

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE POSTGRADO



**TRAYECTORIA DE PACIENTES ATENDIDOS POR
TELEMEDICINA MEDIANTE LA MINERÍA DE PROCESOS**

MATIAS FELIPE CORNEJO TENORIO

**ACTIVIDAD FORMATIVA EQUIVALENTE PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGÍSTER EN INFORMÁTICA MÉDICA.**

**Director de Tesis:
Prof. Dr. Steffen Härtel**

**Co-director de Tesis:
Prof. Dr. Eric Rojas**

2025

Agradecimientos

A mis profesores por enseñarme este nuevo rumbo y darme un nuevo propósito en mi carrera profesional.

A Estefanía, Beatriz, Santiago y Mair por acompañarme en este nuevo camino, por abrirme las puertas de sus casas y por brindarme su amistad.

A Felipe y José por los buenos momentos que pasamos juntos y a quienes dejé para enfrentar este desafío.

A Bárbara por estar presente siempre en mi vida, en todas las etapas, pese al tiempo y a la distancia.

A You, Marce y Hoshi, por cuidar de mí cuando más lo necesité y por hacerme parte de su familia.

A Mark, por darme la mano al caminar, por cuidar de mi, por hacer de mi casa un hogar y por enseñarme a amar.

A mi hermana por apoyarme en todo lo que me propongo.

A mi madre, por darme la vida y enseñarme a vivirla, por aceptarme cada vez que vuelvo a casa, por guiarme siempre por el buen camino, por tu amor reflejado en respeto y dedicación.

Tabla de contenidos

Resumen.....	4
Abstract.....	6
1. Introducción.....	8
2. Marco Teórico.....	10
1.1 Cáncer en Chile.....	10
1.2 Telemedicina.....	10
1.3 Modelo de Atención de Pacientes Oncológicos.....	15
1.3.1 Aspectos Clínicos del Flujo de Atención de Pacientes:.....	18
1.4 Minería de Procesos en Salud.....	20
1.4.1 Minería de Procesos.....	20
1.4.2 Minería de Procesos Aplicada a la Salud.....	22
3. Materiales y métodos.....	25
3.1 Diseño del estudio.....	25
3.2 Fuente de datos.....	25
3.3 Población y cohorte.....	26
3.3.1 Población.....	26
3.3.2 Cohorte.....	26
3.4 Control de calidad y procesamiento de los datos.....	26
3.4.1 Control de Calidad.....	26
3.4.2 Procesamiento y construcción de log de eventos.....	27
3.5 Caracterización de pacientes.....	27
3.6 Descubrimiento de trayectorias.....	28
3.7 Verificación de conformidad y desempeño del proceso.....	28
3.7.1 Modelo de referencia.....	28
3.7.1 Ejecución de verificación de conformidad.....	29
3.7.2 Análisis de desempeño.....	29
4. Resultados.....	31
4.1 Caracterización de los pacientes oncológicos que reciben atención por telemedicina (OE1)....	31
4.1.1 Descripción de la población.....	31
4.1.2 Variación temporal y uso de la telemedicina.....	32
4.1.3 Proporción de Consultas por Paciente.....	34
4.2 Descubrimiento de Trayectorias mediante Minería de Procesos (OE2).....	36
4.2.1 Cohorte analizada y construcción del log de eventos.....	36
4.2.2 Variabilidad de trayectorias.....	37
4.2.3 Variantes del proceso.....	39
4.3 Verificación de conformidad y análisis de desempeño (OE3).....	40

4.3.1 Modelo de referencia del proceso de atención de pacientes oncológicos.....	40
4.3.2 Resultados de conformidad global.....	40
4.3.3 Conformidad para Cáncer de Colon y Cáncer de Mama.....	42
4.3.4 Resultados análisis de desempeño.....	42
5. Discusión.....	46
6. Conclusiones.....	48
6.1 Limitaciones.....	49
6.2 Proyección y Trabajos Futuros.....	49
7. Referencias.....	51
8. Anexo 1: Modelo de Atención de Pacientes Oncológicos.....	58
Documentación del Proceso: Atención de Pacientes Oncológicos.....	59
1. Descripción General.....	59
2. Participantes.....	59
3. Actividades (tareas).....	60
4. Decisiones.....	61
5. Eventos.....	61
6. Caminos finales del proceso.....	61
9. Anexo 2: Trayectorias de Pacientes como Modelos de Procesos.....	63

Resumen

Problema: El aumento sostenido de casos de cáncer en Chile, junto con la expansión de la telemedicina durante la pandemia por COVID-19, plantea desafíos en la continuidad y calidad de atención oncológica. Aún se desconoce si las trayectorias asistenciales en este contexto cumplen con los modelos clínicos esperados, dificultando la evaluación de la efectividad de este tipo de atención.

Solución: Se desarrolló un marco metodológico basado en minería de procesos para caracterizar, modelar y evaluar las trayectorias de pacientes oncológicos atendidos por telemedicina. Esto permite identificar desviaciones relevantes, mejorar la trazabilidad clínica y orientar decisiones institucionales para fortalecer la calidad de atención y el uso eficiente de recursos en salud digital.

Métodos: se utilizaron técnicas de minería de procesos (descubrimiento y verificación de conformidad) mediante los softwares Disco y Celonis. Se emplearon datos clínicos reales anonimizados extraídos desde los sistemas de información de la Red de Salud UC CHRISTUS, con validación por expertos clínicos.

Variables y métricas: Las principales variables fueron: número y tipo de actividades clínicas, tiempo entre eventos, variantes de trayectorias, conformidad con modelo BPMN (Notación y Modelado de Procesos de Negocio), diagnósticos CIE 10. Se usaron métricas como longitud de trazas, densidad del grafo y número de infracciones detectadas por verificación de conformidad.

El objetivo general de este trabajo es desarrollar un marco metodológico basado en Minería de Procesos para caracterizar y modelar las trayectorias de los pacientes oncológicos atendidos por telemedicina, y verificar su conformidad respecto al modelo de atención esperado, en colaboración con expertos clínicos. Los objetivos específicos son: (i) Caracterizar al tipo de pacientes oncológicos que reciben atención por telemedicina; (ii) Utilizar Minería de Procesos a los datos de atención de pacientes oncológicos atendidos por telemedicina para construir sus trayectorias, considerando buenas prácticas de calidad de datos; y (iii) Realizar una verificación de conformidad de las trayectorias frente a un Modelo de Atención esperado para estos pacientes y un análisis de desempeño del proceso mediante validación de expertos clínicos.

Resultados: Se realizó una caracterización de los pacientes oncológicos atendidos por telemedicina en la Red UC CHRISTUS entre 2020 y 2023, de los cuales 49,5% son mujeres, la población se concentra entre los 60 a 74 años de edad. Se realizó un Modelo de Atención de Pacientes Oncológicos con base en Guías de Práctica Clínica. Se generó un modelo mediante minería de procesos de la trayectoria de los pacientes oncológicos atendidos por telemedicina. Se analizaron 182 pacientes, con 173 variantes de trayectoria. Solo un 38% de los casos se

ajustó completamente al modelo esperado. Los cánceres de mama y colon mostraron conformidad >89%. Las principales desviaciones fueron atenciones de urgencia no planificadas y consultas no modeladas. Se propusieron mejoras en interoperabilidad y calidad del registro clínico.

Perspectiva: El marco metodológico puede escalarse a otras patologías crónicas, fortalecer la gobernanza clínica institucional y servir como base para sistemas de monitoreo continuo en salud digital.

Abstract

Problem: The steady increase in cancer cases in Chile, along with the expansion of telemedicine during the COVID-19 pandemic, poses challenges for the continuity and quality of cancer care. It is still unknown whether care pathways in this context comply with expected clinical models, making it difficult to evaluate the effectiveness of this type of care.

Solution: A methodological framework based on process mining was developed to characterise, model and evaluate the trajectories of cancer patients treated by telemedicine. This allows for the identification of relevant deviations, improved clinical traceability and guidance for institutional decisions to strengthen the quality of care and the efficient use of digital health resources.

Methods: Process mining techniques (discovery and conformity verification) were used with Disco and Celonis software. Real anonymised clinical data extracted from the UC CHRISTUS Health Network information systems was used, with validation by clinical experts.

Variables and metrics: The main variables were: number of patients, number of consultations, number and type of clinical activities, time between events, trajectory variants, compliance with the BPMN (Business Process Model and Notation) model, and ICD-10 diagnoses. Metrics such as trace length, graph density, and number of violations detected by conformance checking were used.

The overall objective of this work is to develop a methodological framework based on Process Mining to characterize and model the trajectories of oncology patients treated by telemedicine, and to verify their conformity with the expected care model, in collaboration with clinical experts. The specific objectives are: (i) To characterize the type of oncology patients who receive care by telemedicine; (ii) To use Process Mining on the care data of oncology patients treated by telemedicine to construct their trajectories, considering good data quality practices; and (iii) To verify the conformity of the trajectories against an expected Care Model for these patients and a performance analysis of the care process through validation by clinical experts.

Results: A profile of oncology patients treated via telemedicine in Red UC CHRISTUS between 2020 and 2023 was conducted. 49.5% of these patients were women, and the population was concentrated between 60 and 74 years of age. A Care Model for Oncology Patients was developed based on Clinical Practice Guidelines. A process mining model was generated for the trajectory of oncology patients treated via telemedicine. 182 patients were analysed, with 173 trajectory variants. Only 38% of cases fully conformed to the expected model. GES cancers (breast and colon) showed >89% conformity. The main deviations were unplanned emergency care and unmodelled consultations. Improvements in interoperability and clinical record quality were proposed.

