



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Análisis, diseño e implementación de técnicas de Minería
de Procesos para la mejora continua de los procesos de
atención del departamento de urgencias

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Biomédica

AUTOR/A: García Lago, Pablo

Tutor/a: Traver Salcedo, Vicente

Cotutor/a externo: IBAÑEZ SANCHEZ, GEMA

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUOLA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Curso Académico:

Agradecimientos

Quiero mostrar por escrito mi agradecimiento a todas las personas que han sido una pieza fundamental en la realización de este trabajo.

A Gema, por abrirme las puertas de la investigación médica con datos reales, por introducirme en un mundo que desconocía y que me ha apasionado y sobre todo por ayudarme, apoyarme y darme todas las facilidades para que el trabajo saliese adelante. Su paciencia con las infinitas dudas planteadas, su amabilidad en las respuestas desde el primer minuto y las horas y horas dedicadas a corregir mis errores.

Dar gracias también a Vicente Traver por tratarme siempre con confianza y respeto. Has sido el puente que me ha conectado con la minería de procesos.

A mi familia, el pilar fundamental de mi vida. Podría escribir un libro con todas las cosas que habéis hecho por mí. Papás, abuelos, mi hermana Andrea... El apoyo emocional y económico, el esfuerzo que habéis hecho en aguantarme, el empeño en educarme y hacerme mejor persona y sobre todo, por quererme siempre. Os amo y os estaré eternamente agradecido.

Más en concreto, quiero dedicar un breve párrafo a mi grupo de amigos, tanto a los de toda la vida como a los que he conocido durante estos 4 años de carrera. Ozo, Raquel, Isma, Jesús, Gemes, Pepe, Borja, Gonzalo, todos... Sois personas increíbles, la trayectoria de mi vida, mis logros, todas las aventuras vividas no serían posibles sin vosotros. Estoy orgulloso de haber escogido Valencia como ciudad para estudiar y haberlo disfrutado al máximo.

Gracias Laura por aparecer en mi vida y hacerme feliz estos últimos meses, te quiero.

Finalmente, agradecer a cada persona que ha pasado por mi vida y me ha ayudado en mi carrera profesional. Compañeros, profesores... estoy seguro de haber escogido el camino que me gusta y sé que la Ingeniería Biomédica estará en buenas manos.

Resumen

La calidad de la atención es la capacidad que tiene un sistema sanitario de obtener los mejores resultados en salud y satisfacción para el paciente. Además, esta búsqueda de calidad constituye un proceso de mejora continuo en el tiempo mediante el cual se avanza hacia eficacia y eficiencia clínicas. Y para alcanzar la sostenibilidad del sistema de salud, es necesario medir esa calidad. En este marco surge la iniciativa *Value-Based Healthcare (VBHC)*, que define el valor en salud como los mejores resultados obtenidos con el menor número de recursos posibles, siempre situando al paciente en el centro. Aunque en el entorno clínico existen indicadores clínicos de calidad, como por ejemplo los Indicadores Clave de Rendimiento (KPI), estos presentan varias limitaciones, como preguntas predefinidas y resultados únicamente cuantitativos. La digitalización de la salud, mediante Big Data e IA, es indispensable para conseguir una atención de calidad basada en el valor. No obstante, el procedimiento de estas técnicas es difícilmente entendible para los clínicos. Ante esta situación, aparece un método novedoso y revolucionario denominado Minería de Procesos Interactiva (IPM), un modelo donde los profesionales de la salud son partícipes del análisis mediante data rodeos. De esta forma, comprenden y validan el proceso clínico seguido hasta la definición del Indicador de Proceso Interactivo (IPI), que proporciona una visión avanzada, no solamente cuantitativa, sino incorporando preguntas abiertas y técnicas de análisis visual. Además, se tiene en cuenta el tiempo manejando un proceso real. Por tanto, en el presente trabajo se define ese IPI para el proceso de urgencias y a partir de datos reales, se realiza un análisis basado en IPM mediante PMAApp con el objetivo de detectar e identificar aquellos puntos de saturación y localizar los cuellos de botella del Servicio de Urgencias (SU) del Hospital General de Valencia (HGUV).

Palabras clave: Minería de Procesos, Atención de la salud basada en el valor, Calidad de la Atención, Indicadores de Proceso Interactivos (IPI), Eficiencia.

Resum

La qualitat de l'atenció és la capacitat que té un sistema sanitari d'obtindre els millors resultats en salut i satisfacció per al pacient. A més, aquesta cerca de qualitat constitueix un procés de millora continu en el temps mitjançant el qual s'avança cap a eficàcia i eficiència clíniques. I per a aconseguir la sostenibilitat del sistema de salut, és necessari mesurar aqueixa qualitat. En aquest marc sorgeix la iniciativa *Value-Based Healthcare (VBHC)*, que defineix el valor en salut com els millors resultats obtinguts amb el menor nombre de recursos possibles, sempre situant al pacient en el centre. Encara que en l'entorn clínic existeixen indicadors clínics de qualitat, com per exemple els Indicadors Clau de Rendiment (*KPI*), aquests presenten diverses limitacions, com a preguntes predefinides i resultats únicament quantitius. La digitalització de la salut, mitjançant Big Data i IA, és indispensable per a aconseguir una atenció de qualitat basada en el valor. No obstant això, el procediment d'aquestes tècniques és difícilment comprensible per als clínics. Davant aquesta situació, apareix un mètode nou i revolucionari denominat Minería de Processos Interactiva (IPM), un model on els professionals de la salut són participants de l'anàlisi mitjançant data marrantes. D'aquesta manera, comprenen i validen el procés clínic seguit fins la definició de l'Indicador de Procés Interactiu (IPI), que proporciona una visió avançada, no sols quantitativa, sinó incorporant preguntes obertes i tècniques d'anàlisi visual. A més, es té en compte el temps manejant un procés real. Per tant, en el present treball es defineix aquell IPI per al procés d'urgències i a partir de dades reals, es realitza una anàlisi basada en IPM mitjançant PMAApp amb l'objectiu de detectar i identificar aquells punts de saturació i localitzar els colls de botella de l'EL SEU de l'Hospital General de València (HGUV).

Paraules Clau: Minería de processos, Atenció de la salut basada en el valor, Qualitat de l'Atenció, Indicadors de Procés Interactius (IPI), Eficiència.

Abstract

Quality of care (QoC) is the ability of a Healthcare system to achieve the best health outcomes and satisfaction for the patient. Moreover, this pursuit of quality is a process of continuous improvement over time through which progress is made towards clinical effectiveness and efficiency. In order to achieve the sustainability of the healthcare system, it is necessary to measure this quality. In this framework the Value-Based Healthcare (VBHC) initiative arises, which defines value in health as the best results obtained with the least possible resources, with patient-centered perspective. Although clinical quality indicators exist in the clinical setting, such as Key Performance Indicators (KPIs), they have several limitations, such as predefined questions and only quantitative results. The digitisation of healthcare, through Big Data and AI, is indispensable to achieve value-based quality of care. However, the procedures of these techniques are difficult to understand for clinicians. Facing this situation, a new and revolutionary method called Interactive Process Mining (IPM) has emerged, a model in which healthcare professionals are involved in the analysis through data rodeo sessions. In this way, they understand and validate the clinical process followed until the definition of the Interactive Process Indicator (IPI), which provides an advanced vision, not only quantitative, but also incorporating open questions and visual analysis techniques. In addition, time is considered by managing a real process. Therefore, in the present project, this IPI is defined for the ED process and based on real data, an IPM-based analysis is performed using PMAApp with the aim of detecting and identifying those saturation points and locating the bottlenecks of the ED of the Hospital General de Valencia (HGUV).

Keywords: Process Mining, Value-Based Health Care (VBHC), Quality of Care (QoC), Interactive Process Indicators (IPI), Efficiency.

Documentos contenidos en el TFG

- I. MEMORIA
- II. PRESUPUESTO
- III. ANEXOS

Índice general

Agradecimientos.....	I
Resumen	III
Resum	V
Abstract.....	VII
Documentos contenidos en el TFG	IX
Índice general	XI
Índice de figuras.....	XIII
Índice de tablas.....	XV
Memoria.....	1
Introducción.....	2
1.1. Objetivos.....	2
1.2. Justificación.....	2
Antecedentes.....	4
2.1. Introducción.....	4
2.2. Calidad de la atención.....	4
2.3. Medición de la calidad de los sistemas de salud.....	6
2.4. Mejora continua de la calidad.....	7
2.5. Indicadores clave de rendimiento (KPI)	9
2.6. Transformación digital en salud.....	11
2.7. Minería de Procesos Interactiva (IPM).....	14
2.8. Indicadores de Proceso Interactivos (IPI).....	16
2.9. Conclusiones	17
Materiales.....	18
3.1. Datos	18
3.2. Process Mining 4 Health (PM4H)	19
Métodos.....	26

4.1.	Data Rodeos.....	26
4.2.	Análisis y experimentos realizados	27
	Resultados	30
5.1.	Identificación de puntos de saturación.....	31
5.2.	Análisis del indicador: Tiempo hasta el triaje	33
5.3.	Análisis del indicador: Tiempo hasta la primera atención	35
5.4.	Análisis del indicador: Tiempo de estancia.....	39
	Discusión.....	43
6.1.	Alcance del análisis	43
6.2.	Puntos de innovación del estudio.....	45
6.3.	Fortalezas del análisis	46
6.4.	Limitaciones del estudio	47
6.5.	Principales líneas de trabajo para el futuro	47
	Conclusión	48
	Bibliografía.....	50
	<i>Presupuesto.....</i>	<i>55</i>
	Presupuesto	56
8.1.	Costes de personal o mano de obra	56
8.2.	Costes de material	57
8.3.	Presupuesto total.....	58
	<i>Anexo</i>	<i>60</i>

Índice de figuras

Figura 1. Dimensiones de la calidad de la atención	6
Figura 2. Marco estratégico de medida de resultados en salud	7
Figura 3. Residuos en el cuidado de la salud.....	8
Figura 4. Madurez digital por perspectivas de análisis.	11
Figura 5. Conceptos básicos de registro en Process Mining con un diagrama de clases [48]....	13
Figura 6. Interactive Process Mining	14
Figura 7. Proceso interactivo de la minería de procesos	15
Figura 8. Proceso de definición de un IPI (data rodeos).....	16
Figura 9. Urgencias hospitalarias del CGHUV [50]	18
Figura 10. Flujo del IPI [7].....	20
Figura 11. Ejemplo de un IPI en el Departamento de Urgencias mediante PMAApp.....	20
Figura 12. Kit de herramientas interactivas de Minería de Procesos.....	21
Figura 13. Proceso de ingestión [7]	22
Figura 14. Proceso de rodeo de datos.....	22
Figura 15. Vista del proceso con la mejora de significación estadística.....	24
Figura 16. Vista del proceso con la mejora de abstracciones	24
Figura 17. IPI del Servicio de Urgencias del HGUV	28
Figura 18. Principales propiedades del Log, las trazas y los eventos.	29
Figura 19. IPI de proceso del SU basado en Tiempo medio de Ejecución	30
Figura 20. IPI de proceso del SU basado en el número de pacientes.....	31
Figura 21. Vista del proceso del Nivel 4 de Triage	32
Figura 22. Diferencias de sexo en pacientes de Nivel 4 de Triage	33
Figura 23. Número de ejecuciones según el proceso de atención.....	33
Figura 24. Vista de los procesos con ausencia de Triage	34
Figura 25. Vista del proceso con Triage superior a 10 minutos	34

Figura 26. Número de trazas que superan los 10 minutos de triaje	35
Figura 27. Tiempo hasta la primera atención comprendido entre 30-60 minutos	35
Figura 28. Tiempo hasta la primera atención comprendido entre 1h30 y 2h.....	36
Figura 29. Tiempo hasta la primera atención comprendido entre 2h y 2h30.....	36
Figura 30. Tiempo hasta la primera atención mayor a 3h.....	37
Figura 31. Diferencias por sexo de los pacientes con Tiempo hasta primera atención > 3h	37
Figura 32. Diferencias por hiperfrecuentadores de pacientes con Tiempo hasta primera atención > 3h.....	38
Figura 33. Diferencias en el tiempo de estancia de pacientes con Tiempo hasta primera atención > 3h.....	38
Figura 34. Tiempo de estancia superior a 4 horas	39
Figura 35. Diferencias por estación del año en pacientes con Tiempo de espera > 4h	40
Figura 36. Diferencias por edades en pacientes con Tiempo de espera > 4h	40
Figura 37. Pacientes por tiempo hasta primera atención con Tiempo de estancia > 4h	41
Figura 38. Diferencias por nivel de triaje en pacientes con Tiempo de espera > 4h.....	41

Índice de tablas

Tabla 1. Comparación entre los IPI y los KPI	17
Tabla 2. Número de pacientes de Nivel 4 según la edad	32
Tabla 3. Número de asistencias en función de la estación del año para tiempo de estancia > 4h	39
Tabla 4. Costes de personal en horas de oficina	56
Tabla 5. Costes de las sesiones de data rodeos	57
Tabla 6. Costes de Hardware.....	57
Tabla 7. Costes de software	58
Tabla 8. Presupuesto total del proyecto	58

Parte I

Memoria

Introducción

En este primer capítulo se plantean los objetivos del proyecto y se explicará la motivación que ha inspirado su realización.

1.1. Objetivos

El objetivo principal del proyecto es mejorar el Servicio de Urgencias del Hospital General Universitario de Valencia (HGUV) para ofrecer una atención basada en el valor, mediante el uso de técnicas de Minería de Proceso Interactivas. Para ello, es necesario completar una serie de objetivos específicos, que se definen a continuación:

- Caracterización de los procesos del servicio de urgencias
- Identificación de puntos de mejora tales como cuellos de botella en base a los datos recogidos
- Reducción de la saturación del servicio

El presente trabajo se enmarca en un proyecto activo perteneciente al grupo SABIEN, un referente tanto a nivel nacional como internacional en la aplicación de las TIC en el ámbito sanitario, con actividades como minería de procesos. El proyecto tiene como objetivo final aplicar cambios para mejorar el sistema en aquellos puntos que se han identificado como críticos en la evaluación de la saturación de la atención. No obstante, es un proceso lento debido a la rigidez de las instituciones públicas y sigue una hoja de ruta a largo plazo, por ello no entra dentro de este trabajo (escaso tiempo para el análisis), pero sí que sigue con su desarrollo a continuación de este trabajo.

1.2. Justificación

Es una realidad que los sistemas de salud soportan una carga abusiva y actualmente la situación es insostenible [1]. La gestión de los servicios de urgencias supone un enorme desafío para cualquier organización de salud. La demanda no planificada, el envejecimiento de la población, la dificultad de acceso a los centros de atención primaria, la percepción de gravedad del usuario y los pacientes ingresados en urgencias son algunas de las causas que más contribuyen a la saturación de los servicios de urgencias. Si además añadimos una pandemia y la creciente crisis en la gestión del personal sanitario, nos encontramos con un escenario que requiere de acciones de mejora con extrema rapidez. En este sentido, encaminarse hacia una atención sanitaria basada en el valor (VBHC) [2], [3] podría ayudar significativamente a aligerar esta excesiva carga de trabajo, mediante la definición de nuevos protocolos y flujos de trabajo en los que se sitúe al paciente en el centro, contribuyendo a una mejor calidad en la atención [2], [4].

En el entorno clínico ya existen indicadores clínicos de calidad, como los Indicadores Clave de Rendimiento (KPI) [5], que ofrecen información sobre los resultados de los pacientes en salud y su experiencia durante el proceso de atención. Sin embargo, presentan varias limitaciones, como preguntas predefinidas y resultados únicamente cuantitativos.

Por otra parte, la explotación de los datos es muy importante para un óptimo manejo de los servicios sanitarios, ya que apostar por la digitalización de la salud contribuye de manera significativa a mejorar esta gestión y el apoyo las nuevas tecnologías es indispensable para la búsqueda de una atención de calidad basada en el valor. Asimismo, con la irrupción del concepto de Big Data [6] en la medicina actual, es cada vez más común ver como se utiliza la Inteligencia Artificial para obtener indicadores que ayuden a los profesionales sanitarios en su práctica diaria. De esta forma, se pueden conocer los procesos de urgencias con alto nivel de detalle, lo cual es muy valioso a la hora de detectar ineficiencias y oportunidades de mejora. No obstante, el procedimiento de estas técnicas es difícilmente entendible para los clínicos.

Ante esta situación, aparece un método novedoso y revolucionario denominado Minería de Procesos Interactiva (IPM) [7], que propone un modelo que combina mediante sesiones de data rodeos todo el conocimiento de los profesionales sanitarios junto con el trabajo de los expertos en minería de datos, añadiendo el poder de análisis que IPM ofrece. De esta forma, los clínicos comprenden y validan el proceso seguido hasta la definición de un Indicador de Proceso Interactivo (IPI). Esta simbiosis hace el estudio mucho más adaptable y efectivo, reduciendo en gran parte el rechazo que muestran los clínicos cuando se encuentran con resultados en los que no entienden su procedencia. La implementación de la técnica IPM en urgencias permite validar la gestión clínica y ofrecer seguridad al paciente. De esta manera y a partir de datos reales, los clínicos trabajan con expertos para hallar la mejor representación de los procesos. Se utiliza información referente al paciente que está relacionada con cada uno de los eventos que componen el proceso hospitalario, como son admisión, triaje, primera atención, hospitalización, alta... e IPM utiliza estos eventos para descubrir los procesos asistenciales. Los indicadores se representan en PMAApp, un software basado en minería de procesos, como tablas, gráficos y/o procesos sobre los que se pueden aplicar mapas de color u otros “realzados”, siendo visualmente muy intuitivos. Incluso permite representar si existe diferencia estadísticamente significativa entre diferentes procesos de atención [8].

La gran visibilidad que IPM aporta radica en todas las perspectivas de proceso que pueden considerarse como indicadores, pudiendo ser definidas tantas como sea necesario, p.e. progreso del paciente, resultados clínicos, modelos de riesgo, etc. Estas perspectivas son complementarias entre ellas y con los indicadores, ofreciendo una visión 360 de la atención ofrecida en el servicio de urgencias y detectando aquellos puntos de mejora.

Además de poder analizar los procesos a nivel macro, IPM ofrece un efecto lupa con una gran potencialidad en la detección de grupos de interés para el estudio y su estratificación, hasta llegar a nivel de individuo. Esto permite ver en detalle que ha ocurrido en un momento dado, permitiendo discernir entre errores y casos poco frecuentes, siendo de gran utilidad su análisis para una mejora continua de la atención ofrecida. Asimismo, analizar los procesos aporta un valor añadido para la toma de decisiones que se basan en la evidencia científica y supone un doble beneficio ya que permite gestionar de forma individualizada cada hospital, además de comparativas entre hospitales permitiendo así la mejora continua de la atención.

Antecedentes

En este capítulo se presenta el contexto del problema que se pretende abordar y recoge la definición de calidad de atención y sus dimensiones más destacadas, así como las estrategias más empleadas en la iniciativa VBHC para la mejora continua de la atención. Se explican los indicadores KPIs utilizados en salud y la técnica de Minería de Proceso Interactiva (IPM) con los IPIs. Se concluye definiendo las ventajas y limitaciones que aparecen con la tecnología actual en el marco de VBHC.

2.1. Introducción

En la antigüedad, Hipócrates enunció el principio de *no maleficiencia*, base de la medicina moderna, donde por primera vez se resaltaba la importancia de aplicar buenas prácticas clínicas para promover la salud de los pacientes [9]. A pesar de ello, no fue hasta los últimos años de la década de 1980 cuando reapareció la estandarización en el ámbito de la salud en forma de Medicina Basada en la Evidencia (MBE) [10], [11], cuyo propósito era ayudar en el cuidado de los pacientes. La MBE se encargó de promover durante años la extracción de todo conocimiento de la evidencia existente y aprovechar la experiencia de los profesionales de la salud para añadirla a las preferencias, preocupaciones y expectativas de los pacientes [10], [11]. Mediante protocolos clínicos (estandarizados), la MBE integró en la práctica diaria la evidencia hallada y contribuyó, en términos generales, a mejorar la efectividad clínica, la trazabilidad de los procesos de atención y la reducción de riesgos, además de conseguir la difusión de mejores estándares y prácticas médicas.

En contraposición, esto no era indicativo de que la atención proporcionada fuese totalmente de calidad y se remarcaba la necesidad de evaluar de alguna forma la atención médica [12]–[14]. Aunque la MBE trató de contribuir en esta búsqueda de la calidad, la realidad era que los protocolos clínicos definidos no reflejaban factores influyentes en los resultados finales de salud. Los estándares simplemente contemplaban conclusiones genéricas o globales, sin llegar a las especificidades de cada paciente, debido a que su diseño se basaba en el análisis subjetivo de los expertos en salud. Por este motivo, el nivel de variación en los resultados de los pacientes era muy alto, tanto que sugirió que estos protocolos estandarizados debían adaptarse a las necesidades del individuo y determinar si las intervenciones realizadas eran efectivas. Llegados a este punto, bajo la motivación de examinar la asistencia que se proporcionaba en los centros de salud, Donabedian introduce el concepto de calidad de la atención [15], [16].

2.2. Calidad de la atención

La Calidad de Atención (QoC, por sus siglas en inglés) [17], [18] es un concepto difícil de explicar y comprender. Durante muchos años, se han intentado proponer multitud de definiciones que alberguen su significado completo, pero la definición mundialmente reconocida por la

Organización Mundial de la Salud (OMS) [19] es la proporcionada por el Instituto de Medicina (IOM) en 1990 (*“La calidad de la atención es el grado en que los servicios de salud para individuos y poblaciones aumentan la probabilidad de obtener los resultados de salud deseados y son consistentes con el conocimiento profesional actual”*[20]). El libro *“Crossing the Quality Chasm: A New Health System for the 21st Century”* publicado por el IOM en 2001 fue un impulso para mejorar el nivel de atención en salud. El libro introdujo las seis dimensiones más importantes en los sistemas de salud: eficaz, eficiente, puntual, centrado en el paciente, equitativo y seguro.

A la hora de medir la Calidad de la Atención (QoC), la seguridad en la atención es un pilar fundamental porque evitar las lesiones o percances durante el tratamiento es una de las grandes preocupaciones y prioridades de los pacientes y sus familiares. Es un concepto que está estrechamente relacionado con la reducción de eventos desfavorables. Durante las intervenciones médicas, algunos errores afectan a la salud del paciente, los cuales reciben el nombre de eventos adversos y se corresponden con una de las diez principales causas de morbilidad y mortalidad en el mundo [21]. La OMS [21] defiende que la detección de estos eventos adversos contribuye de manera significativa a la medición de la calidad de la atención y a mejorar el servicio prestado. En países con alto número de ingresos en urgencias, aproximadamente el 10% de la población sufre un percance médico durante el proceso de atención, siendo casi la mitad de estos prevenibles. Además, los eventos adversos, en cuestiones relativas a tratamientos y días adicionales de estancia, pueden ser indiferentes para el paciente, pero desde el punto de vista de la organización de salud, son costes que provocan un alto gasto de recursos, en torno al 15% del gasto total hospitalario en países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) [21]. El impacto económico es considerable y la solución es reestructurar los sistemas de salud en cuanto a procedimientos, tecnología, etc. [22], con el objetivo de eliminar errores y conseguir una alta fiabilidad.

