

Wyber, R. a. (2015). Big data in global health: improving health in low- and middle-income countries. *Bulletin of the World Health Organization*, 203-208.

Ajebile, M. D., Olaboye, J. A., Maha, C. C., Igwama, G. T., & Abdul, S. (2024). Integrating business analytics in healthcare: Enhancing patient outcomes through data-driven decision making. *World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences*, 19(1), 243-250. <https://doi.org/10.30574/wjbphs.2024.19.1.0436>

Akour, I., & Salloum, S. (2024). *The Impact of Big Data Analytics on Health Care: A Systematic Review*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4995748/v1>

Chigboh, V. M., Zouo, S. J. C., & Olamijuwon, J. (2024). *Health data analytics for precision medicine: A review of current practices and future directions*. https://www.researchgate.net/profile/Jeremiah-Olamijuwon/publication/386273914_Health_data_analytics_for_precision_medicine_A_review_of_current_practices_and_future_directions/links/674ad78c359dcb4d9d458794/Health-data-analytics-for-precision-medicine-A-review-of-current-practices-and-future-directions.pdf

Daraojimba, A. I., Victoria, C., Ibeh, Elufioye, O. A., Olorunsogo, T., Asuzu, O. F., & Nduubuisi, N. L. (2024). Data analytics in healthcare: A review of patient-centric approaches and healthcare delivery. *World Journal Of Advanced Research and Reviews*. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.2.0246>

Divyeshkumar, V. (2024). Predictive Analysis for Personalized Machine: Leveraging Patient Data for Enhanced Healthcare. *International Journal of Current Science Research and Review*. <https://doi.org/10.47191/ijcsrr/v7-i5-59>

Graban, M. (2018). *Lean hospitals: Improving quality, patient safety, and employee engagement*. Productivity Press. <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781315380827/lean-hospitals-mark-graban>

Karakolias, S. (2024). Mapping data-driven strategies in improving health care and patient satisfaction. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, 13(1), 609-620. <https://doi.org/10.30574/wjaets.2024.13.1.0444>

- Komanpally, S. R. (2024). Leveraging Data Analytics in Healthcare: A Comprehensive Approach to Integration and Reporting. *A Context Aware Decision-Making Algorithm for Human-Centric Analytics: Algorithm Development and Use Cases for Health Informatics System*, 12(9), 1186-1192. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.64201>
- Luo, L., Hong, Q., & Zhong, M. (2024). The application of 5W2H management model in the construction of enterprise economic and strategic management system. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1). <https://doi.org/10.2478/amns-2024-0776>
- Oyeniya, J. (2024). The role of AI and mobile apps in patient-centric healthcare delivery. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 22(1), 1897-1907. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.22.1.1331>
- Veena, A., & Gowrishankar, S. (2024). Introduction. En *A Context Aware Decision-Making Algorithm for Human-Centric Analytics: Algorithm Development and Use Cases for Health Informatics System* (pp. 1-22). Bentham Science Publisher.