Outlook: The methodological framework can be scaled to other chronic conditions, strengthen institutional clinical governance, and serve as a basis for continuous monitoring systems in digital health.

1. Introducción

El cáncer constituye una de las principales cargas de morbilidad y mortalidad a nivel mundial así como en Chile. En 2022 se reportaron 59.876 nuevos casos de cáncer en el país, lo que contribuye a los cerca de 20 millones de diagnósticos anuales a nivel mundial, cifra que se proyecta aumente a alrededor de 29,3 millones para el año 2024 [1,2]. Esta creciente incidencia exige un análisis detallado de los procesos clínicos y organizacionales que subyacen al cuidado oncológico, para identificar oportunidades de mejora en los procesos de atención y en los resultados de los pacientes.

La pandemia del COVID-19 aceleró la adopción de la telemedicina como modalidad de atención para enfermedades crónicas y oncológicas, al posibilitar el seguimiento remoto, reducir tiempos de espera y minimizar riesgos de contagio [3,4]. Estudios recientes muestran que la telemedicina en oncología mejora la adherencia a los tratamientos, podría acortar demoras en la atención y generar altos niveles de satisfacción entre los pacientes [5,6]. No obstante, aún persisten interrogantes respecto a si su uso es equivalente a la atención presencial, especialmente en pacientes oncológicos, respecto a la equidad de acceso y a la calidad del registro de eventos clínicos.

Organismos nacionales e internacionales han recomendado fortalecer los sistemas de salud aprovechando las herramientas informáticas disponibles en la actualidad. La Organización Mundial de la Salud [6] establece directrices para integrar la salud digital en la atención primaria y especializada, mientras que el Plan Nacional del Cáncer del Ministerio de Salud (MINSAL) [7] promueve el uso de herramientas digitales para la continuidad del cuidado oncológico, la optimización de rutas clínicas y la reducción de brechas territoriales.

La minería de procesos se perfila como una disciplina idónea para analizar, verificar y optimizar flujos de atención a partir de los registros de eventos que se pueden construir desde los datos almacenados en los sistemas de información clínica [9,10]. Mediante algoritmos de descubrimiento de procesos y verificación de la conformidad, esta disciplina permite reconstruir las trayectorias reales de los pacientes, identificar cuellos de botella y cuantificar tiempos entre atenciones, aportando una visión objetiva del proceso asistencial [9].

El objetivo general de este trabajo es desarrollar un marco metodológico basado en Minería de Procesos para caracterizar y modelar las trayectorias de los pacientes oncológicos atendidos por telemedicina, y verificar su conformidad respecto al modelo de atención esperado, en colaboración con expertos clínicos. Los objetivos específicos son:

1. Caracterizar al tipo de pacientes oncológicos que reciben atención por telemedicina.

2. Utilizar Minería de Procesos a los datos de atención de pacientes oncológicos atendidos por telemedicina para construir sus trayectorias, considerando buenas prácticas de calidad de datos.
3. Realizar una verificación de conformidad de las trayectorias frente a un Modelo de Atención esperado para estos pacientes y un análisis de desempeño del proceso mediante validación de expertos clínicos.

El análisis se realizará con base en un modelo de referencia del proceso de atención de pacientes oncológicos validado por expertos clínicos y usando datos reales extraídos de la Red de Salud UC CHRISTUS. Este trabajo se realizó en el contexto del proyecto de investigación FONDECYT N°11230708 “*Improving the Patient Journey in Telemedicine using Process Mining*”. El uso de datos de pacientes para la investigación mencionada y para este trabajo fue aprobado por el Comité Ético Científico de Ciencias de la Salud de la Pontificia Universidad Católica de Chile (CEC) y autorizada por la Dirección de Investigación de la Escuela de Medicina UC (DIEMUC), además de contar con el apoyo de la Subdirección Médica de la Red UC CHRISTUS, del Hospital Clínico de la Pontificia Universidad Católica de Chile y de la Clínica UC CHRISTUS San Carlos de Apoquindo.

El presente documento se organiza de la siguiente manera: en la sección 2 se desarrolla el marco teórico sobre el cáncer en Chile, la telemedicina y la minería de procesos aplicada a la salud; la sección 3 presenta los Materiales y Métodos utilizados; la sección 4 presenta los resultados obtenidos; en la sección 5 se desarrolla la Discusión de estos resultados; finalmente, en la sección 6 se presentan las Conclusiones finales, limitaciones y trabajos futuros.

2. Marco Teórico

2.1 Cáncer en Chile

El cáncer se ha posicionado como una de las principales causas de muerte en Chile [11]. Sus causas son multifactoriales y afectan a gran sector de la población. Solo en el año 2022 se registraron 59.876 nuevos casos en el país [1] con una incidencia de 188,7 por cada 100.000 habitantes. Dentro de las neoplasia más comunes se encuentran el cáncer de próstata, colorrectal y estómago en hombres y cáncer de mama, colorrectal y pulmón entre las mujeres.

Respecto a la mortalidad, según cifras del Ministerio de Salud, en el año 2022 se registraron 31.440 muertes debido al cáncer en total, con una tasa de mortalidad estandarizada por edad de 90,1 por cada 100.000 habitantes. Además, el riesgo de morir por cáncer antes de los 75 años de edad es del 9,3% en la población general, con un mayor riesgo en hombres (10,7%) que en mujeres [1].

En el último tiempo, se ha observado un alza en la incidencia de cáncer en el país, asociado principalmente por el envejecimiento de la población y por factores de riesgo como el tabaquismo, la obesidad, el consumo excesivo de alcohol y la dieta [12]. Proyecciones demográficas sugieren que para el año 2045 habrá un aumento del 77,6% de nuevos casos, lo que se refleja en un total de 107.228 pacientes [1].

Esta carga creciente demuestra la necesidad existente de estudiar las vías de atención de estos pacientes, con el objetivo de optimizar los procesos de atención y evaluar nuevas modalidades de cuidado en pacientes complejos, como la telemedicina, para de esta forma, asegurar y mantener la calidad, equidad y eficiencia de los servicios de salud.

2.2 Telemedicina

La telemedicina también conocida como teleasistencia o telesalud representa una aplicación fundamental de las tecnologías de la información de la comunicación para optimizar los servicios de salud [14]. En esencia, permite que pacientes y profesionales de la salud se comuniquen de forma remota, facilitando el seguimiento y la consulta sobre condiciones de salud. La organización mundial de la salud define la telemedicina como la prestación de servicios de salud a distancia donde la distancia es un factor crítico utilizando las TIC para el intercambio de información válida con fines de diagnóstico, tratamiento, prevención, investigación, evaluación y educación continua, todo en pro de la salud individual y comunitaria [6].

La telemedicina es una parte integral de un concepto más amplio, la telesalud, que engloba todas las herramientas y actividades relacionadas con la salud, servicios y métodos que se llevan a cabo a distancia con la ayuda de las TIC, incluyendo también la teleeducación en salud [14].

La adopción de las tecnologías de información por parte de los proveedores de atención médica para mejorar sus servicios es una tendencia creciente a nivel mundial [13]. El uso de la telemedicina ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años [15]. La organización mundial de la salud en 2018 reconoció el valor de las tecnologías de la información para avanzar en la cobertura sanitaria universal, instando a los ministerios de salud a evaluar y priorizar el desarrollo, implementación y uso ampliado de estas tecnologías [14,6].

La pandemia de COVID-19 aceleró drásticamente el crecimiento y la demanda de los servicios telemáticos en todo el mundo [14]. Un estudio respecto a las tendencias de la demanda de la salud durante la pandemia en los 50 países más afectados por el COVID-19 reveló un interés y demanda crecientes, una tendencia que se mantuvo incluso después de los períodos iniciales de confinamiento y apertura económica [5]. Esta situación ha puesto de manifiesto la necesidad apremiante de ampliar las capacidades de telesalud.

En Estados Unidos, la telemedicina ha sido el área de la salud de más rápido crecimiento [16]. Antes de la pandemia, su uso estaba limitado a unos pocos servicios en lugares específicos y para grupos restringidos (principalmente en zonas rurales), con reembolsos que no igualaban la atención presencial, lo que desincentiva su expansión [16]. Sin embargo, con la emergencia de COVID-19, los centros de servicios de Medicare y Medicaid autorizan temporalmente la expansión de estos servicios y a equiparar los reembolsos de la atención presencial, proporcionando una alternativa segura a los pacientes vulnerables y ayudando a contener el virus [16]. La oficina de derechos civiles (OCR) incluso permitió temporalmente el uso de plataformas de comunicación de uso común para la prestación de servicios de telemedicina, aunque advirtiendo sobre la necesidad de medios de encriptación y privacidad [16].

En Chile el interés por la telemedicina no ha sido diferente al resto del mundo, con avances significativos en los últimos 14 años, aunque su desarrollo aún es incipiente y enfrenta desafíos [14]. Desde 2018 la Subsecretaría de Salud Pública en colaboración con universidades y otras entidades estatales, ha trabajado en establecimiento de lineamientos para guiar las buenas prácticas y fomentar la innovación, con el objetivo de mejorar el acceso a la salud y de desarrollar un sistema de salud más eficiente [14,17].

El Centro Nacional en Sistemas en Información en Salud (CENS), en el año 2020, elaboró una Guía de Buenas prácticas para el uso de la telemedicina que identificó 5 habilitantes claves para su correcta implementación: marco regulatorio, guías de buenas prácticas, recursos humanos, infraestructura y financiamiento [17]. En el mismo año, el MINSAL emitió

Resolución Exenta N°204 que permitió a los prestadores ofrecer atenciones de telemedicina durante la alerta sanitaria COVID-19 [18].