Donabedian [12], médico y fundador del estudio de calidad en la atención médica y la investigación de resultados médicos, considera que la manera en la que se proporciona el servicio de atención y los efectos o resultados que produce en el estado de salud de los pacientes, son aspectos fundamentales para comprender que la calidad es fruto de muchos componentes. Por tanto, la solución no pasa por corregir errores puntuales y eliminarlos, sino por impulsar sistemas de salud donde las posibilidades de que se cometa un error sean mínimas [14], [18]. Al fin y al cabo, lo que se pretende conseguir es ofrecer valor a los pacientes a través de una atención sanitaria de calidad y para ello se intenta reducir el número de eventos adversos que sufren los pacientes. Esto se puede lograr con una atención de calidad que cumpla con las 6 dimensiones del QoC de IOM [23], [24]:

- **Eficaz**, evitar la infrautilización y sobreutilización de recursos.
- **Eficiente**, por ejemplo, no repetir pruebas durante un diagnóstico.
- **Seguro**, evitando la aparición de eventos adversos y daño al paciente.
- **Puntual**, reduciendo el tiempo de espera del paciente.
- **Centrado en el paciente**, teniendo en cuenta sus necesidades y preferencias.
- **Equitativo**, ofreciendo a toda la población las mismas oportunidades de atención.

De esta forma, dentro de los recursos (materiales y humanos) con los que cuenta el hospital y los procesos (ya sean los procesos o los tratamientos), se obtendrán mejores resultados clínicos (entre otros) para el paciente.



Figura 1. Dimensiones de la calidad de la atención

2.3. Medición de la calidad de los sistemas de salud

En línea con la sección anterior, los sistemas de salud tienen un gasto importante en cualquier parte del mundo y durante el proceso de atención que se proporciona, en algunas ocasiones, los pacientes sufren eventos perjudiciales relacionados con la atención. Además, es posible prevenir y evitar gran parte de los errores cometidos, lo cual supondría una importante disminución de los recursos invertidos [21]. En la actualidad, existe la necesidad de que las organizaciones de salud sean sostenibles y proporcionen valor al paciente, bajo el modelo de las 6 dimensiones de calidad de IOM. Con el concepto de QoC, se definen aquellas características esenciales de una atención de calidad, pero sin especificar que es necesario medirla para poder alcanzar un equilibrio entre los recursos invertidos y los resultados obtenidos. Debido a esto, surgieron iniciativas como Value-Based Healthcare (VBHC) [3] en 2006, la cual define el valor en salud como los mejores resultados obtenidos con el menor número de recursos posibles, siguiendo la línea de las seis dimensiones descritas por el IOM anteriormente. La iniciativa, además, sitúa a los pacientes en el centro y pretende encontrar las necesidades comunes de pacientes con condiciones médicas similares.

El marco estratégico general de medidas de resultados de la iniciativa VBHC se encuentra estratificada en tres niveles, de forma que se van resolviendo los resultados de cada nivel sucesivamente. Se utiliza un proceso de mejora continua que empieza en el estado inicial del paciente y mediante el cual se podrá determinar la calidad de la atención utilizando indicadores que proporcionen un valor cuantitativo (por ejemplo, KPI, de los que se hablará más adelante). También permitirá analizar si los costes y recursos invertidos en el sistema de salud están siendo bien utilizados. La calidad de la atención proporcionada influirá de forma directa en los indicadores CROMS (Clinical Reported Outcomes Measures), utilizados para predecir ciertos resultados en salud. En adición, mejorar la seguridad de la atención disminuye notablemente las

lesiones a los pacientes, lo cual deriva en una recuperación más rápida. De esta forma se obtendrán también mejores resultados en otros indicadores de salud (PROMs) y de experiencia (PREMs) utilizados tras el proceso de atención. Todos estos indicadores juntos determinan los resultados finales de salud [3].

Michael Porter et al. [25], profundizan en este marco estratégico con el objetivo de crear una nueva iniciativa que denominaron: International Consortium For Health Outcomes Measurement (ICHOM) [26]. El propósito global es incorporar toda la innovación de VBHC y potenciar su desarrollo mediante la definición de estándares, elaborados para obtener feedback de los pacientes y que actúan como un motor para el cambio hacia el valor en el proceso de atención en las organizaciones de salud.

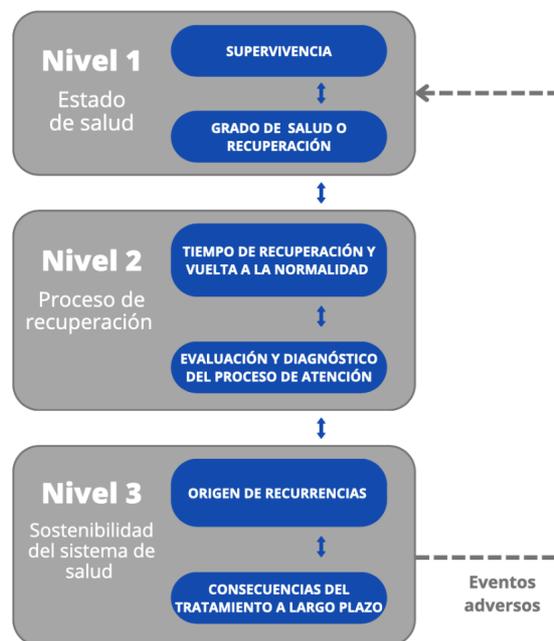


Figura 2. Marco estratégico de medida de resultados en salud

2.4. Mejora continua de la calidad

Existe una conexión directa entre proporcionar valor en la atención y garantizar que esta atención sea de calidad, pero los procesos de atención médica presentan cierta complejidad de análisis. No obstante, esto se convierte en un impulso para mejorar los servicios de asistencia y los consecuentes resultados, puesto que un elevado grado de dificultad lleva inherente un amplio margen de mejora [27], [28].

Durante años se han desarrollado en el mundo múltiples técnicas de mejora de la calidad (QI) con el propósito de detectar ineficiencias y errores prevenibles en salud, y como consecuencia implementar modificaciones que alcancen mejores resultados. Sin embargo, no existe una metodología única que funcione mejor en salud. La iniciativa VBHC, adopta el modelo Plan-Do-Study-Act (PDSA) [29], cuyo diseño se enfoca en mejorar los procesos en busca de beneficios en los resultados. También es importante mover el foco de las organizaciones de salud hacia la formación de equipos colaborativos y multidisciplinares cuyas decisiones sitúen siempre al

paciente en el centro. Para ello, se debe trabajar en los resultados del paciente como objetivo pero también en los medios para llegar a lograr una mejora continua.

El análisis de la calidad de la atención debe actuar en todos los peldaños del organigrama de salud e ir progresando bajo el principio de la Mejora Continua de Calidad (QCI, por sus siglas en inglés), cuya definición es la siguiente: *QCI es un proceso organizativo estructurado para involucrar al personal en la planificación y ejecución de un flujo continuo de mejoras para brindar atención médica de calidad que cumpla o supere las expectativas* [30]. Esta teoría debe integrarse por dos motivos que prácticamente buscan llegar al mismo sitio. El primero, la eficacia clínica, a través de la mejora del proceso y tratamiento ofrecido al paciente se consiguen reducir los eventos adversos. Y segundo, la QCI está estrechamente relacionada con el concepto de eficiencia clínica, siendo un desafío primordial que las nuevas directrices conduzcan hacia óptimos resultados a corto y largo plazo [31], [32]. La calidad es la característica más buscada en la prestación de los servicios de salud y está estrechamente relacionada con la satisfacción del paciente. Estos quieren ser atendidos en el tiempo establecido en los estándares (rapidez), sin errores ni eventos adversos (calidad). Es importante conseguir esto con el menor número de recursos (eficiencia) de forma que se reduzcan notablemente los costes de los servicios.

Los procesos clínicos presentan cierta complejidad y los datos son muy variables. Por un lado, la variabilidad del proceso se puede reducir, esto optimiza la calidad de éste y reduce los tiempos. Es necesario conocer y comprender las razones de estas diferencias en la atención y distinguir entre aquella variabilidad natural, como la condición médica de los pacientes, que solo se puede gestionar, y la artificial, como variables extrínsecas al servicio de urgencias, que es necesario eliminar. Por otro lado, para mejorar los flujos y la rapidez, es necesario eliminar las etapas que no aportan valor al servicio y que son puntos de ineficiencia en el sistema.

El proceso es la piedra angular de la atención sanitaria ofrecida, donde se coordinan todos los recursos disponibles para obtener ciertos resultados. Para optimizar este proceso, existen numerosas estrategias y herramientas de mejora que han demostrado ser de gran utilidad en el ámbito sanitario. Una de ellas, Lean Six Sigma, ofrece una forma de brindar calidad. Por un lado, el modelo Lean se centra en la eliminación de los “malgastos”, en la estandarización del trabajo y en la optimización de los flujos de trabajo.



Figura 3. Residuos en el cuidado de la salud

Por otro lado, la iniciativa Six Sigma, determina la capacidad de rendimiento de los sistemas o de los procesos existentes. Su objetivo es reducir tanto la varianza como los procesos de control para garantizar el cumplimiento de las especificaciones de los estándares propuestos y contribuir a la reducción de errores. La implementación de Six Sigma en las organizaciones es a través de la filosofía DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), cinco fases interconectadas:

- **Definir:** identificando, priorizando y seleccionando el proyecto correcto.
- **Medir** la característica clave del proceso y el alcance de los datos.
- **Analizar:** mediante la identificación de las causas clave y los determinantes del proceso.
- **Mejorar:** cambiando el proceso y optimizando la actuación.
- **Control:** manteniendo la mejora continua de los procesos.

Su combinación conforma la estrategia más utilizada en el ámbito sanitario, dónde la primera añade aspectos más estratégicos de comprensión del valor a los aspectos operativos definidos por la segunda iniciativa. Esta alineación de ambas es vital para conservar este enfoque en el cuidado de la salud, proporcionando valor a los pacientes con un sistema sostenible y mejorando continuamente los procesos.

2.5. Indicadores clave de rendimiento (KPI)

Los indicadores clave de rendimiento (KPI, por sus siglas en inglés) han sido utilizados durante muchos años dentro del entorno clínico para proporcionar un soporte organizacional en cuanto al diseño de las actividades diarias y la definición de sus objetivos, al mismo tiempo que ayudan a las personas a observar su progreso y aumentan el conocimiento de los profesionales [5]. Su principal labor es la detección de problemas o ineficiencias en el sistema de salud (tiempos de espera elevados, falta de integración de los sistemas de información...) [33]. Sin embargo, la información que conocen los médicos sobre el efecto que tienen la enfermedad y el tratamiento en la vida diaria de los pacientes es muy deficiente. En respuesta a este problema, durante los últimos treinta años, se han desarrollado cientos de medidas estandarizadas para recoger los resultados obtenidos en los pacientes, donde se incluyen el estado de los síntomas, la función física, la salud mental, la función social y el bienestar. Es aquí donde se presentan los indicadores clínicos pertenecientes a los KPI: PROMs, PREMs y PRIMs. Estos últimos hacen referencia a los eventos adversos.

Por un lado, las Medidas de Resultados Informados por el Paciente (PROMs, por sus siglas en inglés) [34], [35] son cuestionarios estandarizados y validados que son completados por los pacientes y cuyo objetivo es conocer sus percepciones acerca de su estado de salud, el nivel de deterioro percibido, la discapacidad y la calidad de vida relacionada con la salud. Algunos ejemplos de estas herramientas son el Cuestionario de dimensión EuroQOL-5 (EQ-ED) [36] o el Short Form 36-Question Survey (SF-36) [37]. Por otro lado, las Medidas de Experiencia Informadas por el Paciente (PREMs, por sus siglas en inglés) [38] son cuestionarios que recogen las opiniones que tienen los pacientes tras su experiencia con el proceso de atención. A diferencia de los PROMs, los PREMs no analizan los resultados de la atención, sino el impacto del proceso en la experiencia del paciente, como por ejemplo, la comunicación y puntualidad de

la asistencia. Los cuestionarios Consultation and Relational Empathy (CARE) [39] y Picker Patient Experience [40] son ejemplos de PREMs.

Siguiendo un poco en esta línea, los pioneros en el desarrollo de la iniciativa Value-Based Healthcare (VBHC), cuyo propósito es maximizar el valor proporcionado empleando el menor número de recursos, crean el International Consortium of Health Outcome Measures (ICHOM) [25], que trabaja para implementar en la práctica clínica, una serie de conjuntos de resultados estándar que reflejen lo que más les importa a los pacientes, es decir, proporcionarles valor. Existe un formulario dentro de los PROMs con 10 preguntas conocido como Sistema de Información de Medición de Resultados Informados por el Paciente (PROMIS-10, por sus siglas en inglés) [41], utilizado en algunos sets estándar de ICHOM para comparar con otras herramientas de puntuaje, como los mencionados anteriormente [34], [35]. Estos ejemplos de indicadores de calidad aportan información clínica relevante para reconocer aquellos puntos fuertes y débiles en la prestación de la atención, es decir, nos dicen dónde está el problema. No obstante, no conforman una medida directa de la misma, no dicen cuál es el problema [42]. Por ejemplo, se puede detectar que existen listas de espera elevadas pero no saber la causa de ello.

Existe cierto grado de complejidad a la hora de medir la calidad de la atención, debido a su carácter multidimensional que obliga a abordarla desde diferentes ángulos para poder cuantificarla. Para ello, los indicadores clínicos (KPIs) pueden utilizarse para la evaluación de los 3 pilares de la atención en salud definidos por Donabedian [12]:

- **Estructura:** miden la capacidad del sistema de salud para satisfacer las necesidades de atención médica de los pacientes. Describen tanto el tipo como la cantidad de recursos utilizados para entregar servicios y se relacionan con la cantidad de personal, dinero, camas, suministros y edificios utilizados. Conforman una forma de estudiar las condiciones y la eficiencia de la atención.
- **Proceso:** los indicadores en el proceso evalúan aquello que la organización de salud hizo por el paciente y cómo de bien se hizo. De esta forma, se tienen en cuenta las actividades y tareas en los episodios de atención al paciente, los tiempos de ejecución y normalmente están relacionados con los indicadores de resultados. Además, son útiles en cuanto a medir eficacia, eficiencia y rapidez en la prestación de los servicios de salud.
- **Resultados:** en cuanto a los resultados, los indicadores captan el efecto de los procesos de atención sobre la salud y bienestar de los pacientes y las poblaciones mediante (*Clinical Reported Outcomes Measures – CROMs*) y la aportación de otras medidas relacionadas con la satisfacción del paciente como los PROMs y PREMs [41], [43].

Sin embargo, aunque los KPIs son utilizados para medir la calidad de la atención, el análisis que ofrecen es muy limitado. Esto se debe a que las preguntas son rígidas y con respuestas cerradas que únicamente son cuantitativas, de forma que no ofrecen una visión general del funcionamiento y la estrategia de la organización. Los KPIs tienen dos obstáculos principales. El primero es la escasez de tiempo y recursos para escoger los indicadores adecuados [44]. La segunda limitación es que se trata de un análisis de datos médicos, con mucha variabilidad y dificultad en su comprensión [45].

A modo de resumen, los indicadores clínicos miden hasta qué punto se alcanzan los objetivos definidos por las organizaciones de salud, de forma que se pueda implementar metodologías de mejora continua en los procesos de atención ofrecidos. Estas son un cúmulo de técnicas que se utilizan en función del problema identificado, y que fueron creadas para buscar el origen y la solución, a los problemas identificados por los KPIs. Aun así, estas metodologías no son suficientes, es necesario implementar soluciones digitales a partir de datos reales donde se tenga información acerca de cómo está funcionando el sistema de salud.

2.6. Transformación digital en salud

Los métodos de mejora de la calidad de la atención cuentan con numerosas evaluaciones subjetivas en lo que respecta a los resultados. En ese sentido, incorporar técnicas basadas en datos reales es una buena solución, ya que evita los acuerdos entre compañeros y se ciñe a la información que se muestra, proporcionando una visión más objetiva. Además, en los centros médicos se recoge y almacena muchísima información útil, creando bases de datos explotables al trabajar con técnicas de análisis de datos y de esta forma aumentar la calidad en la atención.

La madurez digital de una organización se refiere al progreso y la capacidad que tiene para implementar una transformación digital. Según un estudio realizado por Fenin [46], esta transformación en salud no debe analizarse en base a la implantación de aplicaciones y soluciones tecnológicas, sino en la disponibilidad de nuevos servicios sanitarios que sustituyan a los actuales, basados en una nueva experiencia de usuario más ágil, eficiente y orientada a resultados en salud. Por ello, en el estudio se decide definir e **Índice de Madurez Digital en Salud**, que proporcione información acerca de las herramientas, modelos y servicios digitales empleados por el sistema sanitario en España, así como el grado de adopción de la tecnología digital [46].

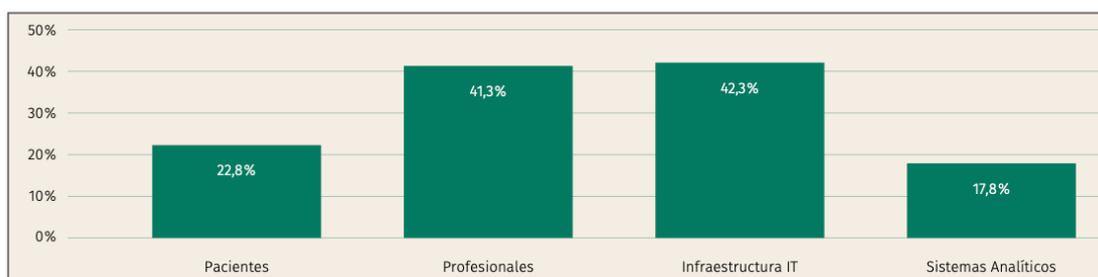


Figura 4. Madurez digital por perspectivas de análisis.

La variabilidad que se observa en la Figura 4 muestra evidencia de que no todas las áreas del Sistema de Salud tienen el mismo nivel de madurez y que es necesario incorporar un mayor número de servicios y procesos, que hagan posible la integración de nuevos modelos de asistencia sanitaria.

En cuanto a los profesionales, se percibe un desarrollo considerable en los principales servicios digitales, pero presenta ciertas carencias en tecnologías avanzadas o de uso más sofisticado, que provoca que el índice no supere el 50%, y que finalmente resulta en frustración para los profesionales ya que no obtienen el valor esperado en los resultados de salud digitales. En línea

con ello, se debería replantear el modelo de incorporación de las nuevas tecnologías a los procesos asistenciales, no gestionar las TIC como un fin, sino crear herramientas más accesibles que permitan a los profesionales dedicar más tiempo y de mayor calidad en la atención al paciente [46]. En este sentido, IPM involucra a los clínicos en el proceso de definición de los indicadores y comparte con ellos toda la información generada. Esta es la única forma de que los profesionales entiendan el proceso informático existente y confíen en los resultados obtenidos, lo cual les ayudará en las decisiones médicas.

Por otro lado, el índice de madurez digital de los sistemas analíticos es notablemente bajo, siendo una de las áreas del Sistema de Salud donde existe mayor margen de mejora. Los datos ocupan el centro de la transformación digital de las organizaciones de Salud y por ello sería recomendable tratar los datos obtenidos durante la atención sanitaria como un activo estratégico. Además, se pueden utilizar como base para la generación de conocimiento que permita una mejor toma de decisiones, mejorar los resultados de los servicios, mejor asignación de recursos, tomar mejores medidas preventivas y reducir costes. Asimismo, toda esta cantidad de información debería ponerse a disposición de los distintos actores del sector para mejorar la calidad y la eficiencia del propio sistema, la planificación sanitaria, la evaluación, la docencia, la innovación, el desarrollo y la investigación [46].

En este sentido, con el objetivo de transformar los datos en conocimiento, se deberían incorporar sistemas de ayuda a la decisión clínica que incluyan tecnologías de última generación para reducir la incertidumbre y la variabilidad clínica innecesaria [46]. Con la incorporación de técnicas de minería de procesos interactivas se podría sacar un alto grado de rendimiento a esos datos generados, con el objetivo de mejorar los procesos y eventos establecidos en el sistema y la búsqueda de aquellos puntos donde el sistema se colapsa, como por ejemplo, los cuellos de botella en el proceso de atención.

Por último, otro elemento muy relevante utilizado como indicador de madurez es la cantidad de información disponible, pero también su formato, su estructura y la flexibilidad del sistema para conseguir adaptar esta información a las condiciones y necesidades de cada paciente. Se comprende como mayor grado de madurez el acceso a la HCE completa, incluyendo los datos de diferentes fuentes y proveedores, con formatos estructurados y con opción a establecer modelos de interacción [46]. Estos modelos pueden aportar una visión precisa y clara desde diferentes niveles de detalle, de forma que se podría realizar tanto un análisis general de un grupo de personas con unas características determinadas como un seguimiento individualizado y personal para un único paciente.

2.6.1. Minería de procesos

A pesar de que los avances actuales en términos de tecnología y ciencia de datos están ofreciendo cada vez más la posibilidad de aprovechar estos datos generados y transformarlos en conocimiento, creando sistemas de Inteligencia Artificial (IA) o Big Data, muchas veces estas herramientas tienen un impedimento para su uso, como por ejemplo, falta de transparencia. Estas limitaciones se acentúan en el campo de la salud, porque es un ámbito que exige que los resultados conseguidos sean interpretados por los profesionales. Este problema conlleva reevaluar hipótesis o planteamientos iniciales y detectar errores, consagrándose como un gran reto debido a su complejidad [47].

No obstante, su potencial es enorme y la iniciativa VBHC puede y debe obtener un beneficio de ello. La atención basada en el valor requiere indiscutiblemente el apoyo de las nuevas tecnologías, ya que ayudan a los clínicos a brindar una mejor atención a sus pacientes. Además, involucrarlos en el diseño de los sistemas puede ayudarles a comprender su funcionamiento y a aumentar su confianza en los resultados obtenidos. Como solución a este gran problema en el análisis, se opta por un área de investigación de Big Data, conocido como Minería de Procesos [48], cuyo foco está centrado en el análisis de procesos a partir de conjuntos de datos de eventos clínicos.

Como se puede observar en la Figura 5, dentro de un proceso se definen múltiples actividades y cada una de ellas se corresponde con un evento asociado con este proceso. Con otras palabras, un evento hace referencia a una actividad en un instante temporal, por ejemplo, el momento en el que el paciente es triado. En la definición de cada evento, deben especificarse al menos las siguientes características: identificación (Id); una marca de tiempo, es decir, cuando ocurrió; y una etiqueta que indique la actividad. En minería de procesos una sucesión de eventos se denomina seguimiento o traza, y es el conjunto de seguimientos el que conforma un registro (Log) [7], [48].

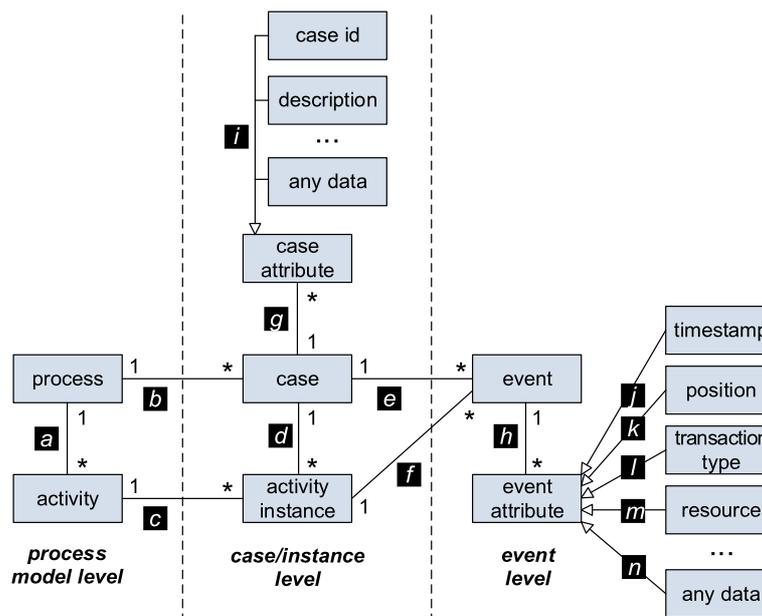


Figura 5. Conceptos básicos de registro en Process Mining con un diagrama de clases [48]

Estas técnicas de minería de procesos utilizadas en las organizaciones sanitarias permiten el análisis de los procesos de atención, con el objetivo de encontrar errores e implementar soluciones. De esta forma, se representan procesos reales con un alto grado de variabilidad, donde la idea es, desde una vista estándar inicial, extender el modelo incorporando la información obtenida de los procesos de forma que se va enriqueciendo cada vez más el modelo. Sin embargo, en un primer momento aparecen problemas que tienen que ver con la calidad de los datos analizados. Por ejemplo, en el Servicio de Urgencias, cuando se precisa una atención inmediata, se atiende al paciente y los clínicos dejan la introducción de datos administrativos para un segundo plano, resultando algunas veces en ausencia parcial o total de

información en la base de datos. El segundo impedimento del ámbito clínico es la gran variabilidad de los procesos, que deriva en un modelo algo caótico, sin obtener en gran parte de las ocasiones, el conocimiento esperado. El tercer problema es que también existen ciertos datos inusuales, que hay que tener en cuenta, y que muchas veces todavía aportan más incompreensión. En línea con todo esto, se llegó a la conclusión de que es necesario ofrecer un entorno informático basado en la minería de procesos con un gran nivel de detalle y cuyo uso sea sencillo e intuitivo, ya que está destinado a usuarios no expertos [49].

Ante esta situación, aparece un método novedoso y revolucionario, que se conoce como Minería de Procesos Interactiva (IPM, por sus siglas en inglés) [7], que afronta, en el ámbito sanitario, los desafíos planteados anteriormente. Con este método es posible tratar la variabilidad de los procesos y aquellos valores atípicos, debido a que implica a equipos multidisciplinares en la etapa de análisis, aporta información de contexto médico y permite implementar datos de diferente nivel de detalle, proporcionando información muy fácil de comprender y potencialmente analizable para los clínicos. De esta forma, los expertos pueden analizar procesos complejos y tediosos de forma íntegra, con carácter objetivo y con perspectiva exploratoria.

2.7. Minería de Procesos Interactiva (IPM)

La técnica IPM es el resultado de emplear métodos de reconocimiento de patrones interactivos a la minería de procesos. Es un modelo donde los profesionales de la salud son partícipes del análisis de forma que comprendan todo el proceso seguido hasta lograr definir un Indicador de Proceso Interactivo (IPI). Este es construido a partir de los datos disponibles en las bases de datos y mediante sesiones de data rodeos.

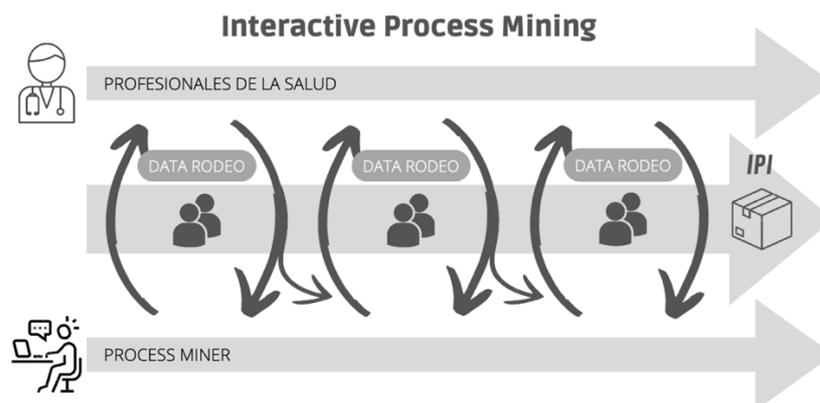


Figura 6. Interactive Process Mining

Durante estas sesiones, tanto los profesionales de la salud como los expertos en minería de procesos trabajarán de forma conjunta para alcanzar los siguientes objetivos:

- **Data Curation:** preparar los datos para incorporarlos al modelo
- **Definir** un IPI en correspondencia a las necesidades de la organización
- **Analizar** y **validar** este indicador
- Obtener **formación** en el ámbito de uso de este indicador de proceso



Figura 7. Proceso interactivo de la minería de procesos

La minería de procesos interactiva (IPM) comprende tres fases diferenciadas, observadas en la Figura 7, donde el inicio está en bases de datos clínicas y el final se corresponde con el análisis visual utilizando un software.

- **Fase de preparación.** Establece una primera toma de contacto con la organización de salud. Es la etapa donde se define la planificación a seguir y el objetivo final o impacto que se busca lograr con el proyecto. El Process Miner empieza a trabajar en el primer objetivo (*data curation*) partiendo desde los datos crudos.
- **Fase de investigación.** El experto en minería de procesos se apoya en las premisas establecidas por los clínicos durante las sesiones de data rodeos y utiliza técnicas de minería de procesos interactiva (IPMT, por sus siglas en inglés) para crear el archivo de configuración del experimento (archivo runner).
- **Fase de producción.** Utilización de la herramienta PMAApp (software basado en minería de procesos) para cargar el archivo generado en la fase previa y visualizar el proceso. Los clínicos emplean este software en la práctica diaria.

La fase de investigación busca adaptar PMAApp a través de la definición de un IPI durante las sesiones de rodeo de datos para apoyar a los profesionales de la salud. En esta etapa, el objetivo principal es utilizar las herramientas de minería de procesos disponibles para crear indicadores de proceso precisos que proporcionen formas adecuadas de medir y comprender los procesos y sus cambios.

Los objetivos de estas sesiones son definir y analizar el proceso, validar los valores obtenidos y su calidad y capacitar a los profesionales de la salud presentes para comprender el uso de la aplicación y analizar los datos por sí mismos; preparar los registros; y aplicar técnicas de descubrimiento, conformidad y mejora de la minería de procesos para lograr los mejores indicadores de proceso para el problema estudiado.

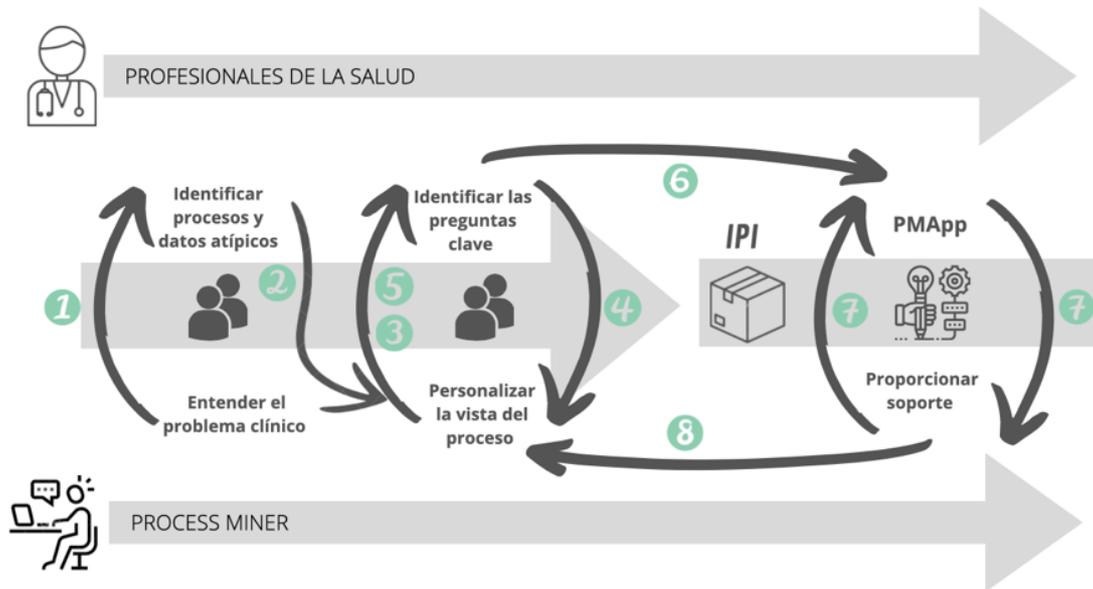


Figura 8. Proceso de definición de un IPI (data rodeos)

2.8. Indicadores de Proceso Interactivos (IPI)

Los Indicadores de Proceso Interactivos (IPIs) son el resultado de la interacción entre los profesionales de la salud y los expertos en minería de procesos. A diferencia de los KPIs, no solo brindan una forma de comprender, medir y optimizar el proceso, sino que también permiten al experto navegar detrás del modelo y descubrir las características y especificidades de éste. Esto quiere decir que son indicadores que adquieren aquellos beneficios que proporciona el marco interactivo para crear indicadores basados en procesos. El resultado son indicadores que se complementan con indicadores KPIs y llevan el análisis un paso más allá, manteniendo una visión de proceso general pero permitiendo alcanzar bajo un método deductivo aspectos personalizados de cada paciente.

Estos indicadores no proporcionan información cuantitativa, sino una visión avanzada en forma de procesos mejorados, optando por preguntas con una respuesta libre y utilizando técnicas de investigación entendibles e incorporando herramientas de detección visual como *color mapping*, parámetros estadísticos, etc. Para apoyar la evaluación de procesos de forma predictiva, contextual y personalizada, los IPI toman en cuenta el tiempo, es decir, manejan el proceso real. Esto significa que el modelo puede actualizarse con la integración de nueva información al instante, caracterizándolo como un proceso rápido y adaptable [7].

A continuación, se ofrece una tabla resumiendo aquellas características principales de los indicadores KPIs, y las innovaciones o modificaciones que aporta la definición de estos nuevos indicadores interactivos. Se comparan ambos indicadores proponiendo el segundo como una solución que mejora ciertos aspectos de los indicadores de rendimiento existentes.

KPI (Key Performance Indicator)	IPI (Interactive Process Indicator)
Suposiciones del proceso para calcular los indicadores	Descubren el proceso real
Diseñados únicamente por analistas de datos	Definidos conjuntamente por personal clínico y mineros de procesos en sesiones de rodeo de datos
Responden a preguntas predefinidas	Plantean preguntas abiertas y necesarias
Proporcionan únicamente respuestas cuantitativas	Proporcionan información cuantitativa y modelos visuales y navegables que permiten pasar de lo general a lo individual.

Tabla 1. Comparación entre los IPI y los KPI

2.9. Conclusiones

La medicina moderna comenzó con la iniciativa de buenas prácticas con la búsqueda de la mejora de los pacientes. Sobre estas bases se erigió en la década de 1980 la MBE, siendo el primer intento de estandarizar protocolos de atención médica, aunque esto solo conformaba una pequeña parte del puzzle. Posteriormente, la definición de Calidad de Atención por parte del IOM se convirtió en el primer paso del proceso para mejorar, pero hasta la puesta en escena de iniciativas como VBHC no se comenzó a medir la calidad en la atención. La idea va madurando a la vez que se van anexionando técnicas de mejora continua y las nuevas tecnologías como el Big Data y la IA, que colaboran en la transformación de datos en conocimiento. De esta forma, mediante técnicas como IPM y a través de la definición de IPIs, es posible detectar barreras y puntos clave en los procesos de atención e identificar los focos donde materializar estas mejoras para solucionar los problemas pertinentes.

Materiales

En el capítulo de materiales se exponen los datos utilizados en el análisis y se detallan las características del software que se ha utilizado como entorno de trabajo.

3.1. Datos

Los datos utilizados para la realización del trabajo pertenecen a la iniciativa que se desarrolla entre la UPV y el Hospital General Universitario de Valencia (HGUUV). Este centro hospitalario proporciona asistencia a una masa poblacional de más de 350.000 habitantes (SIP) y tiene un Servicio de Urgencias que cuenta con casi la totalidad de las especialidades médicas incluyendo guardias de presencia física excepto en algunas de ellas. A continuación, en la Figura 9, se presenta la información asistencial del Hospital durante cuatro años. Se han empleado datos de los años 2019, 2020 y 2021 para realizar el análisis de los procesos [50].

8.- Urgencias Hospitalarias

Actividad asistencial	2017	2018	2019	2020
Asistencias	138.149	144.525	142.190	111.607
Presión de urgencias	67'3%	67'09%	69,69%	69,40%
Altas voluntarias	634	606	635	489
Traslado otros centros	658	708	747	617
Exitus	80	94	77	95

Figura 9. Urgencias hospitalarias del CGHUV [50]

Estos datos siempre son recogidos y almacenados por el hospital en el interior de sus instalaciones y nunca son extraídos. Sin embargo, sí que es necesario establecer un acceso a ellos de forma remota para permitir la realización de sesiones de data rodeos vía online, por ejemplo, a través de una VPN (*Virtual Private Network*) y un acceso a un servidor independiente habilitado para tal fin. Los datos pueden ser estructurados en formato CSV (Comma Separated Values) o sino mediante una base de datos independiente del sistema de información del hospital (SIH), donde se depositarán de forma periódica aquellos datos identificados como necesarios para el análisis en una carpeta y a la que se podrá tener acceso con PMAApp. Como la información puede recibirse de diferentes bases de datos extraídas del hospital, la primera labor del Process Miner es volcar y unificar toda esta información disponible.

En cuanto al formato de los datos que se han utilizado en el proyecto, se ha optado por el formato CSV. Estos archivos de texto cuentan con un formato específico donde los campos están separados por punto y coma ";" y no se permiten retornos dentro de estos. La primera línea es el encabezado de los campos y cada línea dentro del archivo (o columna, depende de cómo esté

organizado) puede representar uno de los tres tipos de datos (evento, propiedad de evento, propiedad de seguimiento) y, dependiendo del tipo, los campos se rellenan de manera diferente.

Posteriormente, estos archivos se introducen en una hoja de cálculo que organiza los campos por columnas y en el cual se genera un archivo en el que cada fila es un paciente. El resultado es muy útil en las sesiones de data rodeos, ya que el clínico y el Process Miner mediante PMAApp pueden analizar aquellos datos que son erróneos o incluso detectar aquella información que está duplicada. Esto se consigue filtrando las columnas bajo ciertos criterios de búsqueda y así se obtiene la información relevante. Además, en la gran mayoría de las ocasiones, esta planificación ayuda a entender cómo se registran los datos en el Hospital, que eventos o datos son relevantes para el análisis, y también facilita la comprensión del proceso en el servicio de urgencias, ya que cada centro hospitalario es diferente y con ello, sus procesos también lo son.

3.2. Process Mining 4 Health (PM4H)

3.2.1. Introducción a la aplicación

PMAApp es un software basado en la Minería de Procesos Interactiva (IPM), cuyos algoritmos y núcleo han sido desarrollados por el investigador del grupo SABIEN Carlos Fernández-Llatas [7], que aporta una visión de 360 grados de los datos disponibles, generados en los hospitales, para una mejora continua del valor ofrecido a los pacientes. Se trata de un entorno que permite un análisis muy rico desde un enfoque diferente, los Indicadores de Proceso Interactivos (IPIs), permitiendo llegar desde un punto de vista general hasta el nivel individualizado por paciente. Este análisis aporta un doble beneficio: permite gestionar de forma individualizada cada hospital y además, es capaz de realizar comparativas entre ellos, posibilitando la transferencia de evidencia y lecciones aprendidas de una organización a otra. La herramienta ofrece una alta flexibilidad ya que permite añadir nuevos IPIs de manera prácticamente inmediata. No obstante, la riqueza de los IPIs dependerá en gran medida del número de datos disponible, de la calidad de estos y de la experiencia del profesional clínico que los utilice y analice.

Los Indicadores de Proceso Interactivos incorporan técnicas de representación de procesos, como mapas de calor por colores, visualmente muy intuitivas para los profesionales clínicos a la hora de realizar interpretaciones. Existen otras vistas complementarias, como calendarios, que ofrecen, por ejemplo, días de más o menos presión asistencial. Además, incluye análisis estadísticos para comprobar si hay diferencias significativas (p-value) entre diferentes procesos, así como gráficos tipo histograma, columna, etc. Todos estos indicadores pueden combinarse entre ellos tanto como se quiera, de forma que se estratifican grupos y se comparan procesos entre ellos, lo cual refleja una potencialidad enorme de análisis.

Estos IPIs se pueden entender como diferentes perspectivas del proceso y se pueden definir tantos como sean necesarios hasta obtener respuestas a las preguntas planteadas. Por ejemplo, en el caso del Servicio de Urgencias, el proceso puede representar un episodio de paciente en urgencias, el proceso seguido por el paciente en 72 horas, a 30 días o incluso durante todo un año. Cada una de estas "vistas" tendrá asociada diferentes indicadores. Ciertos resultados como la duración total de la asistencia, el número de urgencias, etc. son necesarios para un correcto

análisis del episodio del paciente en el sistema de urgencias. Si se quiere hacer un análisis más profundo de retornos y reingresos el proceso que se debe mostrar es el de 72h o 30 días.

Estas diferentes perspectivas, cuyo centro siempre es el paciente, aportan mucha información del proceso de atención en el tiempo desde diferentes puntos de vista. Si se centra el análisis en el episodio de un paciente, por ejemplo, se representan todas las veces que un paciente ha acudido a urgencias durante un año, siendo muy relevante para el análisis de aquellos que vuelven al departamento de forma recurrente (hiperfrecuentadores y superfrecuentadores) y de esta forma ser capaces de detectar posibles eventos adversos.

Por último, los IPIs, no representan únicamente procesos asistenciales, sino otras "vistas" en el tiempo, como por ejemplo la evolución del paciente basado en PREMS, PROMS, modelos de riesgo de enfermedades crónicas, etc. Estas perspectivas siempre son complementarias entre ellas y también con los indicadores.

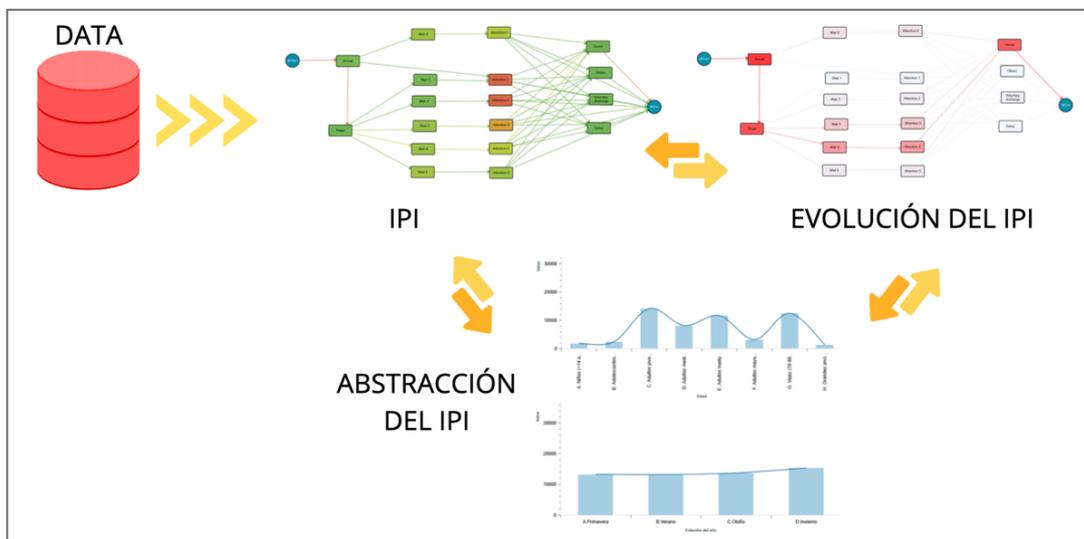


Figura 10. Flujo del IPI [7]

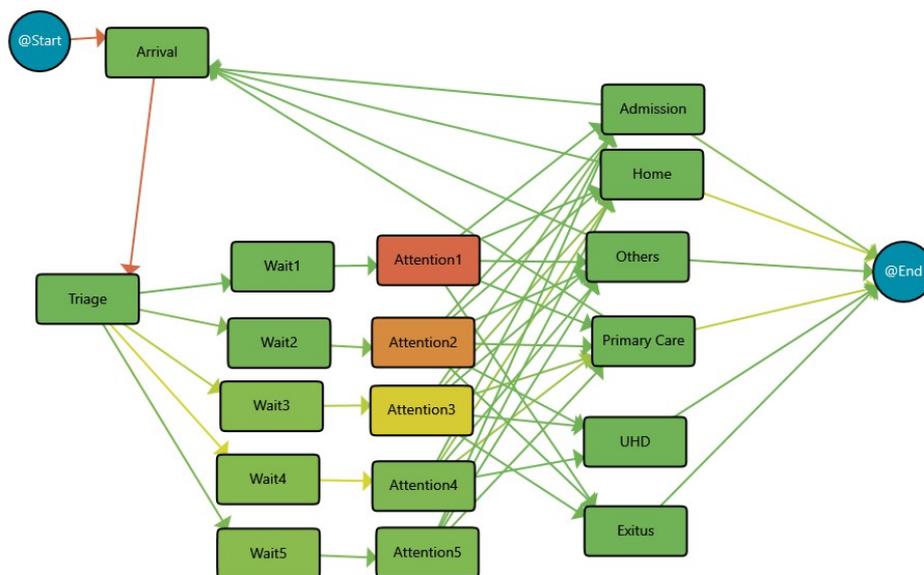


Figura 11. Ejemplo de un IPI en el Departamento de Urgencias mediante PMApp

3.2.2. Funcionamiento del kit de PM4H

Este kit está compuesto por varias herramientas de Minería de Procesos. El punto de partida al iniciar la aplicación (HOME) es el que se observa a continuación en la Figura 12:



Figura 12. Kit de herramientas interactivas de Minería de Procesos

- Diseñador de experimentos

El diseñador de experimentos es la herramienta empleada durante las sesiones de rodeo de datos para la configuración de un IPI, que resulta finalmente en un archivo *runner*. Desde el diseñador de experimentos se accede al *Ingestor*, que es donde en una primera fase se validan los datos y luego, volviendo al diseñador de experimentos se añaden nuevos bloques que pueden aplicar sobre las trazas, o sobre las variables de traza o de evento. En el diseñador de experimentos también se muestra el nombre del experimento, las diferentes categorías (fases) y los bloques. Las diferentes fases que se siguen en la ejecución del rodeo de datos son:

1. **Factories.** El Process Miner selecciona las fuentes de datos de donde se extraen los campos (bloques) disponibles (por ejemplo, encabezados de un archivo CSV) y a partir de los cuales se crea el registro de minería de procesos recopilando los eventos disponibles. Algunas fábricas necesitan Editor de Ingestor. El objetivo principal del ingestor es gestionar los datos para hacer frente a la calidad de los datos y definir los eventos y metadatos asociados al proceso. Recibe los datos de las fuentes de datos basadas en tablas y ejecuta el siguiente flujo (*Validator-Variables-Events-Trace Data-Filters*) para crear registros.
2. **Filtros.** Se filtran los datos sin procesar para seleccionar aquellos específicos que se van a extraer. Los filtros se utilizan para corregir, filtrar y agrupar los datos, de forma que se muestre más adecuadamente el proceso, en función de los requisitos de los profesionales de la salud.
3. **Process discoveries.** Esta fase se centra en la aplicación de los algoritmos de minería del proceso de descubrimiento para crear el modelo gráfico.