Posteriormente, los “Fundamentos para los Lineamientos para el Desarrollo de la Telemedicina y Telesalud en Chile”, publicados por primera vez en el año 2021, presentan recomendaciones para los proveedores que desean implementar proyectos de atención telemática a la atención presencial, pero estos poseen un carácter de recomendación y no son prescriptivos [14].

En el año 2023, la Ley N°21.541 introdujo una mayor regulación, autorizando las atenciones telemáticas para la promoción, prevención, protección, recuperación y rehabilitación con la obligación de mantener registros equiparables a los de la atención presencial [19]. Además, esta ley establece que solo se podrán usar plataformas acreditadas por el MINSAL y obliga a los prestadores a cumplir con las regulaciones vigentes y futuras [19]. A pesar de estos avances, los beneficios de la telemedicina frente a la atención presencial en Chile han sido escasamente estudiados.

La telemedicina ofrece múltiples ventajas para pacientes y proveedores de salud [14]:

- Mejora el acceso a la atención: facilita la comunicación entre pacientes y profesionales de la salud, mejorando el acceso a la atención especializada y eliminando barreras geográficas para aquellos en zonas desatendidas.
- Conveniencia y ahorro de costos: reduce los tiempos y costos de espera, viaje y transporte asociados a las consultas presenciales. Se ha demostrado su eficacia en la reducción de gastos en servicios de salud, por ejemplo, mediante la teledermatología [20].
- Optimización de la atención: permite a los proveedores de salud atender a un mayor número de pacientes y obtener información clave sobre el entorno del paciente (condiciones de vivienda, salubridad, alimentación), lo que facilita una atención más personalizada y centrada en el paciente. También puede ayudar a evitar visitas costosas a salas de emergencia, especialmente para condiciones no urgentes [15].
- Reducción de riesgos: disminuye el riesgo de contraer infecciones asociadas a la atención médica (IAAS), un beneficio particularmente apreciado durante la pandemia de COVID-19 [16].
- Fomento de la participación del paciente: los pacientes pueden sentirse más cómodos y tender a proporcionar más información en interacciones virtuales que en persona. Además, facilita la observación de los pacientes en su entorno natural (hogar, con familiares y cuidadores), lo que proporciona información adicional valiosa.

- Flexibilidad del sistema de salud: la telemedicina puede extender el alcance de ciertos servicios, complementar la cartera de servicios existentes o incluso reemplazar atenciones presenciales en escenarios donde los beneficios superan los riesgos o cuando la demanda excede la capacidad de los servicios de salud [14].

A pesar de sus múltiples beneficios, la implementación y adopción de los servicios de la medicina pueden verse obstaculizados por factores externos e internos [14]. Los factores externos están relacionados a la tecnología necesaria para la implementación de estos sistemas y a los aspectos organizacionales (marco regulatorio, recursos asociados, funcionamiento del sistema de salud) para su correcta aplicación.

Barreras tecnológicas:

- Calidad de conexión a internet: la lentitud de la velocidad de internet, la mala calidad de audio y video, problemas de acceso a internet y la escasa cobertura de señal inalámbrica son impedimentos significativos [13]. La infraestructura de TIC existente en varios países en desarrollo puede quedarse atrás respecto a la creciente demanda de telesalud.
- Dispositivos y software: la usabilidad de los dispositivos y la necesidad de acceso a electricidad son desafíos constantes [6]. Las plataformas actuales pueden carecer de interfaces adecuadas para personas con discapacidad visual, auditiva o cognitiva, lo que limita su acceso [16].

Aspectos organizacionales y sistémicos:

- Políticas y regulación: las complejidades y la falta de un marco legal claro y uniforme pueden ser barreras [6, 13, 16]. Los problemas relacionados con el reembolso de los servicios y las normativas políticas y legales pueden dificultar la adopción generalizada de la telemedicina [13, 16].
- Seguridad y privacidad de la información: aunque se buscan altos estándares de seguridad, la información viaja más allá del entorno físico controlado, aumentando el riesgo de ataques cibernéticos y la necesidad de proteger la confidencialidad y privacidad de los datos [13, 16, 14]. La falta de un marco legal robusto comparable a la HIPAA puede ser una preocupación, y las plataformas utilizadas durante la pandemia no siempre garantizan una protección adecuada de los datos del paciente [16].
- Fragmentación de la información: la integración de sistemas de información entre diferentes prestadores es un desafío, pudiendo generar “silos de información” que dificultan la coordinación y continuidad de la atención [14].

- Evaluación clínica y recursos locales: las limitaciones para realizar exámenes físicos completos a distancia y el desconocimiento de los recursos y el contexto local del paciente por parte del centro consultor pueden llevar a decisiones no óptimas [14].
- Costo de las herramientas: la implementación de sistemas de telemedicina puede ser costosa [13].

Por otra parte, las barreras internas están relacionadas con el comportamiento y la motivación de los usuarios a usar estas plataformas [13].

- Preferencia personal: algunos pacientes prefieren la consulta presencial y muestran resistencia a la modalidad en línea [13].
- Dificultades en la comunicación: la dificultad para expresar emociones y la ausencia de lenguaje corporal en interacciones virtuales pueden afectar la calidad de la comunicación entre paciente y profesional [13]. Un estudio en Massachusetts en 2020 encontró que, aunque se resolvieran los problemas de ciberseguridad, los proveedores consideraban que no se podía brindar una atención adecuada sólo con telemedicina para discusiones complejas o apoyo emocional, como en oncología [21].
- Falta de capacitación y conocimiento tecnológico: la carencia de formación y conocimientos sobre el uso de la tecnología, tanto para pacientes como para clínicos, es una barrera importante [16]. Esto incluye la necesidad de capacitación en habilidades de comunicación para la interacción telemática [14].
- Analfabetismo digital: el analfabetismo digital, o la falta de habilidades para utilizar tecnologías digitales, especialmente en poblaciones de mayor edad y de bajos recursos, exacerba la inequidad en el acceso a la salud.
- Preocupaciones sobre seguridad y privacidad: persiste una percepción negativa en los pacientes respecto a la seguridad y privacidad de su información en las plataformas [13].
- Cuestiones de responsabilidad profesional: en algunos contextos, como en Estados Unidos, la necesidad de licencias profesionales para ejercer en cada estado y las limitaciones impuestas por la distancia física pueden aumentar el riesgo de responsabilidad médica profesional por errores de diagnóstico, falta de seguimiento o prescripciones erróneas [16]. Esto requiere un consentimiento informado específico y la verificación de la cobertura de seguros. Aunque en Chile no se requiere una licencia especial para ejercer la telemedicina, la responsabilidad médica se rige por el derecho común, aplicando los mismos estándares que en la

atención presencial, pero con la necesidad de considerar los deberes específicos de las atenciones remotas [19].

En resumen, si bien la telemedicina ofrece un potencial inmenso para transformar la prestación de servicios de salud, su éxito pleno depende de la capacidad de superar estas barreras tecnológicas, organizacionales y relacionadas con el usuario, asegurando un marco de calidad, seguridad y equidad.

2.3 Modelo de Atención de Pacientes Oncológicos

Respecto al flujo de atención a pacientes con cáncer, el Ministerio de Salud considera 17 problemas de salud relacionados al cáncer que son beneficiarios de las Garantías Explícitas de Salud [22,23,24]. En este sentido, se han desarrollado Guías de Práctica Clínica para cada una de ellas, que entrega recomendaciones a los servicios de salud a la hora de ejecutar las prestaciones relacionadas a esta enfermedad.

Las recomendaciones del MINSAL se basan en la evidencia clínica disponible y mediante el método “Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evaluation” (GRADE) [25, 26]. Este sistema permite clasificar el nivel de la evidencia para determinar el grado o fuerza de recomendación de una determinada actividad clínica, mediante la formulación y respuesta de preguntas clínicas acerca de los resultados de determinadas intervenciones. Adicionalmente, este sistema permite determinar la certeza de la evidencia, es decir, el grado de confianza que se tiene de que los estimadores del efecto son apropiados para apoyar una recomendación. En el siguiente esquema se muestran los grados de recomendación del sistema GRADE:

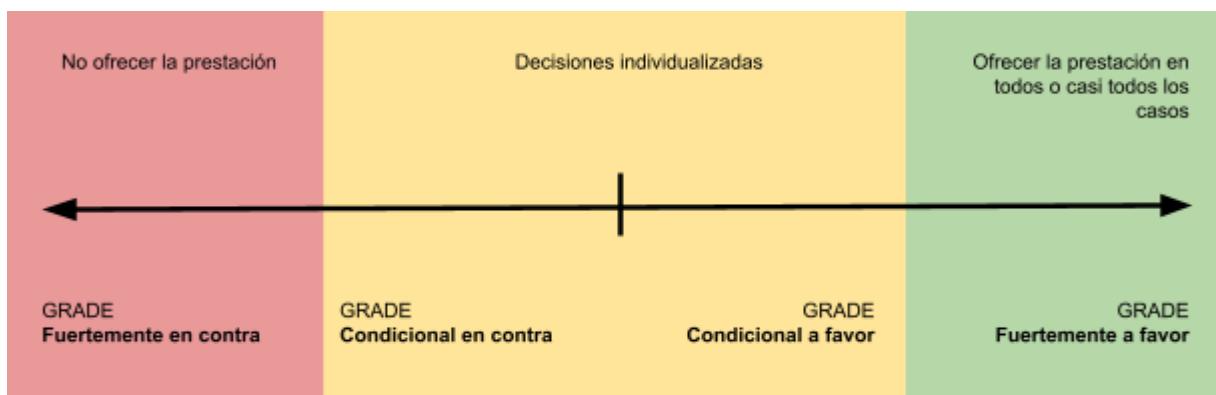


Figura 1: Método GRADE, clasificación del nivel de la evidencia disponible en la literatura para determinar el grado de recomendación de una actividad clínica. Este método permite identificar que tan viable es realizar una determinada actividad clínica dependiendo de las investigaciones publicadas. La escala va desde “Fuerte en

contra” que indica que la evidencia sugiere que la intervención no es recomendable, hasta “Fuerte a favor” que sugiere ofrecer la intervención en la mayoría de los casos. Modificado de [26].