4. **Procesadores TPA.** Los datos de seguimiento se pueden utilizar para calcular estadísticas, eventos y trazar metadatos y/o abstracciones.
5. **Renderers.** Se presenta el proceso, con técnicas de conformidad y/o mejora para mostrar conocimientos específicos en la resolución gráfica y a resaltar las especificidades que los clínicos necesitan para entender, medir y comparar su proceso clínico.

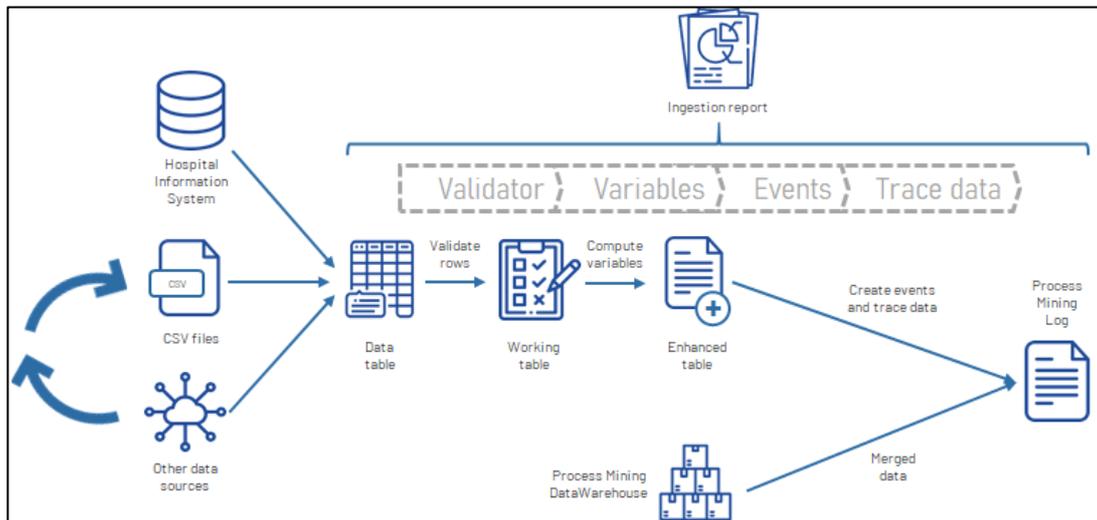


Figura 13. Proceso de ingestión [7]

Durante las etapas de gestión de datos, los profesionales de la salud identifican los eventos del proceso y, si es necesario, metadatos profesionales. El Process Miner implementa filtros en función de los criterios proporcionados por los profesionales. A continuación, en la Figura 14, se describen los pasos que han seguido los datos en cada fase del rodeo de datos y se enmarcan aquellas fases pertenecientes a la gestión de datos.

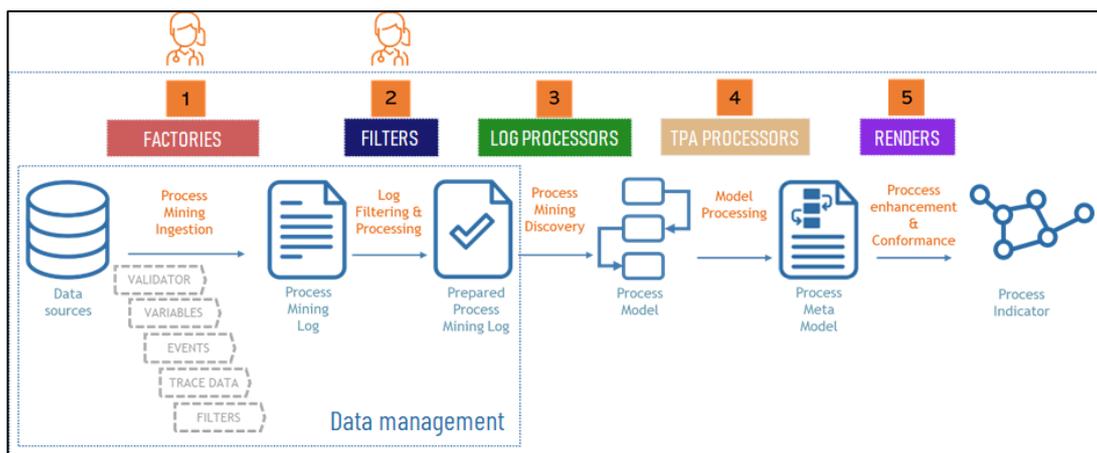


Figura 14. Proceso de rodeo de datos

- **Diseñador de procesos**

Permite editar o crear desde cero procesos (archivos TPA *.itpa,*.stpa) que más adelante se pueden utilizar en bloques de canal específicos.

- PMAApp

Es el elemento central, la herramienta donde se visualizan los IPI y se lleva a cabo el análisis por parte de los expertos de salud o los Process Miners. Se explica con más detalle a continuación.

3.2.3. PMAApp

La primera pantalla de PMAApp se muestra tras la ejecución de un experimento, y se divide en 3 secciones: la barra de herramientas superior, donde aparece el nombre del experimento y algunos botones de configuración; las diferentes perspectivas del proceso y el menú de la izquierda, propio de cada una de las perspectivas.

La perspectiva **PRINCIPAL** muestra las vistas del proceso y puede alojar una o muchas en diferentes pestañas en la parte superior de la pantalla. Al situar el cursor sobre uno de los nodos o transiciones, se muestra información estadística de las ocurrencias (por ejemplo, pacientes). Por otro lado, esta perspectiva permite tomar ciertas medidas sobre las vistas del proceso. Estos se encuentran en el menú de la izquierda:

1. **Grupos**: este menú permite iniciar un nuevo grupo extrayendo un subconjunto de datos del proceso general representado en función de una categoría definida. De esta forma, podríamos ejecutar el proceso en otra pestaña para aquellos pacientes que cumplan una condición (por ejemplo, sexo masculino o pacientes de edad adolescente).
2. **Mejoras**: este menú le permite aplicar diferentes capas a las vistas de proceso existentes, que resaltan información que puede ser interesante para su análisis.

La primera de estas mejoras es la creación de **mapas de calor** que toman como referencia un valor, por ejemplo el número de ejecuciones, se elige el valor máximo y mínimo de todas las ejecuciones por transición y se calcula la correspondencia con los colores, asignando el verde a los valores mínimos y el rojo a los valores máximos. Los colores se pueden utilizar para representar, por ejemplo, el tiempo que un paciente ha pasado en cada nodo o el número de pacientes que han hecho la transición. Esta mejora en el mapa facilita la comprensión de los casos que pueden ocurrir, como los cuellos de botella en el servicio de emergencia.

La segunda se corresponde con los **mapas de diferencias**, que toma un nodo como referencia y los mapas de diferencia se calculan tomando como referencia la vista de proceso: en la comparación el número de ejecuciones del nodo de llegada resta el número de ejecuciones de la vista de proceso de referencia. Cuantos menos números de ejecuciones haya de diferencia entre ambas vistas de proceso, más verde se muestra, por otro lado, más números de ejecuciones hay de diferencia, más rojo es su color. Por el contrario, si la diferencia es casi cero, el nodo se muestra más blanco.

La **significación estadística** compone la tercera mejora y se calcula a partir de la vista de proceso seleccionada en el menú desplegable Vista principal y el resto de las vistas de proceso, y se realiza una comparación nodo por nodo de la misma actividad, comparando la duración de todas las ejecuciones entre estos dos nodos. Por ejemplo, el proceso de emergencia se puede comparar entre hombres y mujeres. El resultado se mostrará tal y como aparece en la figura 15, destacando aquellos nodos en los que hay una diferencia significativa.

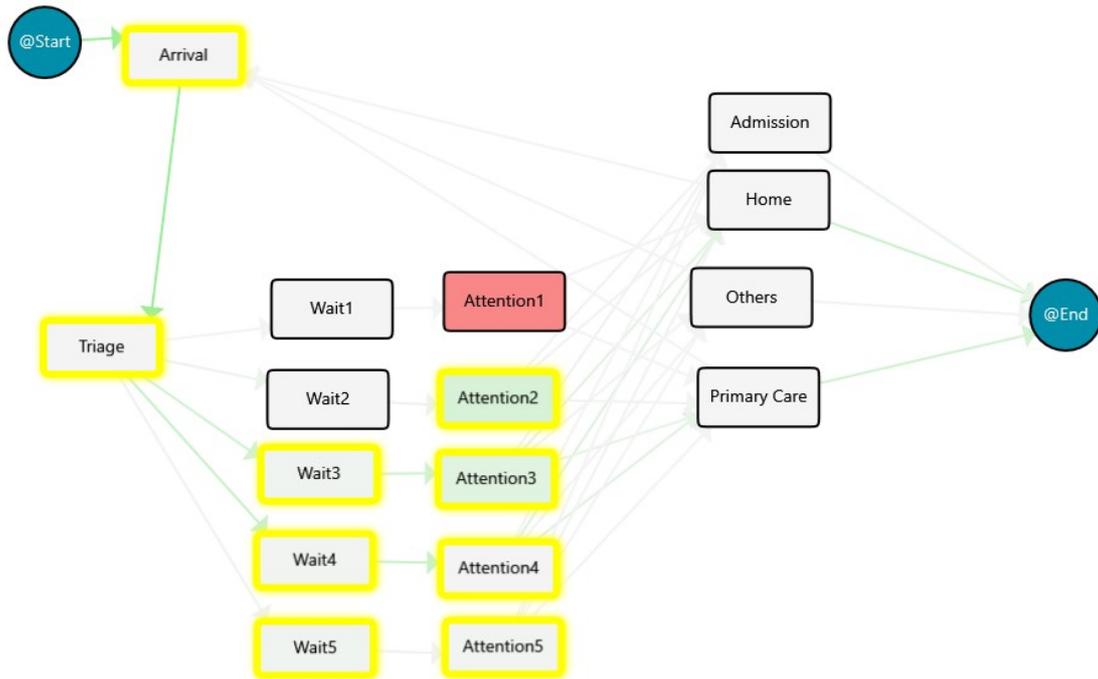


Figura 15. Vista del proceso con la mejora de significación estadística

Por último, existen las **abstracciones** que, como en el menú Grupos, permiten lanzar un nuevo experimento de un % de los datos totales en una nueva PMApp. Al seleccionar el % de los datos totales que se quiere mostrar, estos se resaltan en la vista de proceso automáticamente, dejando el resto de los datos que se descartan en un color más tenue, como se puede observar en la figura 16.

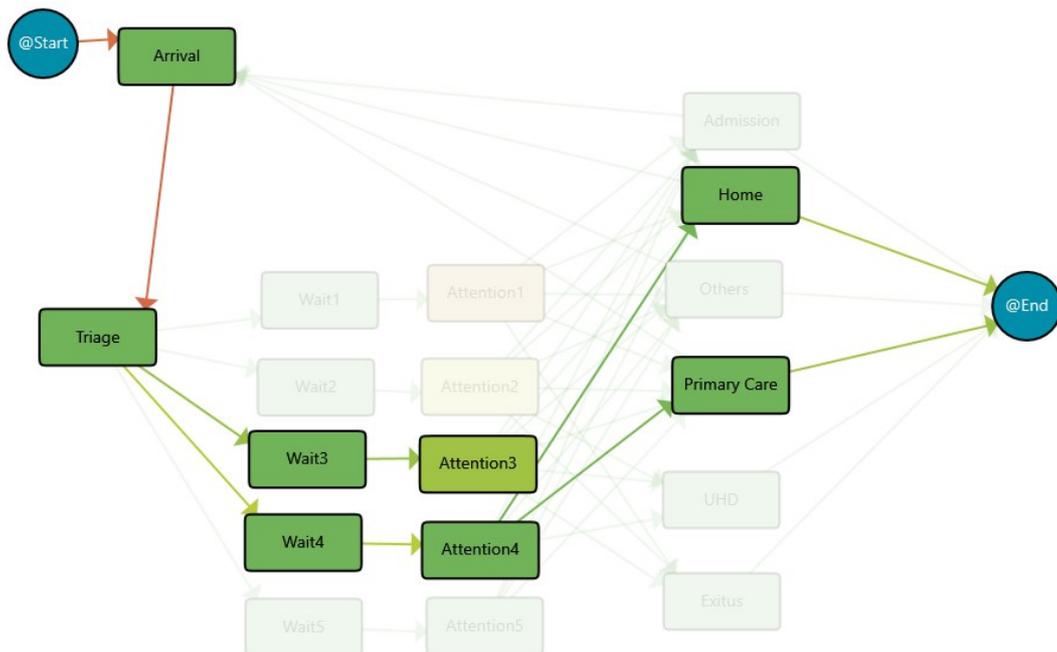


Figura 16. Vista del proceso con la mejora de abstracciones

3. **Estadísticas:** este menú permite mostrar información estadística, gráficos y tablas. El tipo de representación puede ser en forma de gráfico de columnas, circular, tabla o histograma. La información que se muestra puede estar en valores absolutos o en porcentaje local con respecto a la vista de proceso activa o teniendo en cuenta todas las pestañas presentes. También es posible la creación de plantillas que permitan en futuros experimentos mostrar los mismos gráficos que se han guardado como plantilla de una manera más ágil. Los gráficos representados en PMAApp permiten consultar un valor específico en el gráfico, desplazarlo horizontalmente, hacer zoom y se actualizarán para cada pestaña ejecutada del proceso.
4. **Otras vistas:** Clustering es una perspectiva que agrupa datos y genera diferentes vistas de proceso (o grupos) según los criterios elegidos y la configuración de parámetros. Los criterios disponibles son los llamados algoritmos de distancia (tipo de distancia), que pueden ser: Topológico, que solo explica la forma de la vista de proceso; Heurística, que explica el tiempo dedicado a cada evento, además de la forma de la vista de proceso; y la Levenshteína, que no generaliza, no tiene en cuenta los autociclos, sino el orden de ejecución de los eventos.
5. **Más opciones:** en este menú destaca el informe de ingestión que está disponible en la versión de PMAApp incluida en el kit de herramientas de minería interactiva de procesos. Para cada archivo CSV se proporciona información sobre la validación de datos de fila (líneas analizadas, validadas y rechazadas como resultado de comprobar los datos) y la extracción de trazas o rastros. Después de procesar todos los archivos CSV, se aplican filtros: filtros ubicados en el ingestor y filtros ubicados en el flujo de rodeo de datos.

La perspectiva de **INFORMACIÓN DEL NODO** muestra estadísticas sobre el nodo seleccionado (como las que se muestran en la información sobre herramientas), un histograma muestra el número de ejecuciones de seguimiento y el tiempo necesario para cada una y la vista del proceso donde se realizó la selección del nodo.

La perspectiva de **INFORMACIÓN DE TRANSICIÓN** muestra los pacientes que atraviesan dicha traza (iguales que las que se enseñan en la información sobre herramientas). Se muestra información de cada paciente seleccionado en la ventana central inferior, y en la superior la duración de cada una de las etapas de su proceso en urgencias. En la parte derecha se representa el flujo del paciente, de nodo en nodo y se resalta ligeramente en amarillo la traza analizada.

La perspectiva de **INFORMACIÓN DE TRAZA** muestra una lista de trazas que atraviesan una transición o un nodo. Este menú te permite seleccionar cualquier rastro para ver sus detalles. Una vez seleccionado un seguimiento, los nodos que atraviesa se mostrarán a la derecha, indicando las horas, metadatos de seguimiento, metadatos de eventos que se mostrarán para hacer clic en uno de los eventos del seguimiento y la vista de proceso, resaltando los eventos que atraviesa la traza.

Métodos

En este capítulo se explican los métodos de ejecución del proyecto, comenzando por las sesiones de data rodeos dónde se definió el IPI y terminando por presentar aquellos experimentos ejecutados para obtener los resultados y conseguir los objetivos propuestos.

4.1. Data Rodeos

Durante la realización del trabajo, se mantienen varios encuentros de data rodeos con el objetivo principal de definir el Indicador de Proceso Interactivo (IPI) del sistema de urgencias del hospital. En todas ellos se participa bajo la figura de Process Miner junto con la tutora del proyecto Gema Ibáñez y una enfermera del Hospital General de Valencia. Esta última representa la figura del profesional de la salud en el proceso.

Previamente a empezar las sesiones de rodeos, la enfermera realiza una revisión bibliográfica de información para entender cuáles son los indicadores que aportan información sobre la calidad del cuidado ofrecido. Por ese motivo, es consciente de aquello que quiere encontrar en la vista del proceso y aquello que quiere medir, de manera que se puedan implementar mejoras al respecto.

La dinámica de las reuniones suele ser similar. El primer paso siempre es entender los datos que han sido recogidos y proporcionados para el análisis, con el objetivo de comprobar que el proceso no ha sido mal documentado en el entorno clínico. La forma de comprender esta información es abrir los datos en una hoja de cálculo y detectar qué nos aporta cada una de las columnas. De esta forma, tras observar los datos, se genera una primera idea y se descubre el proceso de atención seguido en el SU.

El siguiente paso es limpiar el modelo para conseguir ver con mayor claridad el proceso estándar: se identifican aquellos valores presentes en el modelo que difieren del seguimiento estándar y son considerados outliers (casos atípicos o poco frecuentes que pueden aportar ruido). Estos datos eliminados, son revisados por la enfermera, bien para ratificar que eran datos erróneos o bien para detectar eventos menos frecuentes. Estos últimos pueden volver a añadirse al proceso si se consideraba que son oportunos en el análisis. De esta forma, se obtiene una vista del modelo que contiene únicamente aquellos datos que proporcionan valor al estudio realizado.

Visualizando con claridad el proceso, se pasa a añadir los indicadores, definiendo aquellas variables que ayudan a conocer y analizar procesos con amplia relevancia clínica. Una vez definidos los indicadores, por un lado, la enfermera esclarece su visión del modelo tras la limpieza de datos y absorbe toda la información que nuestra vista del proceso proporciona; mientras que por otro lado, plantea cuestiones y nuevas variables para medir. Esto deriva en la

reorganización de los bloques y la agregación y/o eliminación de algunas categorías para seleccionar los procesos que aportan valor a la hora de resolver estas nuevas preguntas formuladas por la enfermera. Asimismo, se procede a analizar la información, a identificar los problemas y aplicar soluciones que son medidas con la propia herramienta, ayudando a determinar la eficiencia de estas.

Cabe destacar la sinergia entre los Process Miner y la enfermera, ya que dependiendo de sus preguntas o inquietudes, la perspectiva de proceso que se le muestra es diferente. Hay ciertos resultados como la duración total de la asistencia, el número de pacientes urgencias, etc. que son estrictamente necesarios para un correcto análisis del episodio del paciente en el SU. Sin embargo, aunque el proceso siempre pivota sobre el tiempo, según el tipo de análisis que se pretenda realizar se valoran ciertos intervalos de tiempo. Por ejemplo, en un análisis profundizado en retornos y reingresos, el proceso a mostrar es el de las últimas 72 horas o los últimos 30 días. De esta forma, el análisis realizado está definido desde 4 perspectivas diferentes que ayudan a visualizar todos los procesos de una manera más específica (“episodio”, “72h”, “30d” y “paciente”). Esta última vista representa todas las veces que un paciente ha acudido a urgencias durante un año, siendo muy relevante para el análisis de pacientes que vuelven a urgencias repetidamente (hiperfrecuentadores y superfrecuentadores) y detectar posibles eventos adversos.

4.2. Análisis y experimentos realizados

Basado en un estudio retrospectivo, se utiliza IPM para descubrir y analizar los modelos de vías clínicas asociados a los circuitos asistenciales de urgencias, de una manera entendible y exploratoria por el experto clínico, resaltando las características esenciales del proceso.

A partir de los datos que nos han proporcionado desde el hospital, se ha generado un IPI, representado en el runner *hguv - 1 traza x episodio - ejemplo - inicial.rjson* y mostrado en la Figura 17. Reproduce tres circuitos de atención diferentes en el Servicio de Urgencias. En primer lugar, está representado el circuito considerado estándar, donde el hospital tiene implantado el Sistema estándar de Triage Mánchester (MTS), el cual se caracteriza por sus 5 niveles de urgencia y tiempos de respuesta:

- Nivel 1 (rojo). Urgencia inmediata. Tiempo de espera 0 minutos.
- Nivel 2 (naranja). Muy urgente. Tiempo de espera inferior a 10 minutos.
- Nivel 3 (amarillo). Urgente. Tiempo de espera inferior a 60 minutos.
- Nivel 4 (verde). Estándar. Tiempo de espera inferior a 120 minutos.
- Nivel 5 (azul). No urgente. Tiempo de espera inferior a 240 minutos.

El segundo circuito, es para aquellos pacientes de nivel 1, que llegan inconscientes al hospital en la mayoría de los casos y son atendidos inmediatamente. En estos casos, el personal sanitario se centra en atender al paciente y, una vez está estable, proceden a introducir los datos (episodio de urgencias) en el sistema. Esto genera anomalías en el procedimiento, por ejemplo, dado que el estado de salud del paciente es crítico, asumen directamente un nivel 1, y no existe como tal un “paso” de triaje.

Por último, están aquellos pacientes que no son triados, y no son urgentes (nivel 1), pero que igualmente son atendidos y quedan representados en este circuito (*Wait 0* y *Attention 0*). Algunos de los pacientes identificados en este proceso se corresponden con posibles contagios de COVID-19 y son derivados a este circuito especial.

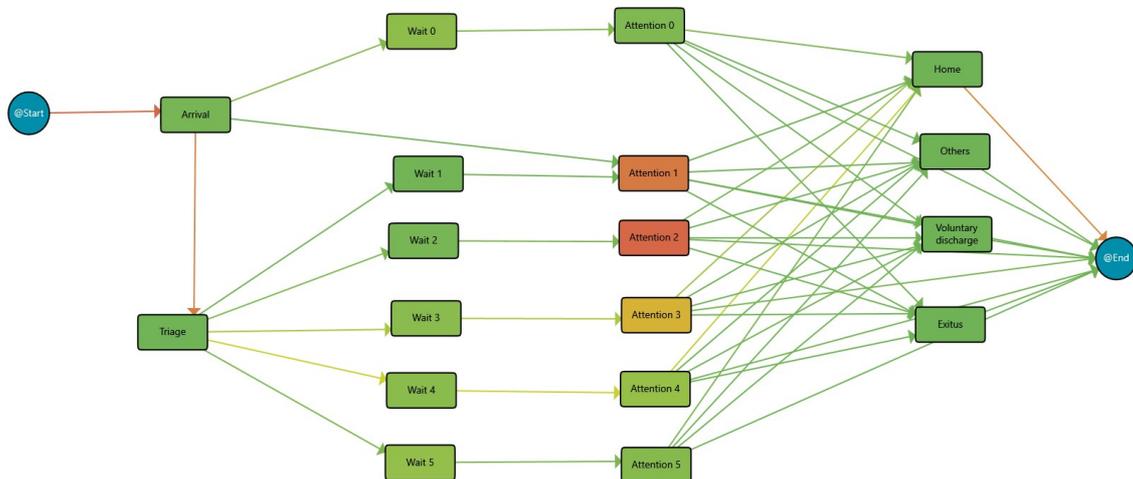


Figura 17. IPI del Servicio de Urgencias del HGUV

El primer paso del trabajo realizado fue implementar un bloque Filter en el cual se crea una variable de traza que indica el año en el que el paciente acudió a urgencias. Este filtro supone un primer contacto con Visual Studio y PMAApp, para entender el proceso y su funcionamiento. A pesar de ser más sencillo de desarrollar, también se utiliza en el estudio de la saturación del hospital. En el análisis solamente han sido utilizados datos de 2019, 2020 y 2021, por lo tanto, este filtro agrupará a los pacientes en los respectivos años en función de su primera visita al SU.

En segundo lugar, como el objetivo principal pasa por realizar un estudio en el tiempo que permita un análisis de la saturación del servicio de urgencias, se implementan otros dos bloques Filter para cada uno de los siguientes indicadores:

- Día de la semana
- Estación del año

De esta forma, los pacientes son distribuidos en grupos según el día de la semana (lunes a domingo) y la estación (primavera, verano, otoño e invierno) según el día de su primera visita a urgencias.

Según la literatura y bibliografía publicada, no existe ninguna fórmula que se haya definido como estándar a la hora de medir la saturación del departamento de urgencias. No obstante, aunque cada hospital implementa un sistema diferente, sí que hay indicadores más comúnmente utilizados en los estudios, entre los que se han seleccionado los siguientes:

- Tiempo hasta triaje > 10 minutos
- Tiempo de estancia > 4 h
- Tiempo hasta la primera visita
- Tiempo al alta

Como tercer paso se han implementado 3 bloques Filter para medir estos indicadores, construyendo diferentes intervalos de tiempo en función de la espera de cada paciente. Por un lado, el tiempo hasta el triaje y el tiempo hasta la primera atención han sido discretizado en grupos desde duración inferior a 5 minutos hasta duración mayor de 3 horas. Por otro lado, para evaluar los tiempos de estancia, se han discretizado los pacientes en más grupos, desde duración inferior a 5 minutos hasta duración superior a 10 horas, ya que se trata de un proceso más largo.

4.2.1. Implementación de los filtros en Visual Studio

Para crear el proyecto, se comienza iniciando una aplicación WPF para Windows en Visual Studio, y tras esto, se agrega el repositorio de Nuggets de PM4H. Una vez hecho esto, es necesario instalar aquellos paquetes que se van a utilizar: pm4h.PaqueteNugetPMAApp.core y pm4h.PMAApp.core.PMAAppControl.

El segundo paso, es crear los seis bloques Filter, uno para cada una de las discretizaciones que se pretende realizar. Primero, las clases se definen con un *RunnerElement* mediante pm4h.runner.RunnerElementAttribute. De esta forma se le proporciona un nombre y una descripción al filtro, los cuáles se mostrarán al abrir la herramienta PMAApp.

Un filtro es un objeto que se encarga de modificar y seleccionar aquellas trazas del registro bajo una condición y prepararlas para el siguiente paso: la etapa de procesador de registros del proceso de rodeo de datos. Cada uno de los filtros creados es construido heredando de la interfaz pm4h.filter.PMLogParallelFilter.

El objetivo del trabajo es analizar los procesos de los pacientes a través del Servicio de Urgencias. Existen tres métodos que actúan sobre los datos: el ProcessLog, actúa sobre el registro general; el ProcessTrace, sobre cada uno de los seguimientos en urgencias; y el ProcessEvent, sobre cada una de las actividades de ese proceso. En este caso, es necesario utilizar el método ProcessTrace, porque se quiere analizar cada una de las trazas del registro. El ProcessTrace incluye todas las modificaciones de seguimiento. Recibe como parámetros de entrada el rastro que va a procesar y un objeto que le permite intercambiar información entre trazas y eventos. De esta forma, dependiendo del filtro en el que se defina, modifica y selecciona aquella información correspondiente, y devuelve un valor de traza. Se muestra un ejemplo del código .NET desarrollado para uno de los filtros en la Parte III: Anexos.

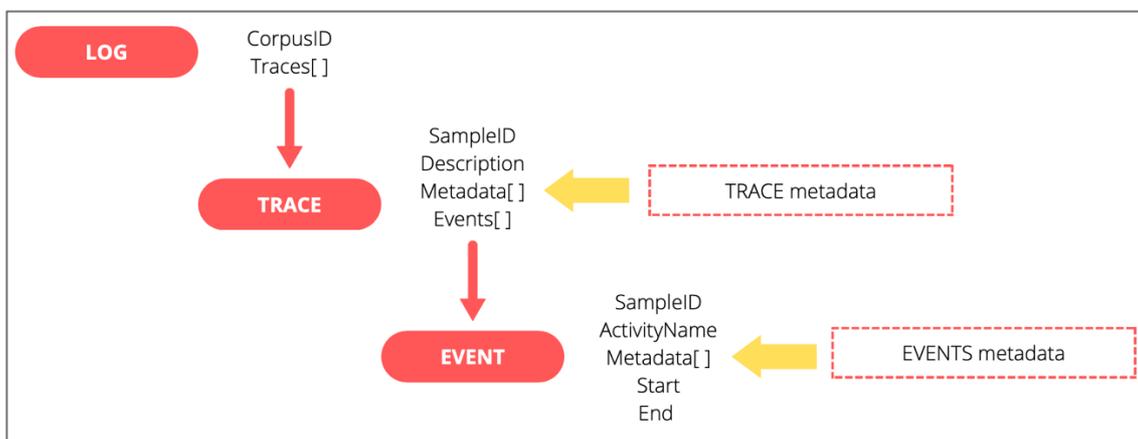


Figura 18. Principales propiedades del Log, las trazas y los eventos.

Resultados

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos durante la realización del proyecto. Se compone de los análisis de los diferentes indicadores de calidad, tanto de estructura como de proceso, con sus respectivas vistas del modelo.

El primer paso para realizar el análisis es cargar el runner en PMAApp y añadirle los filtros que se han creado como indicadores. Se realiza la minería de procesos y se obtiene el IPI del Servicio de Urgencias:

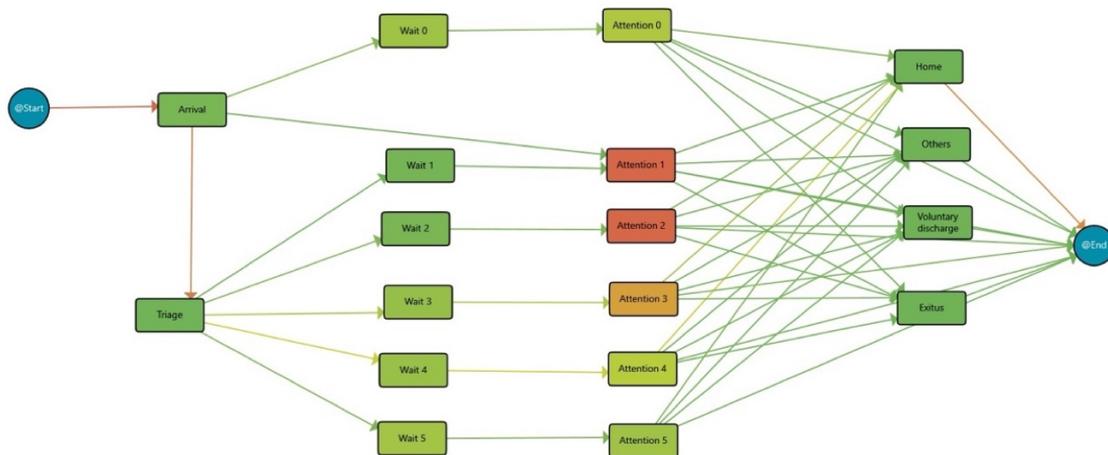


Figura 19. IPI de proceso del SU basado en Tiempo medio de Ejecución

Este primer IPI muestra un mapa de calor basado en la duración media, es decir, aquellos nodos o trazas cuyos tiempos de ejecución medios sean altos se mostrarán más cálidos mientras que los más rápidos se mostrarán de un color más verdoso. En el proceso se pueden analizar dos aspectos claros. El primer tiene que ver con los nodos Wait tras triaje: los niveles de menor urgencia de atención tienen colores de un verde más claro, lo que indica que el tiempo de espera medio es mayor, lo cual es lógico y esperado. El segundo tiene que ver con los nodos de atención, en los que ocurre justamente lo contrario: los niveles de atención 1 y 2, más urgentes y con pacientes más críticos, se muestran rojizos, ya que el tiempo que se tarda en proporcionar tratamiento es mucho mayor que para pacientes con problemas médicos menos graves, de niveles inferiores, donde el tiempo de atención va disminuyendo.

Siguiendo el modelo de Donabedian mencionado en capítulos anteriores, existen diferentes tipos de indicadores de calidad de atención dependiendo del análisis que se quiera llevar a cabo y del nivel de detalle que se desea buscar. Se clasifican en:

- **Indicadores determinantes.** Estos son los que definen el contexto y perfil de los pacientes. Sexo, edad, estación del año y fines de semana.
- **Indicadores de estructura.** Destino de triaje, nos permite conocer la ubicación de los pacientes desde triaje a las distintas ubicaciones disponibles y su porcentaje en cada una de ellas, por ejemplo, consulta básica, traumatología, vitales, consultas externas, etc. También el volumen de pacientes que maneja el hospital.
- **Indicadores de proceso.** Tiempo de llegada-triaje, de triaje, de espera, hasta primera atención, total de estancia, servicio de entrada y salida, diagrama y discriminador, retornos y reingresos a 72 h, retornos y reingresos a 30 días, frecuentadores.
- **Indicadores de resultado.** Destino al alta (domicilio, ingreso, traslado, fuga, consultas externas, exitus). Fugados, alta voluntaria, Exitus.

5.1. Identificación de puntos de saturación

Con el objetivo de identificar aquellos procesos de urgencias con un mayor número de pacientes y analizar posibles saturaciones o cuellos de botella en el sistema, se muestra el IPI como mapa de calor, pero en este caso, basado en el número de pacientes por nodo y por traza. De esta forma, aquellos nodos con más pacientes se muestran en un color más cálido, mientras que los que menos pacientes tengan se muestran en un color más verdoso.

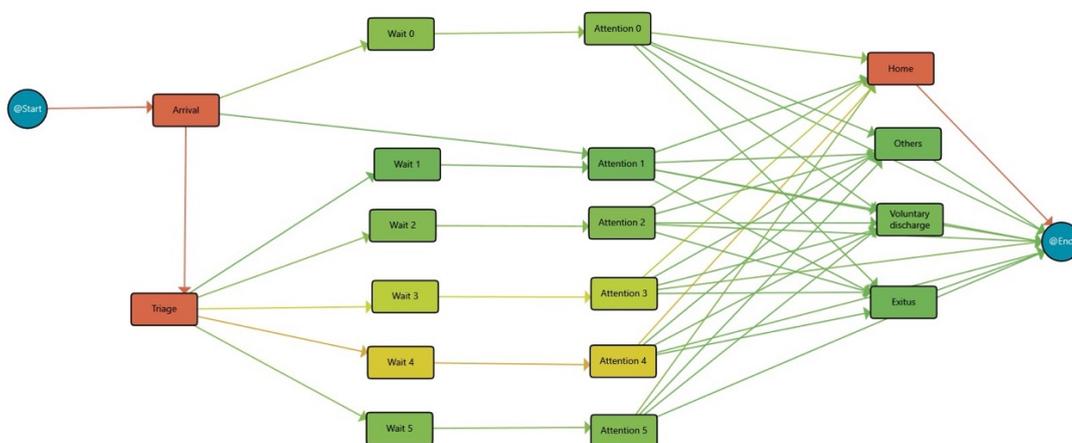


Figura 20. IPI de proceso del SU basado en el número de pacientes

Tras analizar la figura, se puede determinar que la mayor parte de los pacientes pasan por triaje, y una vez triados, los niveles de atención que más pacientes reciben son el 3 y el 4 (se muestran de un color más amarillento). Además, el destino tras el tratamiento en la gran mayoría de las trazas es el alta y volver a casa. En este punto, se decide junto con la enfermera, investigar en el nivel 4 de atención, ya que es el que más pacientes recibe, profundizando un poco en la información de este seguimiento. Para ello, es necesario diseñar un nuevo bloque Filter (se incorpora el código en el Anexo), que divide a los pacientes en grupos del 0-5 en función de su nivel de Triaje. Una vez creado e implementado en PMApp, se ejecuta el proceso correspondiente al nivel 4 de triaje y atención, obteniendo la siguiente vista:

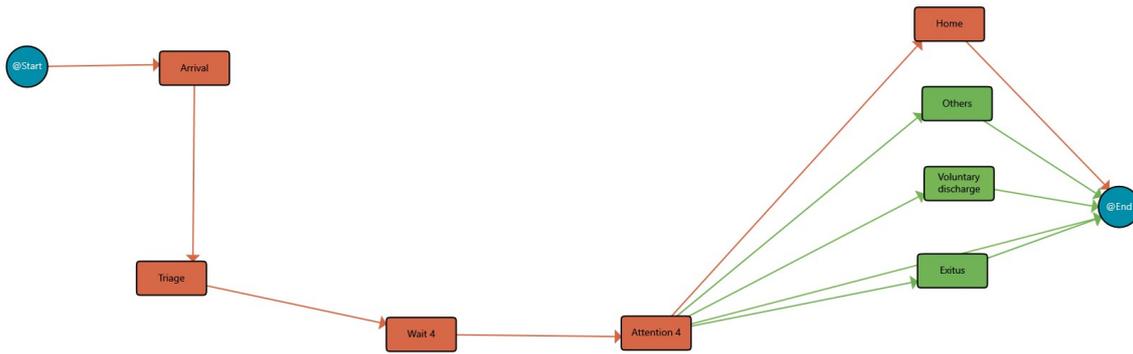


Figura 21. Vista del proceso del Nivel 4 de Triage

Se detecta que casi el total de los pacientes tras ser tratados, acaban en el nodo Home. Esto simplemente sirve de indicativo para ratificar que es un nivel de atención no crítico que como norma general termina con el paciente en casa y recuperado rápidamente. Son casos que se podrían derivar a centros de atención primaria.

La siguiente decisión es buscar si existen diferencias en el número de pacientes de este Nivel 4 según su rango de edad:

[4 (Nivel de triaje)] Edad__30_08_22__16_45_18-1			
Valores	Total	View %	Global %
A. Niños (<14 años)	3415	3,31	100,00
B. Adolescentes (14-19 años)	4697	4,55	100,00
C. Adultos jóvenes (20-39 años)	26099	25,27	100,00
D. Adultos medios (40-49 años)	15411	14,92	100,00
E. Adultos maduros (50-64 años)	21838	21,15	100,00
F. Adultos mayores (65-69 años)	5889	5,70	100,00
G. Vejez (70-89 años)	23250	22,52	100,00
H. Grandes ancianos (>=90 años)	2665	2,58	100,00

Tabla 2. Número de pacientes de Nivel 4 según la edad

Además del gran número de pacientes mayores de 90 años, la información obtenida nos destaca que existen 3 grupos de edad con un alto volumen de pacientes presentes en este Nivel 4: Adultos jóvenes, Adultos maduros y Vejez. Para profundizar en el análisis, se busca si dentro de cada uno de estos grupos, existen diferencias según el sexo del paciente.

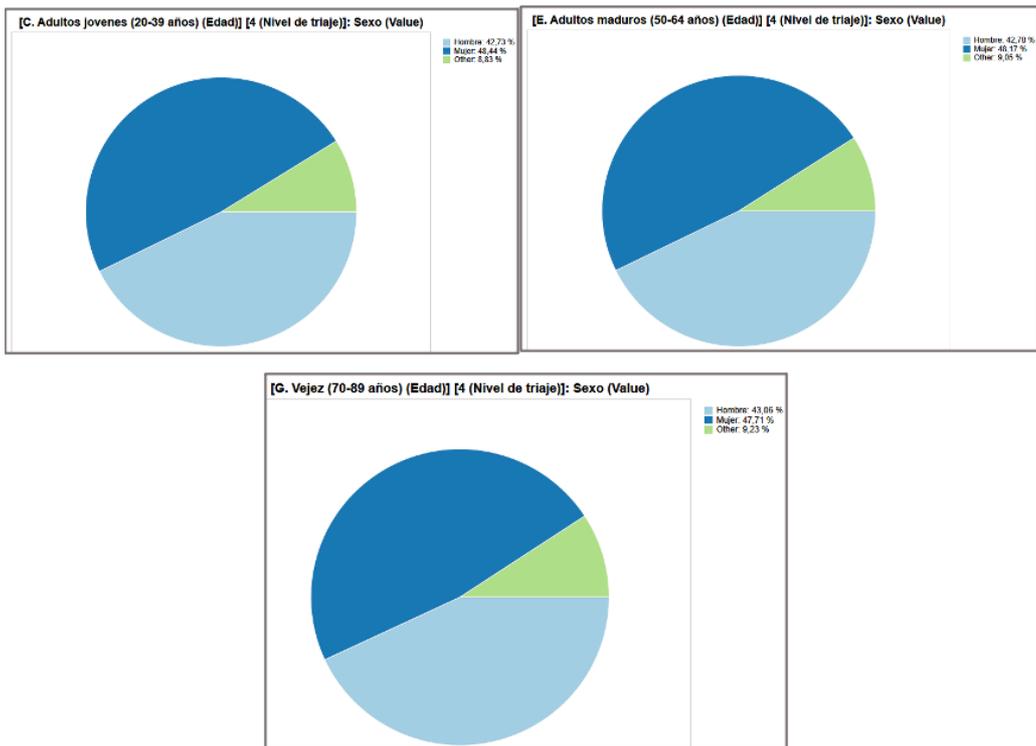


Figura 22. Diferencias de sexo en pacientes de Nivel 4 de Triage

Se aprecia en los 3 gráficos que existe una pequeña diferencia entre el porcentaje de hombres y mujeres, siendo superior el femenino. No son valores tan distantes como para pensar que se debe a algo significativo.

5.2. Análisis del indicador: Tiempo hasta el triaje

Existen tres circuitos presentes en el proceso, donde dos de ellos no pasan por triaje y el otro sí. En las siguientes tablas se muestra el volumen de trazas de cada uno de los caminos:

Transition Information		Transition Information		Transition Information	
Arrival => Triage		Arrival => Attention 1		Arrival => Wait 0	
Executions Number	205792	Executions Number	758	Executions Number	23092
Traces Number	205792	Traces Number	758	Traces Number	23092
Duration Average	0:11:52	Duration Average	0:11:29	Duration Average	0:12:1
Duration Median	0:8:26	Duration Median	0:7:53	Duration Median	0:8:28
Duration by Trace	0:11:52	Duration by Trace	0:11:29	Duration by Trace	0:12:1
Duration Max	1:23:25	Duration Max	0:56:29	Duration Max	1:9:29
Duration Min	0:0:0	Duration Min	0:0:2	Duration Min	0:0:0
Duration Variance	1:58:19	Duration Variance	1:58:59	Duration Variance	2:0:15
Duration Standard Deviation	0:10:52	Duration Standard Deviation	0:10:54	Duration Standard Deviation	0:10:57
Transition Duration Average	0:0:0	Transition Duration Average	0:0:0	Transition Duration Average	0:0:0
Transition Duration Median	0:0:0	Transition Duration Median	0:0:0	Transition Duration Median	0:0:0
Transition Duration Standard Deviation	0:0:0	Transition Duration Standard Deviation	0:0:0	Transition Duration Standard Deviation	0:0:0
Full Transition Duration Average	0:11:52	Full Transition Duration Average	0:11:29	Full Transition Duration Average	0:12:1
Full Transition Duration Median	0:8:26	Full Transition Duration Median	0:7:54	Full Transition Duration Median	0:8:28
Full Transition Duration Standard Deviation	0:10:52	Full Transition Duration Standard Deviation	0:10:54	Full Transition Duration Standard Deviation	0:10:57
Duration Sumatory	1696 Days 5:24:11	Duration Sumatory	6 Days 1:7:6	Duration Sumatory	192 Days 18:39:26
TransitionProbability	0,90	TransitionProbability	0,00	TransitionProbability	0,10

Figura 23. Número de ejecuciones según el proceso de atención

Se observa que un elevado porcentaje de las asistencias son triadas, alrededor del 90%, y posteriormente clasificadas según el nivel de urgencia. Aproximadamente el 10% de los pacientes se corresponden con el grupo de no triados y no urgentes. Por último, poco más de 750 visitas se corresponden con el proceso de atención inmediata y posterior gestión administrativa. Esto último también puede contribuir a que se introduzcan parcial o directamente no se introduzcan los datos clínicos y con ello que el volumen de información sea menor.