A modo general, las Guías de Práctica Clínica del MINSAL consideran 4 etapas principales y definen un tiempo máximo de espera para cada una de ellas [7]. Estas etapas son: tamizaje, diagnóstico, tratamiento y seguimiento.

El tiempo entre cada etapa es variable y depende de cada guía clínica. Así mismo, cada protocolo indica las distintas prestaciones que son posibles de entregar a cada paciente, por lo que el avance en la enfermedad, y con ello en el modelo de atención es diverso y depende de la evolución de cada paciente. Por esto mismo, podemos encontrar una gran cantidad de variantes dentro del modelo de atención. Cabe mencionar, que las guías clínicas del MINSAL, en sus últimas actualizaciones no presentan un modelo de atención determinado ni un algoritmo de decisión, incluso algunas no están actualizadas por lo que conocer el flujo clínico del paciente es difícil de determinar. Por el contrario, las guías entregan recomendaciones de intervención clínica para cada problema de salud, con base en la experiencia publicada en la literatura [22,23].

Así mismo, el MINSAL en sus documentos, especifica los beneficios y prestaciones financiadas por el Estado para cada problema de salud. Sin embargo no sugiere un camino determinado para la atención del paciente. En la Tabla 1 se resumen los beneficios con garantía estatal para los 17 problemas de salud de oncología:

Tabla 1: Beneficios incluidos en las Garantías Explícitas de Salud para las 17 patologías oncológicas.

Tipo de Cáncer	Medicamentos	Insumos	Implementos y ayudas técnicas	Cirugía	Exámenes
Ca. Cervicouterino	✓	✓	✗	✓	✓
Cuidados Paliativos Ca. avanzado	✓	✓	✗	✗	✓
Ca. mama	✓	✓	✓	✓	✓
Ca. menores de 15 años	✓	✓	✗	✓	✓
Ca. testículo	✓	✓	✗	✓	✓
Linfomas	✓	✓	✗	✓	✓
Ca. Gástrico	✓	✓	✗	✓	✓

Ca. Próstata	✓	✓	✗	✓	✓
Leucemia	✓	✓	✗	✗	✓
Ca. Colorectal	✓	✓	✗	✓	✓
Ca. Ovarioepitelial	✓	✓	✗	✓	✓
Ca. Vesical	✓	✓	✗	✓	✓
Osteosarcoma	✓	✓	✗	✓	✓
Ca. Pulmón	✓	✓	✗	✓	✓
Ca. Tiroides	✓	✓	✗	✓	✓
Ca. Renal	✓	✓	✗	✓	✓
Mieloma Múltiple	✓	✓	✗	✓	✓

Cómo se mencionó anteriormente, existe una amplia variabilidad en los tiempos de espera para cada una de las prestaciones. Cabe recordar, que estos son los tiempos máximos recomendados por el MINSAL, sin perjuicio de que esta espera sea más o menos prolongada para algunos usuarios.

Por otro lado, una misma prestación posee tiempos de espera diferentes en distintas patologías. A modo de ejemplo, la Radioterapia posee una espera máxima de 10 días en pacientes menores a 15 años [34], pero posee una espera de 45 días para cáncer de testículo [30].

Del mismo modo, el seguimiento de los pacientes posterior al tratamiento es variable, podemos observar que algunos usuarios poseen un seguimiento temprano con una espera de solo 7 días una vez finalizado el tratamiento (Leucemia) [34] y usuarios con una espera de 90 días (Cáncer de mama) [26]. Estas diferencias de tiempos son importantes de considerar al realizar análisis del proceso de atención de pacientes con distintos diagnósticos.

1.3.1 Aspectos Clínicos del Flujo de Atención de Pacientes:

Tamizaje: El tamizaje corresponde al proceso en el cual se busca identificar enfermedades previo al inicio de los síntomas, y corresponde a una de las herramientas más importantes a la hora de combatir el cáncer [6]. Ante esto, el MINSAL ofrece una serie de métodos diagnósticos recomendados. Estas sugerencias se basan en la evidencia científica disponible.

Dentro de las guías clínicas el Cáncer Cérvico Uterino [27] y el Cáncer de Mama [26] son los únicos que poseen un programa de tamizaje. Para el Cáncer Cervico Uterino, el Ministerio recomienda realizar una prueba de Papanicolaou o PAP cada tres años a mujeres entre 25 y 65 años. Para aquellos casos con PAP positivo se realiza una colposcopia, si esta es positiva o se tiene una alta sospecha de cáncer se realiza análisis histopatológico, de caso contrario se repite el PAP de 6 a 12 meses.

En el caso del Cáncer de mama, el tamizaje consiste en realizar una mamografía al año a mujeres entre 50 y 69 años. Adicionalmente, recomienda estudios mamográficos a mujeres entre 40 y 49 años ante indicios de sospecha. Para la confirmación diagnóstica, el Ministerio recomienda un análisis histopatológico mediante biopsia percutánea. Los distintos métodos para llevar a cabo este procedimiento dependerán de la presentación clínica y/o imagenológica de la enfermedad.

Diagnóstico: Para la evaluación inicial del cáncer, el MINSAL recomienda distintos métodos diagnósticos dependiendo de la enfermedad. Estos métodos incluyen análisis histopatológicos mediante biopsia de el o los órganos afectados para determinar el tipo y etapa en la que se encuentre la neoplasia. Adicionalmente, se recomiendan distintos métodos de imágenes que permiten describir la morfología de la lesión y su diseminación en el organismo. Estos métodos de imágenes incluyen estudios de Tomografía Computada con y sin contraste, Resonancia Magnética y Tomografía Computada por Emisión de Positrones (PET-CT).

Tratamiento: El Plan Nacional del Cáncer 2018-2028 pone un especial énfasis en el tratamiento de los pacientes. En primer lugar, propone un Modelo de Atención Integral para garantizar un tratamiento adecuado y oportuno. Este modelo pone al paciente en el centro de la toma de decisiones, de esta forma se consideran sus necesidades y expectativas y las de su familia, establece una relación de corresponsabilidad entre el equipo de salud y el paciente respecto a su cuidado y busca asegurar una atención integral, oportuna, de alta calidad y resolutiva en toda la red de prestadores de servicios de salud.

En segundo lugar, reconoce la importancia de las decisiones terapéuticas en el tratamiento, incluyendo la adecuación del esfuerzo terapéutico y el respeto por la calidad de vida de los pacientes. En este sentido propone un trabajo multidisciplinario de los diversos profesionales de la salud con el objetivo de mantener un cuidado integral del usuario en todas sus dimensiones. Adicionalmente, destaca la relevancia de los cuidados paliativos como parte esencial del tratamiento en etapas avanzadas, priorizando la calidad de vida y el bienestar de los pacientes en etapa terminal.

La modalidad de tratamiento a efectuar depende de la patología, de la etapa en la que se encuentre y de la opinión del paciente y sus familiares considerando el Modelo de Atención Integral [7]. Las guías del MINSAL recomiendan diversos tratamientos que se pueden adecuar a la situación de cada paciente. Estos tratamientos pueden ser:

Cirugía: extirpación manual del cáncer o tumor del cuerpo, el cirujano extrae la lesión mediante un procedimiento invasivo. Este procedimiento también sirve para diagnosticar y evaluar el avance de la enfermedad.

Tratamientos sistémicos: consiste en administrar sustancias, fármacos y/o elementos biológicos al organismo con el fin de eliminar las células cancerosas [44], potenciar la respuesta inmune del paciente frente al cáncer [45] o eliminar los factores hormonales que potencian su crecimiento [46]. Los tratamientos sistémicos incluyen la quimioterapia, la inmunoterapia y la terapia hormonal.

Radioterapia: se utiliza radiación ionizante en altas dosis para destruir las células cancerosas y reducir el tamaño de tumores. La radiación daña irreparablemente el ADN de las células lo que permite reducir su multiplicación [47]. Al ser dirigida a las lesiones cancerosas permite reducir el tamaño de las lesiones y disminuir su proliferación.

El MINSAL aclara que la lucha contra el cáncer debe ser multifactorial [7], por lo que es posible realizar una combinación de estos tratamientos. En concreto, hablamos de terapia neoadyuvante cuando se realiza antes de la cirugía o radioterapia, con el fin de reducir el tamaño de la lesión, y de terapia adyuvante cuando se realiza posterior a la cirugía o radioterapia con el fin de destruir las células que pudieran haber quedado posterior al tratamiento inicial.

Seguimiento: Posterior al tratamiento, el MINSAL recomienda un seguimiento de los pacientes para identificar posibles recurrencias tempranas o complicaciones. Así mismo, recomienda que este seguimiento sea guiado por un médico oncólogo, enfermera u otro profesional de la salud especializado en oncología [7].

Con el fin de mantener el cuidado integral del paciente, este seguimiento debe considerar aspectos físicos, psicológicos, emocionales y sociales [7]. De este modo, el desarrollo de guías clínicas y protocolos para seguimiento de pacientes es necesaria para una correcta monitorización de la enfermedad.