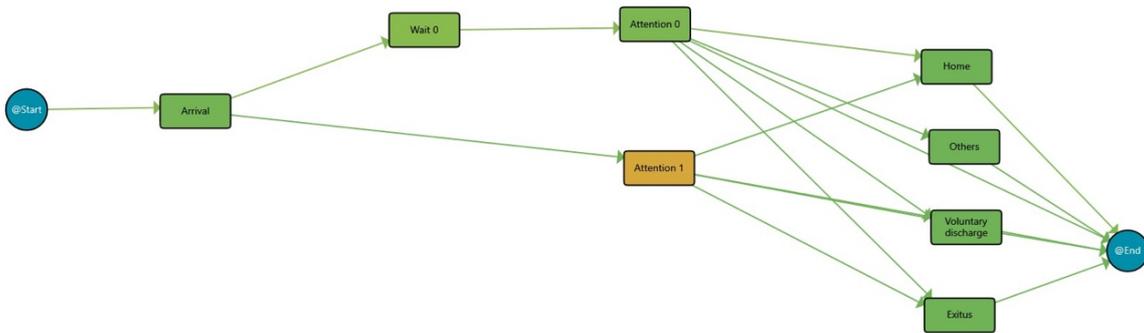


Figura 24. Vista de los procesos con ausencia de Triage

En cuanto a aquellos pacientes que son triados, el indicador define saturación del sistema cuando el **tiempo hasta el triaje es superior a 10 minutos**. Para observarlo, se ha ejecutado el proceso de aquellas trazas que superen este tiempo y se ha obtenido lo siguiente:

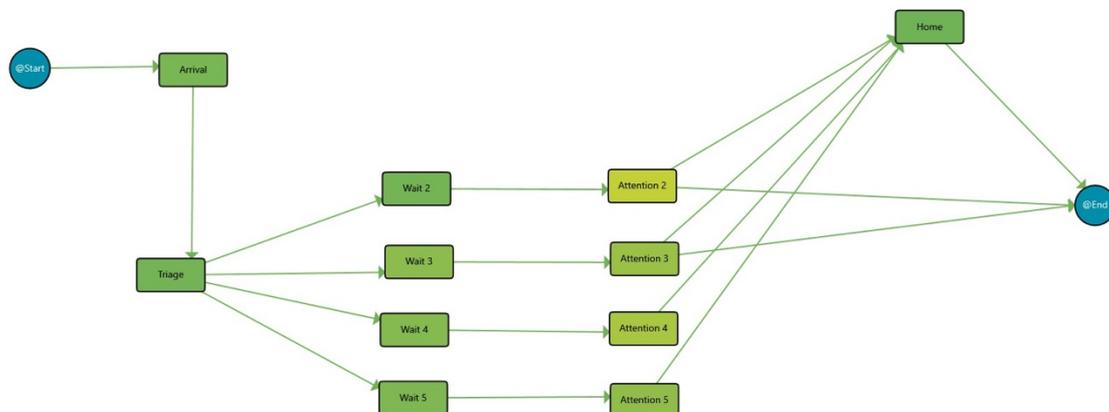


Figura 25. Vista del proceso con Triage superior a 10 minutos

En la Figura 25 se destaca que el proceso de atención conocido Nivel 1 considerado como urgente no se muestra. Esto es buen indicativo ya que todos los pacientes cuya asistencia debe ser inmediata son triados antes de los 10 minutos, con una duración media de dos minutos y medio y una duración máxima de 7 minutos. Por otro lado, el Nivel 2, definido también como muy urgente, no debería estar presente en esta vista, ya que el tiempo de espera hasta la atención debe ser menor a 10 minutos y, por lo tanto, no puede tardar tanto en la etapa de Triage. Esto puede ser indicativo de que algo ocurre en el SU. El resto de los Niveles (3, 4 y 5) tienen menor urgencia de atención y por ello es normal que en algún caso se retrase unos minutos.

Node Information	
Triage	
Executions Number	22
Traces Number	22
Duration Average	0:10:20
Duration Median	0:10:8
Duration by Trace	0:10:20
Duration Max	0:12:11
Duration Min	0:10:0
Duration Variance	0:0:16
Duration Standard Deviation	0:0:31
Duration Sumatory	3:47:37

Figura 26. Número de trazas que superan los 10 minutos de triaje

A pesar de ello, el número de pacientes cuyo tiempo hasta el triaje es superior a 10 minutos es muy reducido, solamente 22 pacientes experimentan esta demora. Tratándose de un volumen de datos de 230.000 pacientes, los casos en los que se supera el tiempo marcado por el indicador constituyen una parte pequeña. Sin embargo, en algunas ocasiones, un pequeño reducto de datos aporta mucha información de cómo funciona el servicio. Por tanto, sería interesante profundizar el análisis para identificar qué está ocurriendo con estos pacientes, qué perfil tienen y detectar posibles procesos de mejora.

5.3. Análisis del indicador: Tiempo hasta la primera atención

El indicador del tiempo de atención viene determinado por el MTS, y en función del nivel de gravedad de la asistencia se le dotará al paciente de un grado de urgencia y un tiempo máximo de atención. Los tiempos se han discretizado en intervalos de media hora, para realizar un estudio continuo de aquellos procesos que se demoran más en el tiempo y detectar si se corresponde con una ineficiencia del sistema. La primera vista que se selecciona para el análisis es la de la segunda media hora tras la llegada del paciente al SU.

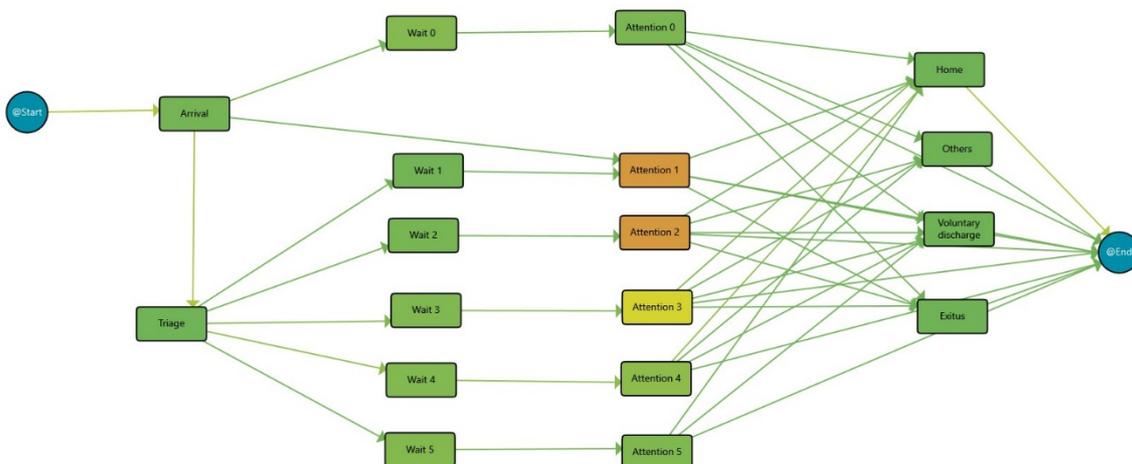


Figura 27. Tiempo hasta la primera atención comprendido entre 30-60 minutos

En la Figura 27 llama la atención que todavía estén presentes todos los circuitos de atención, puesto que el proceso de asistencia inmediata correspondiente a *Arrival-Attention1* ya no debería mostrarse en esta vista del proceso. Se trata de seguimientos en los cuales los pacientes acuden inconscientes y no es un buen indicativo que superen la media hora de espera hasta ser atendidos.

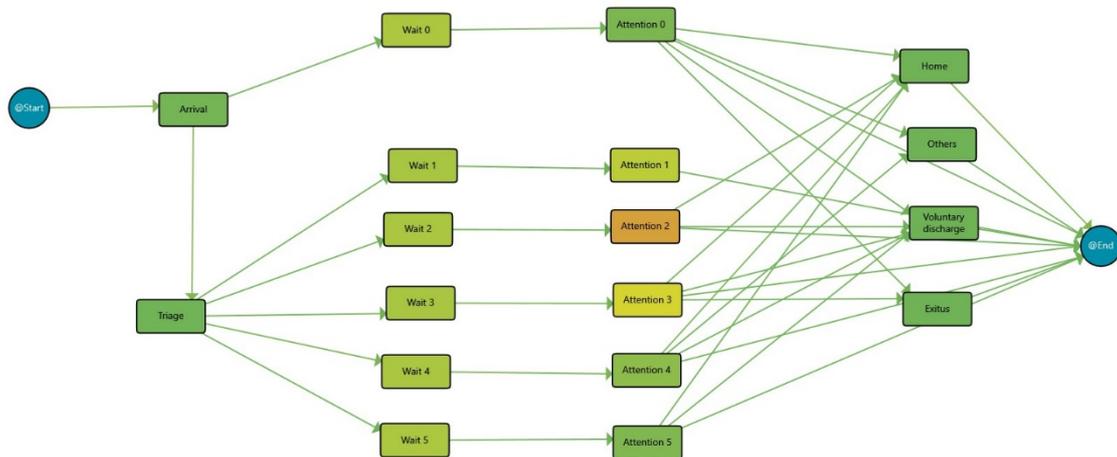


Figura 28. Tiempo hasta la primera atención comprendido entre 1h30 y 2h

El problema con el retraso en la atención no termina aquí, ya que el segundo circuito más urgente, el Nivel 1 tras triaje, está presente durante las dos primeras horas, habiendo pacientes que son atendidos pasada hora y media de su entrada en el hospital. Aunque anteriormente, en el análisis del sistema de triaje de este circuito, parecía que funcionaba correctamente, esto no es así ya que los pacientes urgentes esperan mucho hasta ser atendidos. Esto demuestra un claro punto de saturación del sistema, donde es necesario profundizar para detectar las causas de los problemas que se están produciendo para poder subsanarlo.

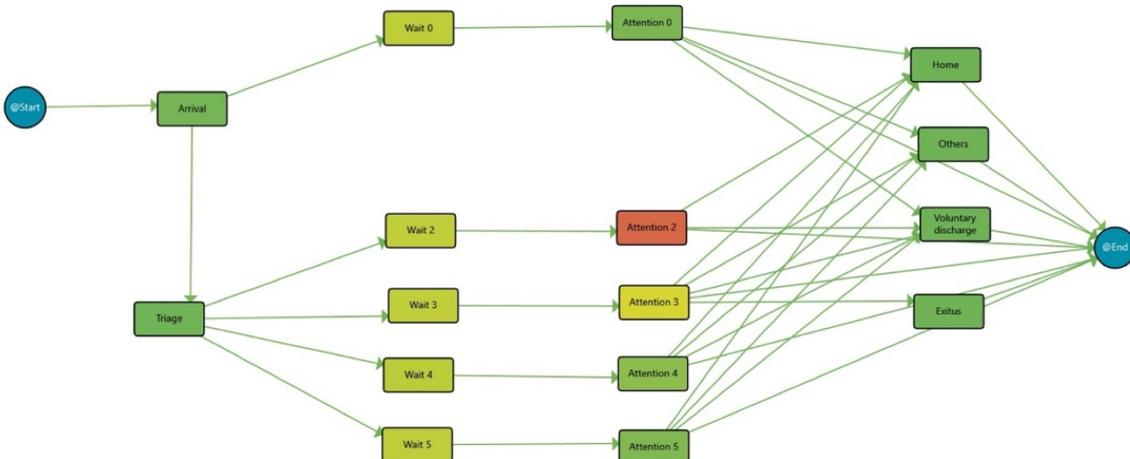


Figura 29. Tiempo hasta la primera atención comprendido entre 2h y 2h30

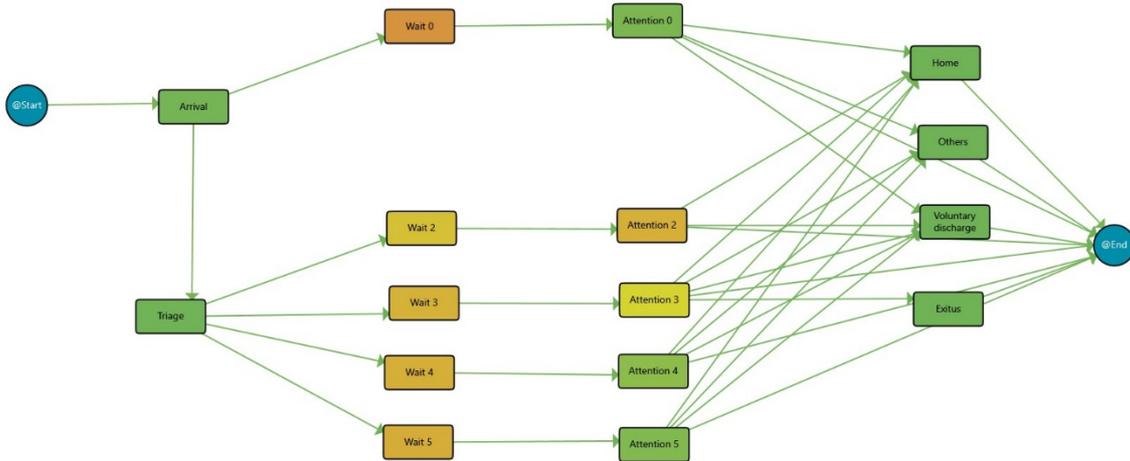


Figura 30. Tiempo hasta la primera atención mayor a 3h

Tal y como se muestra en las Figuras 29 y 30, las mayores demoras en la atención se producen en los niveles de menor urgencia donde la atención rápida no es primordial. Los niveles de atención 2,3 y 4 deben proporcionar asistencia antes de 10 minutos, 60 minutos y 120 minutos respectivamente. Los nodos de espera se observan de un color más anaranjado, lo cual es un indicativo de que el tiempo que esperan los pacientes en ellos son más elevados que otros en los que el color se muestra verde.

No debería ser habitual que existan pacientes en estos circuitos cuya demora hasta ser atendidos sobrepase las 3h. Se decide junto con la enfermera, realizar un análisis más profundo de aquellos pacientes cuya primera atención tras la llegada a urgencias tiene una espera superior a las 3 h. Se evalúan diferentes características de los pacientes:

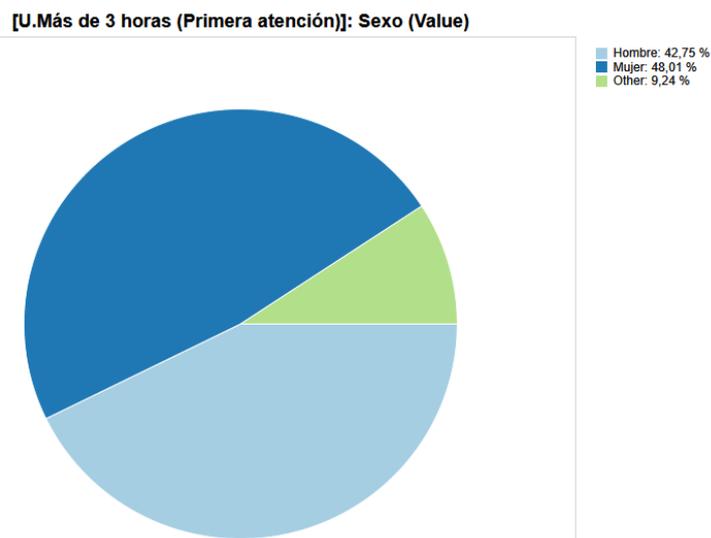


Figura 31. Diferencias por sexo de los pacientes con Tiempo hasta primera atención > 3h

En primer lugar, en la Figura 31, se observa una ligera diferencia entre el porcentaje de hombres y mujeres, siendo superior el femenino. Al igual que en casos anteriores, no hay grandes diferencias, pero en un análisis más profundo de los perfiles y casos de los pacientes puede ser interesante tener en cuenta esta clasificación.

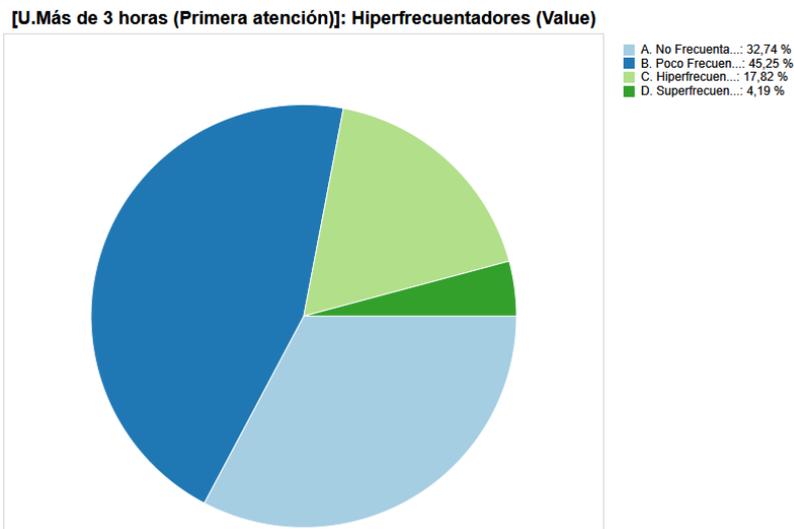


Figura 32. Diferencias por hiperfrecuentadores de pacientes con Tiempo hasta primera atención > 3h

En este segundo gráfico, es claramente observable que aproximadamente el 78% de los pacientes son visitas puntuales, no son reincidentes en urgencias. Es un volumen grande de asistencias de las que se intuye que son casos menos graves, por la espera hasta la atención y cuyo tratamiento consigue evitar su retorno al SU. El 22% restante se corresponde con pacientes que acaban regresando. Es un alto porcentaje, 1 de cada 5 pacientes, y constituye un indicativo de que la atención proporcionada no consigue resolver su problema médico.

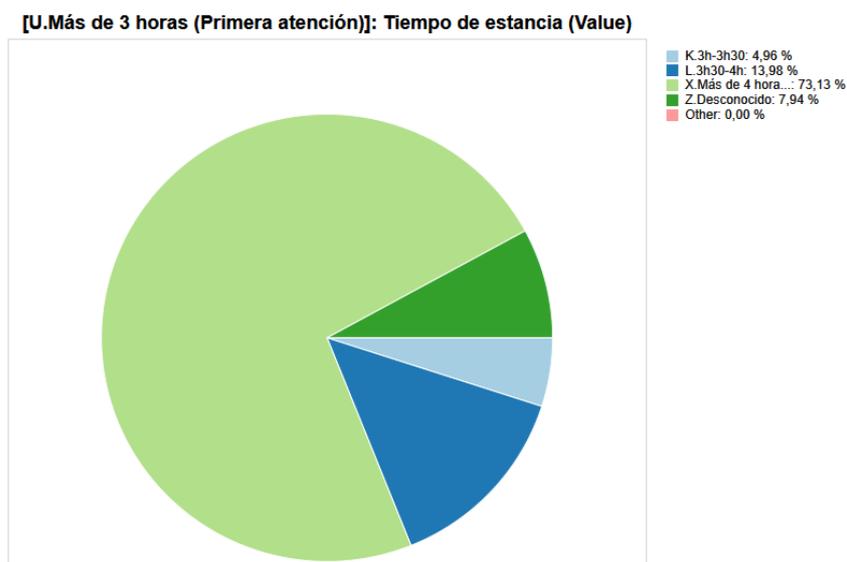


Figura 33. Diferencias en el tiempo de estancia de pacientes con Tiempo hasta primera atención > 3h

El tercer gráfico nos muestra que la gran mayoría de los pacientes cuyo tiempo hasta la primera atención es superior a las 3h tienen un tiempo de estancia total en el SU mayor de 4h. Por lo tanto, este tiempo elevado de espera influye negativamente en el siguiente indicador estudiado: Tiempo de estancia. En medicina la variabilidad es tan alta que cada caso es necesario mirarlo con lupa. En un análisis más avanzado de este grupo de pacientes, se tendría que revisar qué diagnóstico le dieron, el tipo de pruebas que se le hicieron, cuando se obtuvieron los resultados, si hubo implicado algún especialista externo que tuvo que acudir a urgencias desde otro servicio en el hospital... todos estos factores pueden influir en el tiempo de atención y los resultados.

5.4. Análisis del indicador: Tiempo de estancia

Este indicador de calidad establece que el tiempo que transcurre entre el momento en el que el paciente llega al servicio de urgencias y el momento en el que recibe el alta debe ser inferior a 4 horas. Sin embargo, tal y como se muestra en la Figura 34, todos los circuitos de atención tienen casos de pacientes cuya estancia es superior a 4 horas. Esto es una muestra de que ninguno de los procesos estándar establecidos cumple con este indicador de calidad.

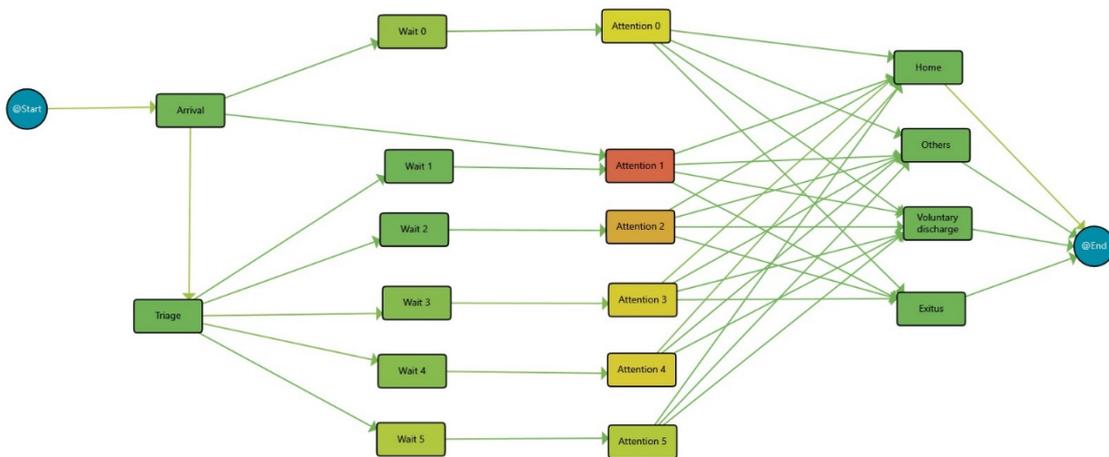


Figura 34. Tiempo de estancia superior a 4 horas

Con el objetivo de determinar que perfil de paciente es predominante, se decide profundizar el análisis en función de diversas características:

En primer lugar, se estudia si el tiempo de estancia depende de la estación del año:

[Mas de 4 horas (Tiempo de estancia)]			
Valores	Total	View %	Global %
Invierno	15325	27,60	23,87
Primavera	13297	23,95	24,21
Verano	13203	23,78	24,35
Otoño	13704	24,68	24,34

Tabla 3. Número de asistencias en función de la estación del año para tiempo de estancia > 4h

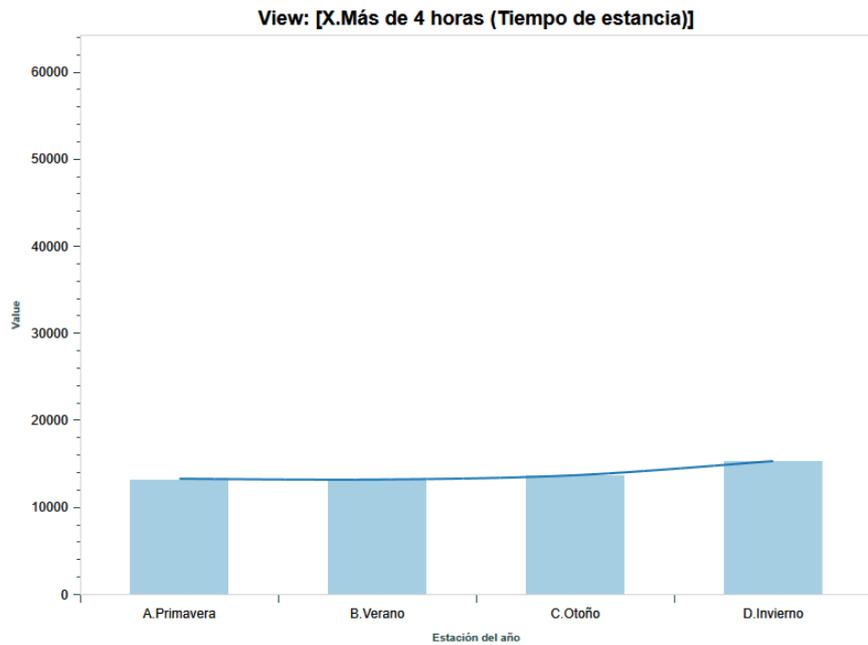


Figura 35. Diferencias por estación del año en pacientes con Tiempo de espera > 4h

En segundo lugar, se analizan los grupos de edad, y se destacan 3 grupos con un mayor número de pacientes: adultos jóvenes, adultos maduros y vejez. Se trata de los mismos grupos que en el primer análisis, por lo que sería interesante profundizar con más información acerca de los perfiles de estos pacientes.

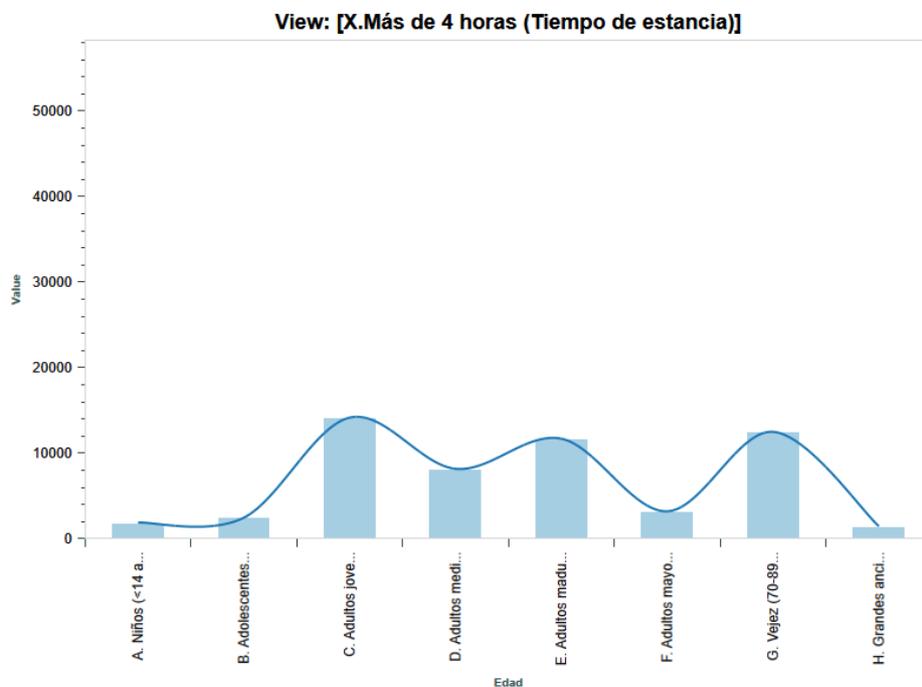


Figura 36. Diferencias por edades en pacientes con Tiempo de espera > 4h

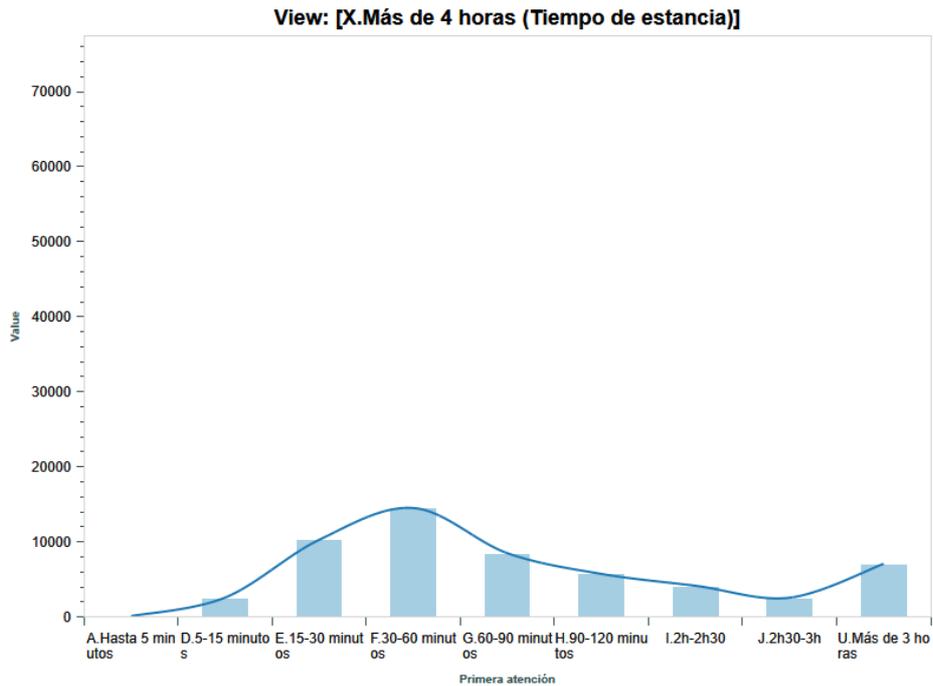


Figura 37. Pacientes por tiempo hasta primera atención con Tiempo de estancia > 4h

En cuanto al tiempo hasta la primera atención, representado en la Figura 37, cabe destacar el segundo y tercer intervalo, donde un gran número de pacientes recibe atención relativamente pronto y el tiempo de estancia acaba superando las 4h. Posteriormente la curva de la gráfica va bajando, algo esperado ya que si tardan más en recibir la primera atención, quiere decir que son pacientes menos críticos y que su diagnóstico y tratamiento es mucho más rápido. En estos casos, la demora en la primera atención no repercute tanto en el tiempo de estancia final.

Por último, se pretende visualizar cuál es la influencia del nivel de triaje en este indicador:

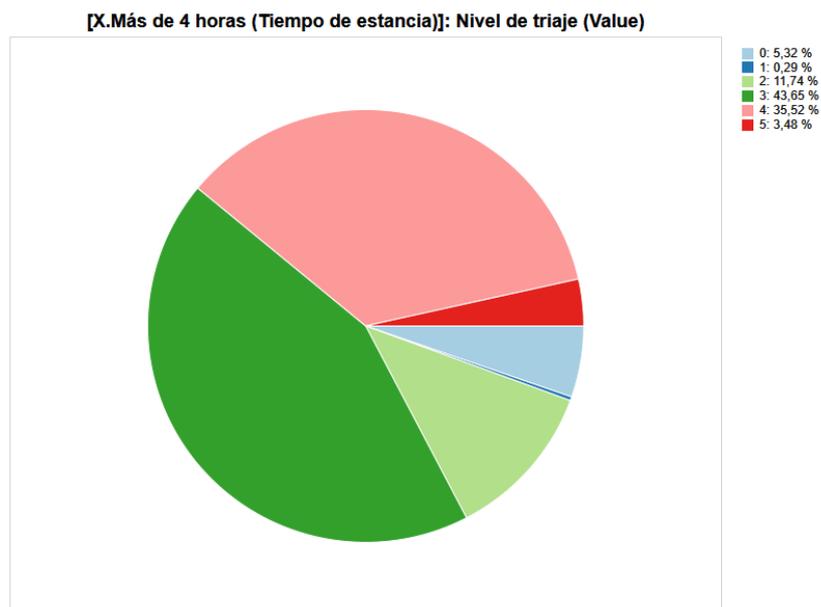


Figura 38. Diferencias por nivel de triaje en pacientes con Tiempo de espera > 4h

Análisis, diseño e implementación de técnicas de Minería de Procesos para la mejora continua de los procesos de atención del departamento de urgencias

Es claramente observable que casi el 80% de los pacientes que superan las 4h de tiempo de estancia pertenecen a los niveles 3 y 4 de triaje. Aunque los demás niveles de triaje presentan un número mucho más reducido, tampoco deberían tener pacientes en esta gráfica, puesto que el indicador de calidad dice que el tiempo de estancia debe ser inferior a 4h.

Discusión

En el presente capítulo se realiza una discusión acerca de los resultados alcanzados en el análisis y su relevancia en el proyecto. También se plantean posibles líneas de continuación futuras.

6.1. Alcance del análisis

Se ha realizado un estudio de los episodios de asistencia del departamento de urgencias de los años 2019, 2020 y 2021. Durante la realización se pudieron analizar variables como la duración total de los procesos de asistencia, el número de urgencias atendidas, y la presión de urgencias. Además, los datos se han estratificado en función de diversas condiciones: edad, sexo, estación del año, nivel de triaje, tiempo de estancia, tiempo hasta el triaje y tiempo hasta la primera atención. La utilización de estos grupos y su combinación nos permite obtener una visión mucho más ajustada de la complejidad del servicio de urgencias, y gracias a la flexibilidad de la Minería de Proceso Interactiva, se han estudiado las combinaciones que han sido necesarias hasta el momento. En primer lugar, se ha realizado un análisis de un indicador de estructura (relativo al número de pacientes de cada proceso) y posteriormente se analizaron diversos indicadores de proceso (relativos a tiempos de ejecución en el hospital).

6.1.1. Indicador de saturación

En primer lugar, tras la ejecución del runner completo, y la visualización del IPI en función del número de trazas (Figura 20), se ha detectado un gran volumen de pacientes en los niveles de triaje 3 y 4. Se decide realizar un análisis más detallado del nivel con mayor carga, el Nivel 4, en el que se identifican tres grupos de edad predominantes: adultos jóvenes, adultos maduros y vejez. Con el objetivo de acotar el perfil del paciente, se visualizan estos grupos de edad por sexo, sin obtener diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres.

Por otro lado, el análisis no puede profundizarse más por ausencia de datos, el siguiente paso sería realizar un estudio más detallado de este proceso para observar que perfil completo tienen estos pacientes, qué tipo de resultados obtienen y cuáles son los indicadores de proceso asociados a estos pacientes. Para ello se necesita mucha más información como por ejemplo, la causa de la visita a urgencias, el diagnóstico recibido, qué pruebas médicas se le han realizado... no disponible hoy en día para el análisis.

6.1.2. Indicador de Tiempo hasta triaje

El triaje es posiblemente la primera medida de seguridad del SU. En cuanto al indicador de calidad, se ha detectado durante el análisis un punto de mal funcionamiento del sistema, ya que, existen pacientes de nivel de atención 2 cuyo tiempo hasta triaje es superior a 10 minutos, cuando según el estándar, a este nivel se le debería proporcionar atención antes de los diez

primeros minutos. Del mismo modo que en el caso anterior, sería interesante implementar más datos que ayuden a entender mejor o de una forma más clara por qué se están produciendo estas demoras y qué tipo de pacientes son los que sufren esta espera.

6.1.3. Indicador de Tiempo hasta primera atención

El tiempo hasta la primera atención viene determinado por el estándar MTS, en el que se establecen los tiempos máximos de espera de los pacientes en función de su Nivel de Triage. Estos tiempos son: Nivel 1 (atención inmediata), Nivel 2 (menor a 10 minutos), Nivel 3 (menor a 60 minutos), Nivel 4 (menor a 120 minutos) y Nivel 5 (menor a 240 minutos).

En cuanto a los resultados obtenidos, destaca que el proceso de atención prioritario sin triaje cuenta con pacientes que superan la media hora de espera hasta ser atendidos. Esto indica una posibilidad de mal funcionamiento, ya que son pacientes que entran inconscientes al hospital y por tanto su estado es crítico. La atención no debe demorarse.

Además, el resto de los niveles también tienen pacientes que esperan mucho tiempo a ser atendidos, y estas demoras superan las 3h en los niveles 2,3 y 4. Esto es un indicativo de que no hay un buen proceso de atención, algo falla y no se está cumpliendo con el estándar establecido. Constituye un ejemplo de saturación del sistema y la prestación del servicio de atención parece que no es como debería.

Tras profundizar en el análisis del perfil de aquellos pacientes que esperan más de 3h, se identifica que el porcentaje de mujeres es superior al de hombres pero sin llegar a que exista una diferencia significativa en función del sexo. También se observa que la gran parte de los pacientes son visitas puntuales con problemas menos graves, cuyo nivel de atención estaría entre 3,4 y 5, y que posiblemente muchos se podrían derivar a atención primaria. Por último, se detecta que este indicador afecta de forma directa al tiempo de estancia, donde 3 de cada 4 pacientes supera las 4h de tiempo de estancia total en el servicio de urgencias.

6.1.4. Indicador de Tiempo de estancia

El indicador de calidad relativo al tiempo de estancia en el hospital establece un umbral máximo de 4h. Sin embargo, tal y como se comenta en el capítulo de resultados, ninguno de los niveles de atención cumple con este requisito y todos ellos tienen pacientes que superan los 240 minutos de estancia en el hospital. Se decide investigar el perfil de paciente predominante.

En primer lugar, aunque se observa un pequeño aumento en el número de pacientes en invierno, el resto de las estaciones presentan un volumen de asistencias similares. Se decide que la diferencia en función de la estación del año en la que el paciente acude al SU no es un factor significativo.

Después se estudian los diferentes grupos de edad presentes en esta estancia superior a 4h, observando que predominan los mismos 3 grupos mencionados anteriormente: Adultos jóvenes, Adultos maduros y Vejez. En este punto sería interesante analizar estos pacientes bajo ciertas preguntas: ¿Cuál es la causa de la asistencia? ¿Cuántas y qué pruebas médicas se le han realizado? ¿Cuál ha sido el diagnóstico? Sin embargo, no se tienen datos disponibles.

En cuanto al tiempo hasta la primera atención, destaca el número de pacientes presentes en los dos primeros intervalos (15-30 minutos y de 30-60 minutos). Esto puede deberse a que son pacientes más graves, con necesidad de atención más o menos rápida y cuyo tratamiento puede ser más complicado y lento, repercutiendo en el tiempo final.

Por último, en función del nivel de triaje, llama la atención el gran número de pacientes de los Niveles 3 y 4 que superan las 4h de estancia. Esto determina que son los procesos que más saturación tienen, con muchas colas de espera y con un gran número de pacientes que pasa varias horas en el hospital.

6.1.5. Discusión general

La demora en el triaje y en la atención y largos tiempos de estancia en el hospital contribuyen muy negativamente a la calidad de la atención proporcionada, los resultados en salud del paciente y a su experiencia con el proceso de asistencia.

El estándar de Triaje Manchester (MTS) implementado en el HGUV es de los más extendidos en España. También es necesario resaltar que el proceso y la estructura de cada hospital es una pieza muy importante para el análisis, ya que puede y suele existir una forma de organización diferente en cada uno incluso aunque tengas definidos los mismos estándares. Los números y resultados son únicos y propios de cada centro hospitalario, y cada uno funciona de una manera concreta en función de las necesidades de los pacientes que lo visitan, y aunque sigan los mismos estándares, hay muchas cosas, como la distribución de recursos, que difieren entre hospitales incluso dentro de la misma ciudad.

Por ello, el análisis realizado es único de este servicio de urgencias. El hecho de que los niveles de triaje con más pacientes sean el 3 y el 4, y dentro del nivel 4 que existan ciertos grupos de edad en los que el número de pacientes también sea mayor, es algo que no tiene que estar ocurriendo en otro hospital. Por este motivo, es importante resaltar que el análisis es muy relevante para el HGUV, ya que únicamente se analizan los problemas que tiene este en la prestación de la atención.

En resumen, el Trabajo de Fin de Grado ha consistido en la continuidad de la definición del IPI mediante la ejecución de diversas sesiones de data rodeos con la enfermera del hospital. Posteriormente, se ha ampliado la definición de este IPI completándolo con diversos bloques Filter. Por último, se ha realizado un análisis en el que se detectan ciertos problemas de saturación del sistema de salud, pero que es necesario tener más datos para acotar el perfil del paciente y analizarlo desde el punto de vista del: ¿qué está ocurriendo? ¿Cuáles son los resultados? Por ejemplo, podría profundizarse el estudio para identificar si existe alguna patología más recurrente en los niveles más saturados, con la que se podría crear otro circuito nuevo y descongestionar el proceso.

6.2. Puntos de innovación del estudio

PMApp es una herramienta única en el mercado, ya que aunque existen otras basadas en la minería de procesos, es la única diseñada e implementada únicamente para la salud. Esto significa que en el análisis realizado se tienen en cuenta los desafíos de la sanidad en términos

de datos debido a problemas como la gran cantidad, la sensibilidad, la disgregación y la variabilidad de estos. Se ha incorporado información de diferentes fuentes de datos y se ha analizado su calidad, con el objetivo de trasladar mejoras al Sistema de Información del Hospital. Además, la técnica de IPM utilizada en el estudio ha permitido involucrar a una enfermera del HGUV en el desarrollo y en el análisis de los indicadores, lo cual ha proporcionado una doble ventaja. Por un lado, ella verifica y valida los resultados clínicos obtenidos; y por otro, al ser partícipe del proceso, se asegura su entendimiento de la gran variabilidad y nivel de detalle existentes en los datos.

En primer lugar, con la ayuda de la enfermera se han identificado aquellos procesos de atención cuyo funcionamiento es inadecuado, cuáles son los puntos del seguimiento en los que se detecta que hay que seguir indagando y también se han identificado cuellos de botella en el sistema donde los tiempos de espera son elevados. Es decir, se han delimitado parámetros que son necesarios para medir la saturación del SU.

En segundo lugar, más a nivel de optimización del proceso, se han analizado los procesos estándar para una mejora continua de la eficiencia y eficacia de la atención ofrecida a la vez que se optimizan los recursos disponibles, en el camino de lograr el VBHC. Es decir, integrando este estudio junto con información sobre recursos tanto humanos, como materiales, y costes asociados, se podría hacer un análisis teniendo en cuenta todos los aspectos de la atención, situando al paciente en el centro y teniendo siempre presentes los resultados obtenidos, midiendo el valor que se proporciona a los pacientes.

Concretamente, los IPIs que se han definido permiten representar la "realidad" del día a día del proceso de atención del departamento de urgencias del HGUV. De esta forma, que se ha podido detectar e identificar el origen de alguno de estos problemas predominantes mediante el estudio de ciertos indicadores de calidad que aportan información acerca de la saturación.

6.3. Fortalezas del análisis

La herramienta PMAApp tiene muchas fortalezas para trabajar en minería de procesos. La primera es que permite realizar un estudio con todos los datos disponibles. En este trabajo los datos pertenecían a los pacientes que acudieron a urgencias del HGUV en 2019, 2020 y en menor medida 2021. Además, en el caso de ser necesario, se podría llegar a ampliar el IPI con datos de otros años, otras especialidades o incluso otros centros de primaria, que permitan medir el proceso de atención del paciente completo.

Otro punto fuerte es su flexibilidad, ya sea para incorporar datos, como se acaba de mencionar, o para crear nuevos bloques tras detectar una nueva necesidad en los data rodeos. El bloque Filter de Nivel de Triage se implementó durante el análisis en una reunión con la enfermera. PMAApp está estructurado modularmente de forma que permite añadir, poner y quitar de forma inmediata, y siempre con el profesional clínico validando el proceso. Por lo tanto, constituye una herramienta ágil a la hora de realizar el análisis durante los data rodeos.

El análisis mediante PMAApp, tal y como sucede en este proyecto, va a depender estrechamente del dato. Si el dato es de calidad, si es el adecuado, si aporta valor... influirá estrechamente en los resultados obtenidos.

Por último, por todo lo mencionado anteriormente, constituye una herramienta idónea para dar apoyo a metodologías tales como Lean Six Sigma, que buscan la mejora continua de la calidad de la atención en salud.

6.4. Limitaciones del estudio

La principal limitación reside en la calidad de los datos. Siempre hay que tener en cuenta su validez, calidad y disponibilidad. Cuantos más datos y marcas de tiempo del proceso existen, más información se extrae. Si los datos son erróneos o están incompletos, hay ausencia de información, y sin información no se puede trabajar en este campo.

La segunda limitación que presenta este trabajo es que se trata de un estudio real, que depende de un proceso lento a la hora de adquirir información donde la rigidez de las organizaciones públicas supone un gran inconveniente. Por razones de seguridad, nunca se tiene acceso a todos los datos, solo a una parte de ellos. Realmente, se podría llegar a profundizar más en el análisis de la saturación del departamento de urgencias del HGUV, se podría llegar a más si se aumentara el tiempo y los datos disponibles para ello.

6.5. Principales líneas de trabajo para el futuro

El Trabajo de Fin de Grado se enmarca en un periodo determinado de tiempo y como se explica en el apartado de limitaciones, se realiza un análisis dentro de las posibilidades de la información de la que se dispone. Si se espera el tiempo necesario para que lleguen los datos y se dispone de todos ellos, de cara a un trabajo futuro se podría realizar un análisis mucho más exhaustivo de la saturación e ineficiencias del hospital. La definición del IPI permite singularizar el estudio que se quiere implementar en cada organización de salud, donde también es posible definir un umbral para ir midiendo la evolución de los indicadores de calidad implementados a lo largo del tiempo. Además, este IPI puede llevarse a otros hospitales, y adaptarse a los estándares y procesos de ese hospital mediante PMAApp, para un posible estudio o para realizar comparaciones entre diferentes organizaciones de salud.

Conclusión

En este capítulo se redactan las conclusiones tras analizar y discutir cualitativa y cuantitativamente los resultados obtenidos en la realización del trabajo respecto a los objetivos planteados.

Actualmente las organizaciones de salud de todo el mundo soportan un gasto considerable de recursos, y para alcanzar una situación de sostenibilidad, es necesario medir la calidad de la atención. La iniciativa VBHC define el valor en salud como los mejores resultados obtenidos con el menor número de recursos posibles, siempre situando al paciente en el centro. Es importante que los sistemas sigan las 6 dimensiones de la calidad de la atención descritas por el IOM de EEUU y la clasificación de indicadores en estructura, proceso, resultados y factores determinantes de Donabedian proporciona una ayuda para saber cómo se presta el servicio de atención. Por ello, el objetivo general del proyecto en el que se enmarca el Trabajo de Fin de Grado es mejorar mediante el uso de técnicas de Minería de Proceso Interactivas el Servicio de Urgencias del Hospital General Universitario de Valencia (HGUV) para conseguir alcanzar un sistema de atención de calidad para los pacientes.

A continuación, se analizan los objetivos específicos establecidos previamente en el primer capítulo del presente trabajo:

El primer objetivo planteado fue: **“Caracterización del servicio de urgencias”**. Durante la realización del análisis del SU se ha completado el IPI con los indicadores que se han implementado en los bloques. En cuanto a los indicadores de estructura, se ha hecho un seguimiento del volumen de pacientes que acuden al hospital y se ha detectado aquellos procesos que concentran un mayor número de población, detectando ineficiencias del sistema y puntos de mal funcionamiento, sobre todo en el Nivel 4 de Triage. Por otro lado, respecto a los indicadores de proceso, que son los que miden tiempos de ejecución, se ha hecho un estudio acerca de los tiempos de triaje, tiempos hasta la primera atención y tiempos de estancia. Por tanto, sí que se ha conseguido la caracterización del SU.