2.4 Minería de Procesos en Salud

1.4.1 Minería de Procesos

La minería de procesos es una disciplina de la ciencia de datos que se enfoca en el análisis de procesos de negocio y flujos de trabajo utilizando los datos registrados durante su ejecución [8, 9, 10, 48]. Su objetivo principal es convertir los datos de eventos en acciones significativas para la mejora de procesos [10]. A diferencia de otros métodos de gestión de procesos de

negocios (BPM) que se basa en modelos ideales o en la inteligencia de negocios (BI) que se centra en paneles y reportería de las acciones ejecutadas, la minería de procesos permite obtener una comprensión integral de los procesos basados en hechos en lugar de supuestos [10, 48].

La minería de procesos permite realizar diversas tareas y casos de uso. En un principio, esta se enfocó en el descubrimiento de procesos, lo cual, permitió generar modelos de procesos que representan fielmente el curso de las actividades realizadas [10] y analizar el rendimiento de los flujos de trabajo [49]. Adicionalmente, la verificación de conformidad permite comparar el comportamiento observado en los datos con modelos de procesos diseñados con anterioridad, de este modo, es posible encontrar desviaciones en el proceso e infracciones a las reglas o políticas definidas para ellos [10, 48]. Otra tarea clave de la minería de procesos es la optimización y mejora de procesos, de este modo, los modelos se pueden enriquecer con la información obtenida de los eventos [10, 48]. La Figura 2 muestra el lugar en que estas tareas principales de la minería de procesos se llevan a cabo.

Recientemente, el alcance de la minería se ha expandido al estudio de casos de uso de monitoreo predictivo y prescriptivo, donde se utilizan datos históricos y trazas parciales para predecir el comportamiento futuro de un proceso, identificar cuellos de botella, anticipar problemas y recomendar acciones o intervenciones para solucionarlos [48, 50]. Finalmente, la minería de procesos también nos permite evaluar el rendimiento de un proceso, al permitir medir los tiempos transcurridos entre las actividades y ciclos [10].

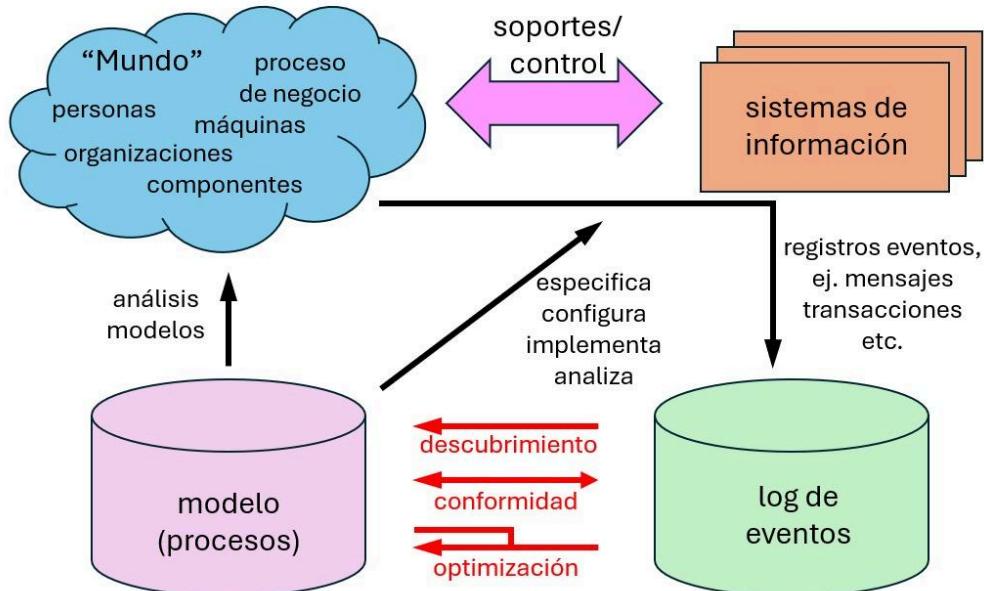


Figura 2: Esquema del funcionamiento de la minería de procesos, en rojo se destacan las tres tareas de la minería de procesos: descubrimiento, verificación de conformidad y optimización. Modificado de [10].

Según las palabras de Wil van der Aalst, en su libro “*Process Mining: Data Science in Action*”, la minería de procesos actúa como un puente entre el análisis tradicional de procesos basado en modelos y las técnicas de análisis de datos, como el aprendizaje automático y la minería de datos [10]. Para realizar esto, se generan registros de eventos (*event log* o *log* de eventos) que recopila las actividades generadas en un proceso y estos son utilizados como el insumo base para realizar la minería. La Figura 3 muestra un *log* de eventos a modo de ejemplo de un proceso de respuesta a los requerimientos en una determinada empresa. Los *log* de eventos poseen una serie de atributos estándar que son necesarios para realizar el modelo. Estos son un identificador único de cada caso, el nombre de los eventos y el tiempo en que estos fueron ejecutados. Adicionalmente se pueden agregar atributos adicionales como los recursos asociados a las actividades, actividades adicionales y cualquier otra información que sea útil para interpretar el modelo generado [10,48].

	Case ID	Activity	End Time	Resource	Event ID	Costs
1	1	register request	2010/12/30 07:02:00.000	Pete	35654423	50
2	1	examine thoroughly	2010/12/31 06:06:00.000	Sue	35654424	400
3	1	check ticket	2011/01/05 11:12:00.000	Mike	35654425	100
4	1	decide	2011/01/06 07:18:00.000	Sara	35654426	200
5	1	reject request	2011/01/07 10:24:00.000	Pete	35654427	200
6	2	register request	2010/12/30 07:32:00.000	Mike	35654483	50
7	2	check ticket	2010/12/30 08:12:00.000	Mike	35654485	100
8	2	examine casually	2010/12/30 10:16:00.000	Sean	35654487	400
9	2	decide	2011/01/05 07:22:00.000	Sara	35654488	200
10	2	pay compensation	2011/01/08 08:05:00.000	Ellen	35654489	200
11	3	register request	2010/12/30 10:32:00.000	Pete	35654521	50
12	3	examine casually	2010/12/30 11:06:00.000	Mike	35654522	400
13	3	check ticket	2010/12/30 12:34:00.000	Ellen	35654524	100
14	3	decide	2011/01/06 05:18:00.000	Sara	35654525	200
15	3	reinitiate request	2011/01/06 08:18:00.000	Sara	35654526	200
16	3	examine thoroughly	2011/01/06 09:06:00.000	Sean	35654527	400
17	3	check ticket	2011/01/08 07:43:00.000	Pete	35654530	100
18	3	decide	2011/01/09 05:55:00.000	Sara	35654531	200

Figura 3: Registro de eventos (*log* de eventos) para un ejemplo de proceso de respuesta a requerimientos de una empresa. En este ejemplo se pueden apreciar los distintos atributos necesarios para la minería de procesos. Los atributos estándar incluyen el identificador de caso (*Case ID*), el nombre de la actividad (*Activity*) y el tiempo o *time-stamp* de la ejecución de la actividad (*End Time*). Adicionalmente se observan otros atributos como los recursos asociados (en este caso el nombre de quien realizó la actividad), el identificador del evento y los costos asociados. Elaboración propia con datos extraídos de [10].

1.4.2 Minería de Procesos Aplicada a la Salud

La transformación digital del sector salud ha generado una gran cantidad de datos que se pueden aprovechar para mejorar la calidad, la eficiencia y la equidad de los servicios clínicos. En este contexto, la minería de procesos surge como una herramienta clave para descubrir, monitorizar y optimizar procesos reales basados en registro digitales de las atenciones en salud [8,9].

En el sector sanitario, la minería de procesos permite reconstruir las rutas de atención de los pacientes —incluyendo consultas, derivaciones, tratamientos y seguimiento— utilizando para ello los registros de historias clínicas electrónicas, laboratorios y agendas digitales [8,9,10]. Sin embargo, requiere de diversos métodos y técnicas específicas dada la alta variabilidad de procesos sanitarios [9]. Pese a ello, el análisis de secuencias de eventos permite identificar la variabilidad operativa y evaluar la adherencia a los protocolos clínicos [8]. La Figura 3 muestra cómo se posiciona la minería de procesos en el área de la salud.

En este ambiente, el universo de trabajo se encuentra en los servicios de salud y los actores son el personal de salud, los pacientes, el personal administrativo y los familiares o acompañantes del paciente. Los sistemas de registro clínico electrónico como HIS, LIS, RIS, incluso sistemas de registro administrativo y cualquier otro, que almacene información de la atención de los pacientes, son útiles para construir registros de eventos (*log de eventos*) del proceso de atención. De este modo la minería de procesos es posible de aplicar en el área de la salud.

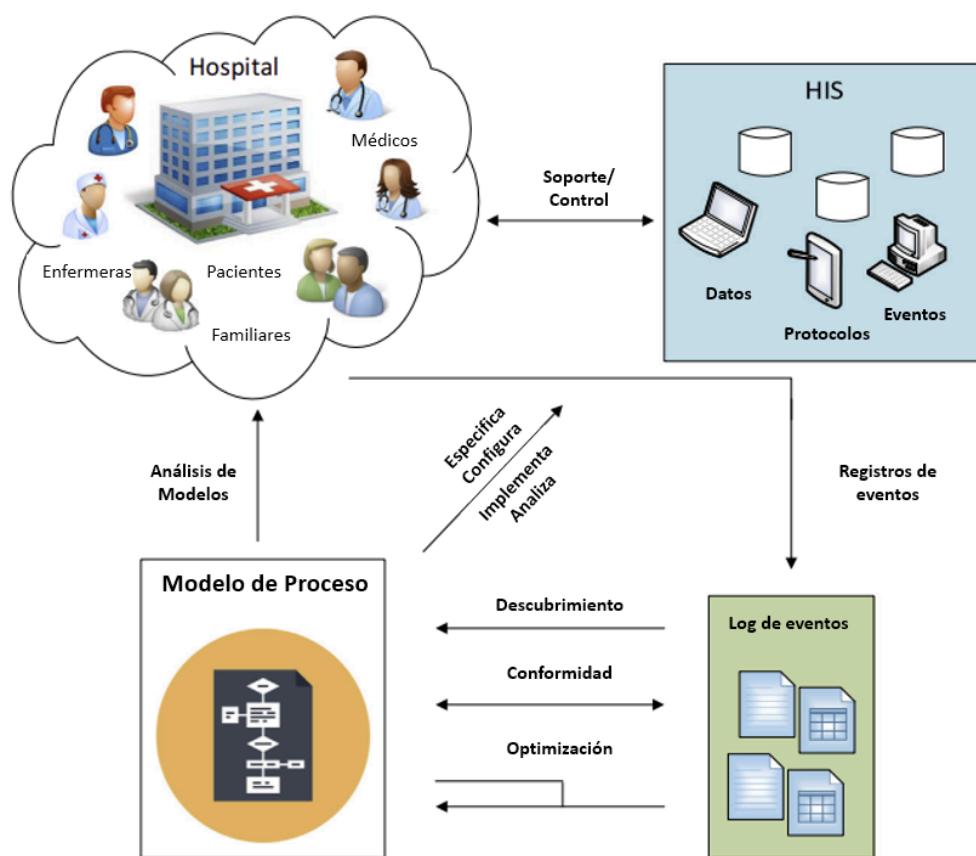


Figura 3: Minería de procesos en el área de la salud. Los sistemas de información y registros clínicos electrónicos permiten generar registros de eventos útiles para realizar minería de procesos. Modificado de [8].

En el contexto de la telemedicina, el registro digital sistemático de interacciones permite medir el tiempo transcurrido entre la solicitud y la atención, el número de consultas requeridas para

cumplir los objetivos terapéuticos y la identificación de ineficiencias en el sistema. En países como Chile, donde la telemedicina aún enfrenta desafíos de cobertura y estandarización, la minería de procesos puede proporcionar evidencia sólida para orientar la toma de decisiones y la asignación de recursos [51,52].

Adicionalmente, la minería de procesos permite monitorear la continuidad y la calidad de la atención en el seguimiento de enfermedades crónicas y cuidados postoperatorios, lo que permite detectar interrupciones en el proceso o trayectorias asociadas a resultados adversos y generar alertas tempranas basadas en patrones reales [8,53].

Pese a la prometedora capacidad de aprovechar esta información, su uso fuera del contexto de la investigación aún no se ha generalizado y pocos estudios han demostrado casos de uso en el análisis de la trayectoria del paciente [9, 54]. Los principales desafíos para su implementación más amplia incluyen la dificultad para acceder, extraer y preprocesar los datos de eventos relevantes, especialmente cuando estos se encuentran en múltiples sistemas de información, o estos están almacenados en sistemas no orientados a procesos o no estructurados [9,48].

Sin embargo, aún existen limitaciones significativas, como dependencia de datos de alta calidad [53,54], la alta variabilidad clínica lo que dificulta la generalización de los modelos [55], o la falta de interoperabilidad e integración de los sistemas de información clínica y administrativa [9,56]. Por otro lado, la mayoría de los enfoques se orientan en un solo proceso y no consideran las redes de procesos o los subprocesos implicados en la atención de pacientes.

3. Materiales y métodos

3.1 Diseño del estudio

Se realizó un estudio observacional analítico basado en el registro de eventos clínicos de pacientes oncológicos atendidos por telemedicina en la Red de Salud UC CHRISTUS entre el 1 de junio de 2020 y el 1 de junio de 2023.

El estudio contempló tres etapas metodológicas integradas, una para cada uno de los objetivos específicos:

1. Caracterización sociodemográfica y del uso de la telemedicina (OE1).
2. Construcción de un *log* de eventos clínico y descubrimiento de trayectorias mediante minería de procesos (OE2).
3. Verificación de conformidad y análisis de desempeño respecto a un modelo de referencia basado en guías de práctica clínica y validación con expertos (OE3).

3.2 Fuente de datos

Se utilizaron dos repositorios institucionales:

1. Repositorio estadístico de telemedicina almacenado en Tableau (para OE1): utilizado por la administración de la Red para gestión interna. Incluye datos agregados de:
 - Número de pacientes y de consultas.
 - Sexo y edad de pacientes.
 - Lugar de residencia.
 - Especialidades médicas.
 - Fechas de atención.
2. Sistemas de Información Clínica (para OE2 y OE3): posee información clínica de los pacientes incluyendo datos de atención, profesionales que ejecutaron las atenciones, diagnósticos, procedimientos, entre otros. Es administrado por la Subgerencia de Sistemas Clínicos.

Por normativas institucionales, el acceso directo a la información clínica de pacientes y el acceso completo a todo el universo de los mismos estaba restringido, por lo que los datos utilizados en el OE2 y el OE3 corresponde a una cohorte depurada y validada por Subgerencia de Sistemas para este proyecto.

3.3 Población y cohorte

3.3.1 Población

La población corresponde a todos los pacientes con diagnóstico oncológico, atendidos por telemedicina en las especialidades de Oncología Adulto y Oncología Pediátrica entre el 1 de junio de 2020 y el 1 de junio de 2023 en la Red. Esta fue la población utilizada para la caracterización del OE1.

De esta población se solicitó a Subgerencia de Sistemas extraer información clínica de pacientes adultos mayores a 65 años, provenientes de la Región Metropolitana de Santiago para los análisis posteriores (OE2 y OE3).

3.3.2 Cohorte

Para los OE2 y OE2 la Subgerencia de Sistemas extrajo información clínica de pacientes de manera aleatoria e independiente del investigador. Se utilizó una muestra reducida en función de la capacidad de la Subgerencia de procesar la información.

Subgerencia de sistemas entregó datos de 190 pacientes con las características descritas anteriormente. Sin embargo, luego del proceso de control de calidad la muestra se redujo a 182. Esta cohorte fue la utilizada para el estudio de las trayectorias. Los datos incluyen registro de atenciones médicas y no médicas con fechas, especialidad y lugar de la atención.

3.4 Control de calidad y procesamiento de los datos.

3.4.1 Control de Calidad

Dado que la minería de procesos requiere datos limpios, estructurados y sin ambigüedades se aplicaron los siguientes pasos:

1. Verificación de conjunto mínimo de datos: se corroboró que todas las filas incluyeran datos de identificador de paciente, actividad y marca de tiempo (timestamp).
2. Verificación de diagnósticos: se comprobó que todos los pacientes corresponden poseen patología oncológica. Pese a que este campo no estaba completo para todas las atenciones, cada paciente sí poseía un diagnóstico oncológico en al menos 1 de sus atenciones.
3. Normalización de las actividades: las actividades originales no reflejaban de manera correcta la acción ejecutada en la atención, por lo que fueron reprocesadas utilizando la actividad original, la especialidad de quien la registró y el centro en el que se realizó la

- atención. Esta validación se hizo junto a una enfermera de oncología y luego fue validada por médicos oncólogos.
4. Eliminación de datos incompletos: 14 registros fueron eliminados al no poseer la información necesaria para su reprocesamiento.

3.4.2 Procesamiento y construcción de *log* de eventos

El *log* de eventos se construyó con los datos procesados. Se organizaron y renombraron las columnas de tal manera que el identificador, la actividad y la marca de tiempo ocuparon los primeros puestos. El resto de las columnas fueron categorizadas como “recursos”.

Adicionalmente, se realizó un mapeo del *event log* con las actividades registradas en las Guías de Práctica clínica, esto con el objetivo de unificar la terminología al momento de realizar la verificación con conformidad.

3.5 Caracterización de pacientes

Se realizó un análisis exploratorio de la información almacenada en el repositorio estadístico de telemedicina de los pacientes de la Red UC CHRISTUS. Se analizó el sexo, edad, comuna y lugar de residencia, especialidades atendidas, número de pacientes y número de consultas. En primer lugar, se filtró la información para las especialidades de Oncología Adulto y Oncología Pediátrica.

Los datos fueron almacenados en un planilla Excel elaborada para el análisis. La información se organizó de modo de tener el número de pacientes para cada una de las características mencionadas tanto para hombres como mujeres. De este modo se determinó el número de pacientes y número de consultas por especialidad, número de pacientes masculinos, números de consultas masculinas, número de pacientes femeninos, número de consultas femeninas, promedio de edad por especialidad, número de pacientes por edad, número de pacientes por región, número de consultas por región.

Se analizó la variación en el número de pacientes y consultas en tres períodos de tiempo: desde el 1 de junio de 2020 al 31 de mayo de 2021, desde el 1 de junio de 2021 al 31 de mayo de 2022, y desde el 1 de junio de 2022 al 1 de junio de 2023, tanto para pacientes adultos como pediátricos. Finalmente, se realizó un test de proporciones del pacientes versus consultas para determinar el uso de la telemedicina en las distintas poblaciones.

Finalmente se determinó un perfil de pacientes adultos y un perfil de pacientes pediátricos. El perfil adulto se seleccionó para la extracción de datos clínicos con el que se realizaron las siguientes etapas del análisis.