El segundo objetivo planteado fue: **“Identificación de puntos de mejora tales como cuellos de botella”**. Tal y como se ha mencionado en el párrafo anterior, durante el estudio se detectaron ineficiencias del sistema en diferentes procesos de atención. En este seguimiento, se han detectado múltiples demoras en la ejecución de los eventos, observando un gran número de pacientes cuya atención es proporcionada fuera de los tiempos establecidos por los estándares del hospital (tiempos de triaje superiores a 10 min, tiempos de estancia superiores a 4h y tiempos hasta la primera atención superiores a 3h). Se ha detectado también que estos retrasos suceden con mayor frecuencia en niveles de atención menos críticos, colapsando el sistema con pacientes que posiblemente pueden ser derivados a atención primaria. Por último, en cuanto a los factores determinantes, se ha realizado un breve análisis del volumen de asistencias que

maneja el hospital por año y se han implementado filtros como la estación del año en la que ocurre el episodio o el sexo y la edad de los pacientes. Por lo que en general, se concluye que se han podido identificar varios puntos de mejora para el departamento de urgencias del HGUV.

Por último, el tercer objetivo planteado fue: **“Reducción de la saturación del servicio”**. Este es el objetivo final del proyecto, pero tiene un carácter de largo plazo. Tras alcanzar los objetivos anteriores, el siguiente paso en el análisis es profundizar para determinar qué perfil de paciente es el que sufre esta pobre calidad de atención, detectando aquellos que más problemas experimentan y averiguar qué es lo que está sucediendo con ellos. Sin embargo, en este punto, no se ha podido llegar hasta donde se quería. Realmente se necesitan más datos, como por ejemplo, la causa de la visita, la dolencia del paciente, el diagnóstico y tratamiento proporcionados, el número de pruebas que se le han hecho... Toda esta información todavía no está disponible en el proyecto, se está esperando que llegue procedente del Sistema de Información del Hospital. El gran problema en análisis de datos es la ausencia de datos, ya que como Process Miner dentro de IPM solo puedes estudiar los procesos que comprenden los datos disponibles. Dentro del hospital se tiene un acceso limitado a las bases de datos, y el trabajo se enmarca en una ventana con un reducto de datos. En definitiva, para conseguir llegar a este objetivo, primero es necesario obtener todos los datos e integrarlos en PMApp, mediante la definición de IPIs y ofreciendo las vistas del proceso correspondientes. Por último, una vez completado todo el análisis, siempre verificado y validado durante los data rodeos con la enfermera, se podrían tomar decisiones para introducir ciertos cambios en el sistema de salud que condujeran a la reducción de la saturación del SU. Este último objetivo no se alcanzó, pero si se sentaron las bases para una fomentar un proceso de mejora continua futuro dentro del proyecto en el que se enmarca el trabajo.

Bibliografía

- [1] W. H. Organization, *World report on ageing and health*. World Health Organization, 2015.
- [2] M. E. Porter and E. O. Teisberg, "Redefining competition in health care.," *Harv Bus Rev*, vol. 82, no. 6, pp. 64–76, 136, Jun. 2004.
- [3] M. E. Porter, "What Is Value in Health Care?," *New England Journal of Medicine*, vol. 363, no. 26, pp. 2477–2481, Dec. 2010, doi: 10.1056/NEJMp1011024.
- [4] C. Vincent, *Patient Safety*. John Wiley and Sons, 2011. doi: 10.1002/9781444323856.
- [5] D. Parmenter, *Key Performance Indicators Developing, Implementing, and Using Winning KPIs*, John Wiley and Sons. 2015. [Online]. Available: <http://www.wiley.com/go/permissions>.
- [6] T. B. Murdoch and A. S. Detsky, "The Inevitable Application of Big Data to Health Care," *JAMA*, vol. 309, no. 13, p. 1351, Apr. 2013, doi: 10.1001/jama.2013.393.
- [7] Carlos Fernandez-Llatas, *Interactive Process Mining in Healthcare*. Cham: Springer International Publishing, 2021. doi: 10.1007/978-3-030-53993-1.
- [8] T. G. Erdogan and A. Tarhan, "Systematic Mapping of Process Mining Studies in Healthcare," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 24543–25567, Apr. 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2831244.
- [9] C. F. Kleisaris, C. Sfakianakis, and I. v Papathanasiou, "Health care practices in ancient Greece: The Hippocratic ideal," 2014.
- [10] D. L. Sackett, W. M. C. Rosenberg, J. A. M. Gray, R. B. Haynes, and W. S. Richardson, "Evidence based medicine: what it is and what it isn't," *BMJ*, vol. 312, no. 7023, pp. 71–72, Jan. 1996, doi: 10.1136/bmj.312.7023.71.
- [11] K. Jones, "Evidence Based Medicine--How to Practice and Teach EBM," *BMJ*, vol. 313, no. 7069, pp. 1410–1410, Nov. 1996, doi: 10.1136/bmj.313.7069.1410.
- [12] A. Donabedian, "Evaluating the Quality of Medical Care," *Milbank Mem Fund Q*, vol. 44, no. 3, p. 166, Jul. 1966, doi: 10.2307/3348969.
- [13] J. W. Williamson, "Evaluating Quality of Patient Care," *JAMA*, vol. 218, no. 4, p. 564, Oct. 1971, doi: 10.1001/jama.1971.03190170042009.
- [14] A. Donabedian, "The Quality of Care," *JAMA*, vol. 260, no. 12, p. 1743, Sep. 1988, doi: 10.1001/jama.1988.03410120089033.

- [15] M. Lugtenberg, J. S. Burgers, and G. P. Westert, "Effects of evidence-based clinical practice guidelines on quality of care: a systematic review," *Qual Saf Health Care*, vol. 18, no. 5, pp. 385–392, Oct. 2009, doi: 10.1136/qshc.2008.028043.
- [16] V. M. Montori, "Progress in Evidence-Based Medicine," *JAMA*, vol. 300, no. 15, p. 1814, Oct. 2008, doi: 10.1001/jama.300.15.1814.
- [17] D. Blumenthal, "Quality of Care — What is It?," *New England Journal of Medicine*, vol. 335, no. 12, pp. 891–894, Sep. 1996, doi: 10.1056/NEJM199609193351213.
- [18] S. M. Campbell, M. O. Roland, and S. A. Buetow, "Defining quality of care," *Soc Sci Med*, vol. 51, no. 11, pp. 1611–1625, Dec. 2000, doi: 10.1016/S0277-9536(00)00057-5.
- [19] W. H. Organization, "Quality of care : a process for making strategic choices in health systems." World Health Organization, p. 38 p., 2006.
- [20] K. N. Lohr, "Medicare: A Strategy for Quality Assurance, Volume I," 1990, Accessed: May 30, 2022. [Online]. Available: <http://www.nap.edu>.
- [21] L. Slawomirski, A. Auraaen, and N. S. Klazinga, "The economics of patient safety: Strengthening a value-based approach to reducing patient harm at national level," *OECD Health Working Papers*, no. 96, 2017, doi: 10.1787/5a9858cd-en.
- [22] R. Obert *et al.*, "VIEWS OF PRACTICING PHYSICIANS AND THE PUBLIC ON MEDICAL ERRORS A BSTRACT Background In response to the report by the Insti," 2002. [Online]. Available: www.nejm.org
- [23] D. E. Newman-Toker and P. J. Provonost, "Diagnostic Errors—The Next Frontier for Patient Safety," *JAMA*, vol. 301, no. 10, p. 1060, Mar. 2009, doi: 10.1001/jama.2009.249.
- [24] Institute of Medicine (US) Committee on Quality of Health Care in America, *Crossing the Quality Chasm: A New Health System for the 21st Century*. Washington, D.C.: National Academies Press, 2001. doi: 10.17226/10027.
- [25] M. E. Porter, S. Larsson, and T. H. Lee, "Standardizing Patient Outcomes Measurement," *New England Journal of Medicine*, vol. 374, no. 6, pp. 504–506, Feb. 2016, doi: 10.1056/nejmp1511701.
- [26] T. A. Kelley, "International Consortium for Health Outcomes Measurement (ICHOM)," *Trials*, vol. 16, no. S3, Dec. 2015, doi: 10.1186/1745-6215-16-s3-o4.
- [27] D. Molla S, C. Janet M, and K. Linda T., *To Err Is Human*. Washington, D.C.: National Academies Press, 2000. doi: 10.17226/9728.
- [28] World Health Organization *et al.*, "Global Patient Safety action Plan 2021-2030: Towards eliminating avoidable harm in health care," 2021.
- [29] Gerald J. Langley, Ronald D. Moen, Kevin M. Nolan, Thomas W. Nolan, Clifford L. Norman, and Lloyd P. Provost, *The Improvement Guide: A Practical Approach to Enhancing Organizational Performance, 2nd Edition*. 2009.
- [30] A. D. Kaluzny and Curtis P. McLaughlin, "Continuous Quality Improvement in Health Care: Theory, Implementation, and Applications. ," *Jones & Bartlett*, 2004.

- [31] S. Shortell *et al.*, “Assessing the Impact of Continuous Quality Improvement/Total Quality Management: Concept versus Implementation,” *Health services research* 30.2, 1995.
- [32] E. Kelley and J. Hurst, “Health Care Quality Indicators Project: Conceptual Framework Paper,” 2006, doi: 10.1787/440134737301.
- [33] J. Mainz, “Defining and classifying clinical indicators for quality improvement,” *International Journal for Quality in Health Care*, vol. 15, no. 6, pp. 523–530, 2003, doi: 10.1093/intqhc/mzg081.
- [34] E. C. Nelson, E. Eftimovska, C. Lind, A. Hager, J. H. Wasson, and S. Lindblad, “Patient reported outcome measures in practice,” *BMJ*, p. g7818, Feb. 2015, doi: 10.1136/bmj.g7818.
- [35] N. Black, “Patient reported outcome measures could help transform healthcare,” *BMJ*, vol. 346, no. jan28 1, pp. f167–f167, Jan. 2013, doi: 10.1136/bmj.f167.
- [36] N. J. Devlin and • Richard Brooks, “EQ-5D and the EuroQol Group: Past, Present and Future,” *Appl Health Econ Health Policy*, vol. 15, 2017, doi: 10.1007/s40258-017-0310-5.
- [37] J. E. J. P. Ware, “SF-36 Health Survey Update, Spine,” vol. 25, no. 24, pp. 3130–3139, Dec. 2000.
- [38] R. Anhang Price *et al.*, “Examining the Role of Patient Experience Surveys in Measuring Health Care Quality,” *Medical Care Research and Review*, vol. 71, no. 5, pp. 522–554, Oct. 2014, doi: 10.1177/1077558714541480.
- [39] S. W. Mercer and W. J. Reynolds, “Empathy and quality of care.,” *Br J Gen Pract*, vol. 52 Suppl, pp. S9-12, Oct. 2002.
- [40] C. JENKINSON, “The Picker Patient Experience Questionnaire: development and validation using data from in-patient surveys in five countries,” *International Journal for Quality in Health Care*, vol. 14, no. 5, pp. 353–358, Oct. 2002, doi: 10.1093/intqhc/14.5.353.
- [41] D. Cella *et al.*, “The Patient-Reported Outcomes Measurement Information System (PROMIS) developed and tested its first wave of adult self-reported health outcome item banks: 2005–2008,” *J Clin Epidemiol*, vol. 63, no. 11, pp. 1179–1194, Nov. 2010, doi: 10.1016/j.jclinepi.2010.04.011.
- [42] C. K. Mbbs, B. Frca, S. P. Mbbs, and B. Frca, “Patient-reported outcome measures and patient-reported experience measures What are PROMs and PREMs?,” *BJA Educ*, vol. 17, no. 4, pp. 137–144, 2017, doi: 10.1093/bjaed/mkw060.
- [43] World Health Organization and WHO Patient Safety., “Conceptual Framework for the International Classification for Patient Safety,” 2009, Accessed: Jun. 01, 2022. [Online]. Available: http://www.who.int/patientsafety/taxonomy/ICPS_Statement_of_Purpose.pdf
- [44] A. Neely and M. Bourne, “WHY MEASUREMENT INITIATIVES FAIL,” *Measuring Business Excellence*, vol. 4, no. 4, pp. 3–7, Dec. 2000, doi: 10.1108/13683040010362283.

- [45] R. Boulkedid, H. Abdoul, M. Loustau, O. Sibony, and C. Alberti, "Using and Reporting the Delphi Method for Selecting Healthcare Quality Indicators: A Systematic Review," *PLoS One*, vol. 6, no. 6, p. 20476, 2011, doi: 10.1371/journal.pone.0020476.
- [46] FENIN and COTEC, "Índice Fenin de Madurez Digital en Salud," Jun. 2020.
- [47] H. v. Jagadish *et al.*, "Big data and its technical challenges," *Commun ACM*, vol. 57, no. 7, pp. 86–94, Jul. 2014, doi: 10.1145/2611567.
- [48] W. van der Aalst, *Process Mining*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016. doi: 10.1007/978-3-662-49851-4.
- [49] W. Van and D. Aalst, "Using real event data to X-ray business processes helps ensure conformance between design and reality," *Commun ACM*, vol. 55, no. 8, 2012, doi: 10.1145/2240236.2240257.
- [50] Consorcio Hospital General Universitario Valencia, "INFORME ANUAL 2020," Valencia, 2020.

Parte II

Presupuesto

Presupuesto

El objetivo de este capítulo es brindar una estimación económica al Trabajo de Fin de Grado, ya que a la hora de realizar y presentar un proyecto es primordial conocer el coste y los recursos necesarios para llevarlo a cabo. El análisis de los costes se dividirá en dos secciones: costes de personal y costes de ejecución.

8.1. Costes de personal o mano de obra

En primer lugar se valorarán los costes de los trabajadores implicados en la realización del proyecto, en función del número de sesiones y horas realizadas. En la ejecución de este proyecto, han participado 4 personas: Gema Ibáñez Sánchez y Vicente Traver Salcedo, como figuras de tutora y cotutor respectivamente, y Pablo García Lago, autor del trabajo y ejecutor del análisis en función de Ingeniero Biomédico.

Para la valoración económica de los responsables del proyecto, se han tomado como referencia un Ingeniero Biomédico Junior (estudiante de último curso) y dos investigadores titulados universitarios del grupo SABIEN.

El proyecto ha sido elaborado en un periodo de 4 meses, en los que el autor ha dedicado un total de 15 h semanales. Teniendo en cuenta que el desarrollo del presente trabajo ha estado comprendido entre marzo y junio del 2022 (ambos inclusive), la duración del proyecto es de 18 semanas. Además, para arrancar el proyecto, se han necesitado 8 sesiones de data rodeos para la obtención del IPI. Estas sesiones han sido planificadas más o menos espaciadas en el tiempo durante estos 4 meses en función de la disponibilidad de los datos y de los clínicos involucrados en el análisis. El coste del personal incluye el trabajo realizado previamente a cada data rodeo, dónde se prepara el caso de estudio para mostrárselo a la enfermera y así validar aquello que es correcto. En resumen, este coste se refiere a la implementación del IPI, al tiempo empleado en las reuniones onsite y las horas dedicadas previamente a dichas reuniones.

Código	Descripción	Unidades	Horas Trabajadas (h)	Precio unitario (€)	Total (€)
MO. ING	Ingeniero Biomédico Junior	h	270	40,00 €	10.800,00 €
MO. TUT	Tutora del TFG	h	100	100,00 €	10.000,00 €
MO. COT	Cotutor del TFG	h	15	100,00 €	1.500,00 €
				TOTAL	22.300,00 €

Tabla 4. Costes de personal en horas de oficina

Código	Descripción	Unidades (sesiones)	Duración de cada sesión (h)	Precio unitario (€/h)	Total (€)
MO. ING	Ingeniero Biomédico Junior	8	1,5	50,00 €	600,00 €
MO. TUT	Tutora del TFG	8	1,5	100,00 €	1.200,00 €
TOTAL					1.800,00 €

Tabla 5. Costes de las sesiones de data rodeos

8.2. Costes de material

En este apartado de costes se incluye todo el material que se ha empleado durante la realización del proyecto. Es necesario tener en cuenta los recursos necesarios, tanto físicos (hardware) como informáticos (software).

Para calcular los costes de los equipos, se ha considerado importante el concepto de Amortización, y teniendo en cuenta que se han utilizado durante 4 meses en la ejecución del proyecto, los costes se estimarán en función del uso en este periodo de tiempo. Además, ciertas licencias de software de programas que se han utilizado han sido aportadas por la Universidad Politècnica de València.

A continuación, se detallan los requisitos mínimos que debe tener el ordenador para poder utilizar PMAApp cliente con una estimación de volumen de datos de 500MB:

- 16 GB RAM
- CPU I5, 4 cores 2,5GHz
- Disco duro 300 MB libre
- Monitor full HD

Código	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Vida útil (mes)	Tiempo de uso (mes)	Total (€)
MAT.PC	Ordenador de mesa Intel Core i5-12500 /16GB/512GB SSD	1	1309,99	72	4	72,78 €
TOTAL						72,78 €

Tabla 6. Costes de Hardware

En cuanto a los costes de software, IPM no se comercializa con licencias sino que el software va incluido en el servicio de consultoría que se realiza, es decir, la definición del IPI. Se proporcionará una formación online en Minería de Procesos Interactiva (IPM), que dotará al personal clínico de las capacidades necesarias para poder utilizar la herramienta PMAApp en el análisis del proceso. La solución funcional ofrecida incluye una versión de dicha aplicación, así como el IPI para el Servicio de Urgencias estudiado, que puede estar formado por varios archivos de configuración llamados *runners* y un informe sobre la calidad de los datos analizados.

Además, los bloques Filter fueron implementados en la plataforma de Microsoft Visual Studio. Existen varias formas de obtener el programa en función de las necesidades. Lo más habitual es optar por una versión estándar que proporciona un conjunto de herramientas y recursos para crear, implementar y gestionar la aplicación.

Código	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Duración Licencia (mes)	Tiempo de uso (mes)	Total (€)
MAT.OFF 365	Licencia de Microsoft Office 365	1	69	12	4	23,00 €
MAT.IPM	IPM Training	1	300	12	4	100,00 €
TOTAL						123,00 €

Tabla 7. Costes de software

En el presente trabajo, tanto la licencia del Visual Studio como la licencia de Microsoft Office 365 han sido proporcionadas por la Universidad Politécnica de Valencia.

8.3. Presupuesto total

Finalmente, se muestra el presupuesto total del Trabajo de Fin de Grado definido como un servicio de consultoría médico basado en IPM. El presupuesto interno se ha construido con la suma de los presupuestos parciales de las secciones anteriores. Este sumado a los gastos indirectos (25%) referentes a gastos de luz, seguridad, y otros... constituye el presupuesto de materiales. Posteriormente se añade un margen de beneficio (10%) y un incremento final de un 21% correspondiente al IVA.

COSTE	IMPORTE
Mano de Obra	22.300,00 €
Data Rodeos	1.800,00 €
Hardware	72,78 €
Software	123,00 €
Presupuesto interno	24.295,78 €
Gastos indirectos (25%)	6.073,95 €
Presupuesto de materiales	30.369,73 €
Margen de beneficio (10%)	3.036,97 €
Presupuesto de ejecución	33.406,70 €
IVA (21%)	7.015,41 €
Presupuesto total	40.422,10 €

Tabla 8. Presupuesto total del proyecto

El presupuesto total del proyecto, incluido el IVA, asciende a la cantidad de **CUARENTA MIL CUATROCIENTOS VEINTIDÓS CON DIEZ CÉNTIMOS**.

Parte III

Anexo

EJEMPLO DEL CÓDIGO .NET DE BLOQUE FILTER: TIEMPO DE ESTANCIA

```
using pm4h.data;
using pm4h.filter;
using pm4h.filter.pmlogfilters;
using pm4h.runner;
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;

namespace Pablo_TFG
{
    [RunnerElement(Name = "HGUV.Discretizer.LOS", Description = "Duración de la estancia del
paciente en función de los nodos de inicio y final indicados")]

    public class HGUVDiscretizerLOS : PMLogParallelFilter
    {
        protected override void InitExecutionOnce()
        {
            Maxthreads = 1;
        }

        public override IEnumerable <PMTrace> ProcessTrace (PMTrace _trace,
            TraceMetadata Metadata)
        {
            PMEvent event0 = _trace.Events.Where(e=>
                e.Properties.ContainsKey(HGUVConstantes.EVENTTYPECONST) &&

                e.Properties[HGUVConstantes.EVENTTYPECONST].Equals(HGUVConstantes.EVENTTYPE
                ARRIVALCONST)).FirstOrDefault();

            PMEvent event1 = _trace.Events.Where(e =>
                e.Properties.ContainsKey(HGUVConstantes.EVENTTYPECONST) &&

                e.Properties[HGUVConstantes.EVENTTYPECONST].Equals(HGUVConstantes.EVENTTYPE
                ALTACONST)).FirstOrDefault();

            if (event0 != null && event1 != null)
            {
                TimeSpan ts = event1.End.Value - event0.Start;

                DiscretizadorNumber dn = new DiscretizadorNumber(new double[] { 5, 15, 30,
                    60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 420, 480, 540, 600 },
                    new string[] { HGUVConstantes.TIME05CONST,
                        HGUVConstantes.TIME15CONST, HGUVConstantes.TIME30CONST,
                        HGUVConstantes.TIME60CONST, HGUVConstantes.TIME90CONST,
                        HGUVConstantes.TIME120CONST, HGUVConstantes.TIME150CONST,
                        HGUVConstantes.TIME180CONST, HGUVConstantes.TIME210CONST,
                        HGUVConstantes.TIME240CONST, HGUVConstantes.TIME270CONST,
```

```
HGUVConstantes.TIME300CONST, HGUVConstantes.TIME330CONST,
HGUVConstantes.TIME360CONST, HGUVConstantes.TIME420CONST,
HGUVConstantes.TIME480CONST, HGUVConstantes.TIME540CONST,
HGUVConstantes.TIME600CONST, HGUVConstantes.TIME6HCONST});

_trace[HGUVConstantes.LENGTHOFSTAYCONST] =
    dn.getDiscreteValue(ts.TotalMinutes);

}

else
{
_trace[HGUVConstantes.LENGTHOFSTAYCONST] =
    HGUVConstantes.UNKNOWNCONST;
}
yield return _trace;
}
}
```

EJEMPLO DEL CÓDIGO .NET DE BLOQUE FILTER: NIVEL DE TRIAGE

```
using pm4h.data;
using pm4h.filter;
using pm4h.runner;
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;

namespace Pablo_TFG
{
    [RunnerElement(Name = "HGUV.Create.TriageLevel", Description = "Nivel de triage del episodio de urgencias")]

    public class HGUVTriageLevel : PMLogParallelFilter
    {
        public override IEnumerable<PMTrace> ProcessTrace(PMTrace _trace, TraceMetadata Metadata)
        {
            _trace[HGUVConstantes.TRIAGELEVELCONST] = _trace.Events.Where(e =>
                e.Properties.ContainsKey(HGUVConstantes.EVENTTYPECONST) &&

                e.Properties[HGUVConstantes.EVENTTYPECONST].Equals(HGUVConstantes.EVENTTYPEATTENTIONCONST)).FirstOrDefault().ActivityName.Substring(10, 1);

            yield return _trace;
        }
    }
}
```