3.6 Descubrimiento de trayectorias

Para este objetivo se utilizaron los datos desde los Sistemas de Información en Salud de UC CHRISTUS extraídos por la Subgerencia de Sistemas de la institución. Los datos corresponden a atenciones de pacientes adultos de la Región Metropolitana con patología oncológica de cualquier tipo, que hayan tenido atenciones de telemedicina, entre el 1 de junio de 2020 al 1 de junio de 2023.

El *log* de eventos generado fue analizado en la plataforma Fluxicon Disco [57], la cual genera modelos de procesos a partir de registros de eventos. Se generaron modelos de procesos de las trayectorias de los pacientes con distintas granularidades: 100% de las actividades y las trayectorias más frecuentes, 75% de las actividades más frecuentes y las trayectorias más frecuentes y 50% de las actividades más frecuentes y 10% de las trayectorias más frecuentes. La disminución de la granularidad permite un mejor entendimiento de la trayectoria.

Adicionalmente, de Disco, se extrajeron métricas relativas al tiempo promedio de las trayectorias y número de eventos de cada variante del proceso. Por otro lado, el número total de actividades y de transiciones posibles entre actividades fueron utilizados para medir la densidad del grafo y obtener una mejor caracterización de la complejidad del modelo. La densidad del grafo se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad} = \frac{E}{N \times (N-1)}$$

Donde N son los nodos del grafo (actividades del proceso descubierto) y E las aristas (transición entre actividades).

3.7 Verificación de conformidad y desempeño del proceso

Para la verificación de conformidad se utilizó el log de eventos generado previamente y un modelo de referencia del proceso de atención. Para el análisis de desempeño, se generaron modelos de proceso de las trayectorias de pacientes con cáncer de mama y cáncer de colon en función del tiempo.

3.7.1 Modelo de referencia

Se generó un modelo de referencia del proceso de atención de pacientes oncológicos a partir de las Guías de Práctica Clínica del Ministerio de Salud [23, 26-43] para patologías

oncológicas. De las guías, se extrajeron las actividades más importantes que el Ministerio señala deben existir durante la atención de los pacientes y durante el transcurso del tratamiento. Se analizaron 17 guías.

Posteriormente, se diseñó un proceso en formato BPMN que incluye dichas actividades, se seleccionaron las actividades que estuvieran presentes en todas las patologías y los tratamientos que fueran patología específica fueron indicadas simplemente como tratamientos. La fase de tratamiento no fue detallada por la diversidad de procesos y esquemas para cada una de los diagnósticos.

El modelo fue presentado a 3 médicos oncólogos de la Red de Salud UC CHRISTUS quienes dieron sus apreciaciones al diagrama. Sus comentarios fueron utilizados para perfeccionar el modelo. Se realizaron 3 iteraciones hasta que los médicos consideraron que el modelo sí representa lo que se espera de la atención de los pacientes en la red.

3.7.1 Ejecución de verificación de conformidad

La verificación de conformidad se realizó mediante el software Celonis [58] y su algoritmo de *token replay*. Con este algoritmo, se analizó si los pasos de cada una de las distintas trayectorias está reflejada dentro del modelo de referencia.

Las trayectorias reflejadas en la referencia se suman al conteo general de Conformidad. Aquellas que no están presentes en el modelo no son contabilizadas. Finalmente, Celonis calcula el porcentaje de casos conformes (o casos que cumplen con el modelo de referencia).

Para aquellos casos que no son conformes, se detecta la actividad o la secuencia de actividades que no están presentes en la referencia. Estas actividades son contabilizadas como infracciones. Las infracciones fueron discutidas con los médicos oncólogos de la institución para encontrar las posibles causas. Aquellas infracciones que fueron consideradas como variaciones normales del flujo clínico fueron eliminadas del conteo general de infracciones y adicionadas al conteo de conformidad. Aquellas infracciones que se consideró son reales desviaciones del proceso se mantuvieron en el conteo de infracciones.

Se realizó una verificación de conformidad general, para todo el set de pacientes y todas las patologías oncológicas presentes, y una verificación específica para los diagnósticos más frecuentes dentro del set de datos, los cuales fueron Cáncer de Colon y Cáncer de Mama.

3.7.2 Análisis de desempeño

Para este análisis se utilizaron 2 modelos de procesos construidos con Celonis [58] para Cáncer de Colon y Cáncer de Mama a partir del *log* de eventos generado en el OE2. En esta

oportunidad se utilizó el tiempo entre las actividades y no la frecuencia de las mismas para la construcción del modelo.

Por otro lado, se extrajo de la normativa de Garantías Explícitas de Salud para cada patología Oncológica los tiempos máximos de espera para el Cáncer de Colon y el Cáncer de Mama en sus distintas etapas.

Finalmente, los tiempos del proceso fueron contrastados uno a uno con los tiempos máximos de espera. Se identificaron las secuencias de eventos con tiempos dentro de los rangos determinados por el Ministerio y aquellas con tiempos superiores a lo establecido.

4. Resultados

4.1 Caracterización de los pacientes oncológicos que reciben atención por telemedicina (OE1)

4.1.1 Descripción de la población

Entre el 1 de junio de 2020 y el 1 de junio de 2023, la Red de Salud UC CHRISTUS atendió a 4502 pacientes oncológicos, en las especialidades de Oncología Adulto y Oncología Pediátrica. Se acumularon un total de 17209 atenciones. La Figura 4 muestra la distribución de la población en sexo y grupo etario:

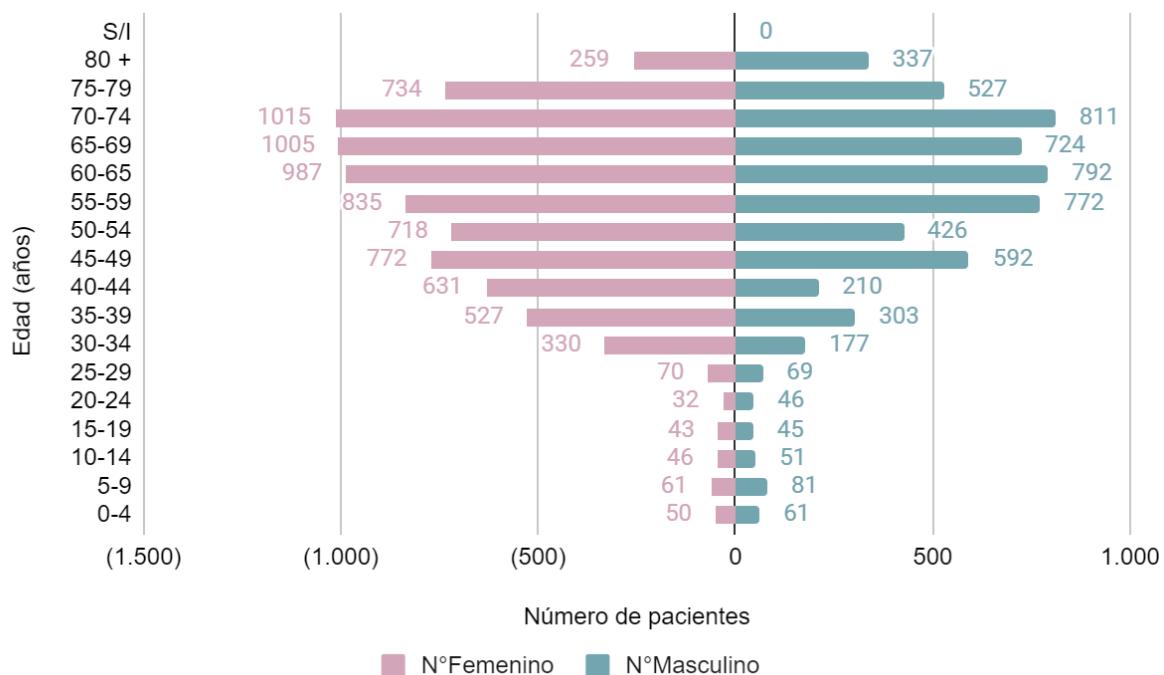


Figura 4: Distribución de los pacientes oncológicos atendidos por telemedicina por sexo y edad de la Red UC-CHRISTUS entre el 01-06-2020 y el 01-06-2023. Se observa un mayor volumen de pacientes en las edades sobre los 50 años y una baja influencia de adultos jóvenes, jóvenes y adolescentes.

La caracterización sociodemográfica evidenció:

- Predominio de pacientes adultos entre los 60-74 años de edad.
- Una mayor concentración en la Región Metropolitana (93%).
- Mayor proporción de mujeres (49,51%) respecto a los hombres (31,94%). Sin embargo existe pérdida de información relativa al sexo de aproximadamente 18%, lo cual limita algunas comparaciones.

4.1.2 Variación temporal y uso de la telemedicina

El análisis temporal en tres períodos de tiempo reflejó una disminución sostenida de pacientes y consultas año tras años para los pacientes adultos (Figuras 5). Sin embargo, se observó una tendencia distinta en el caso de los pediátricos en la que hubo una disminución de pacientes y consultas en el segundo periodo, pero una nueva alza de ambos parámetros en el tercero (Figura 6):

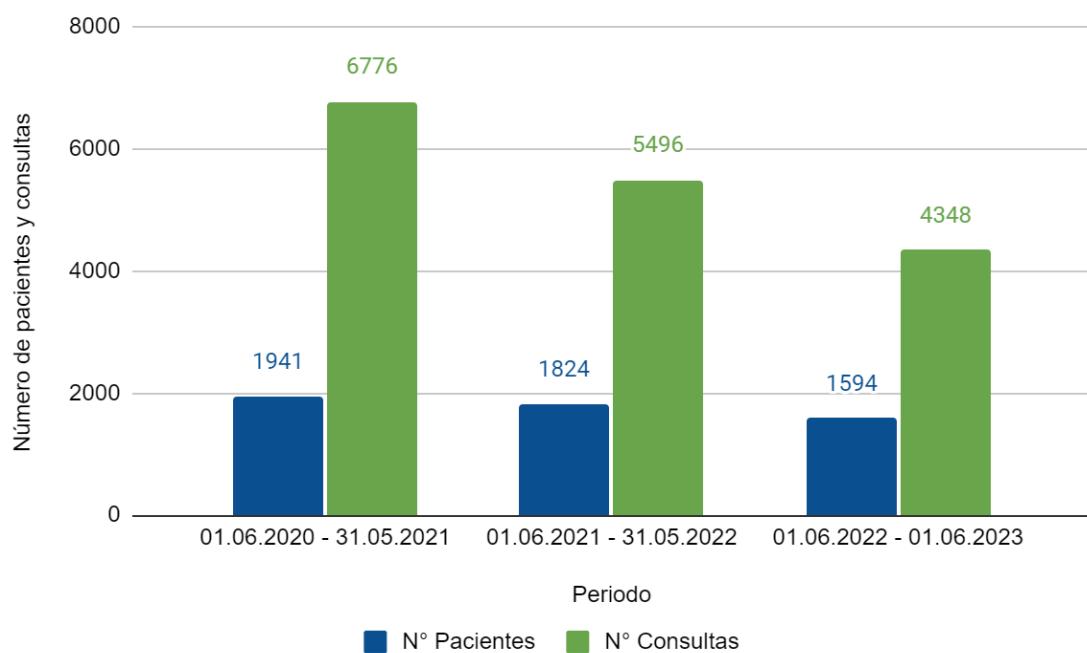


Figura 5: Variación en el número de pacientes adultos y sus consultas en 3 períodos de 12 meses, entre 2020 y 2023. Se observa una disminución del número de pacientes y sus consultas periodo tras periodo.

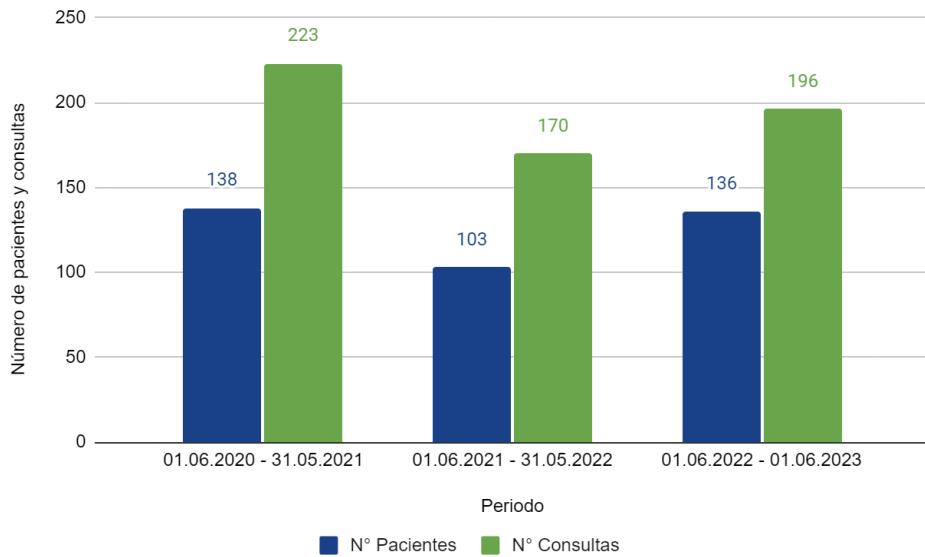


Figura 6: Variación de número de pacientes pediátricos y consultas, en 3 períodos de 12 meses, entre 2020 y 2023. El comportamiento de los pacientes pediátricos muestra una disminución de pacientes y consultas en el segundo período, pero un alza para el tercer período.

En la Figura 7 se observa como la variación de pacientes y consultas para pacientes adultos diferenciado por sexo. En la Figura 8 se observa el mismo análisis para pacientes pediátricos. En ambos casos se observa nuevamente la tendencia a la baja tanto del número de pacientes como de consultas:

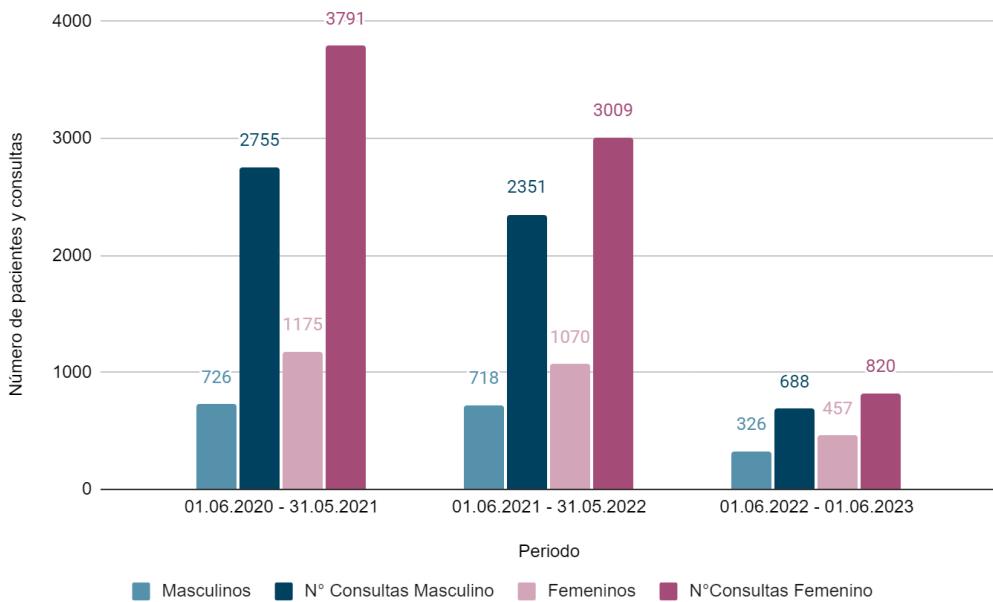


Figura 7: Variación de número de pacientes adultos y consultas por sexo, en 3 períodos de 12 meses, entre 2020 y 2023. Se observa una disminución paulatina de pacientes y consultas a lo largo del tiempo tanto para hombres como mujeres.

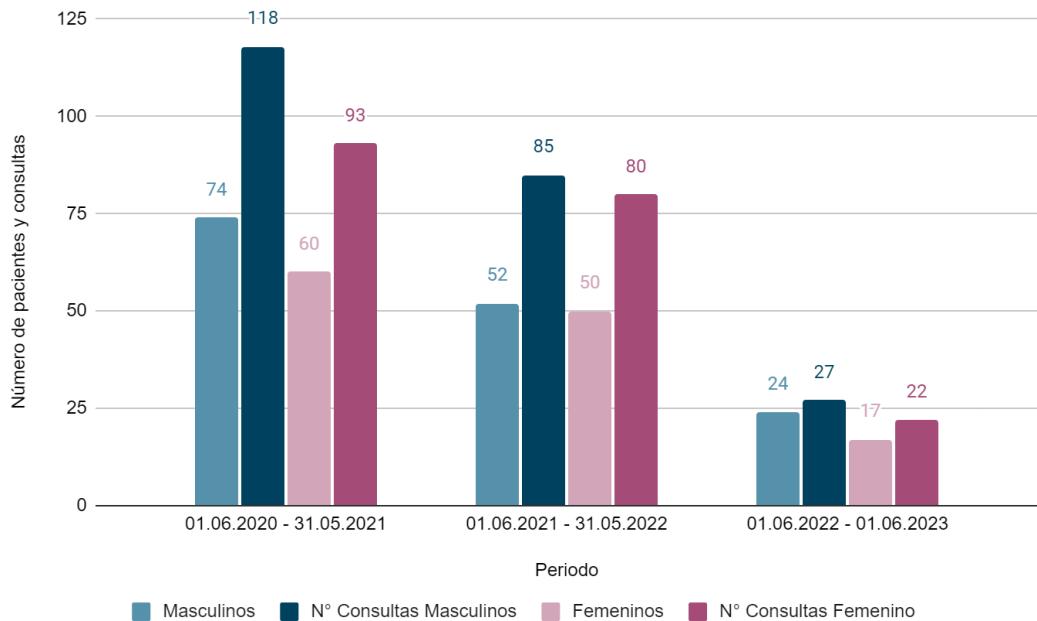


Figura 8: Variación de número de pacientes pediátricos y consultas por sexo, en 3 períodos de 12 meses, entre 2020 y 2023 para hombres y mujeres. Se observa una disminución paulatina de pacientes y consultas para ambos sexos a lo largo del tiempo.

4.1.3 Proporción de Consultas por Paciente

Con el objetivo de estandarizar la caracterización del estudio se realizó un test de proporciones de consultas en función de los distintos tipos de pacientes. De este modo se puede identificar tendencias en el uso de la telemedicina en esta población y evaluar si existen diferencias estadísticamente significativas en la distribución de los pacientes.

La Figura 9 muestra el resultado graficado del test de proporciones. De estos resultados se puede observar que existen diferencias significativas entre hombres y mujeres adultos y en sus consultas en los tres períodos evaluados. Por otro lado, en el caso de los pediátricos, donde solo en las consultas de 2020 a 2021 se observaron diferencias significativas. Esto sugiere que existe una mayor equitatividad de los pacientes pediátricos en los períodos entre 2021 y 2022 y entre 2022 y 2023.

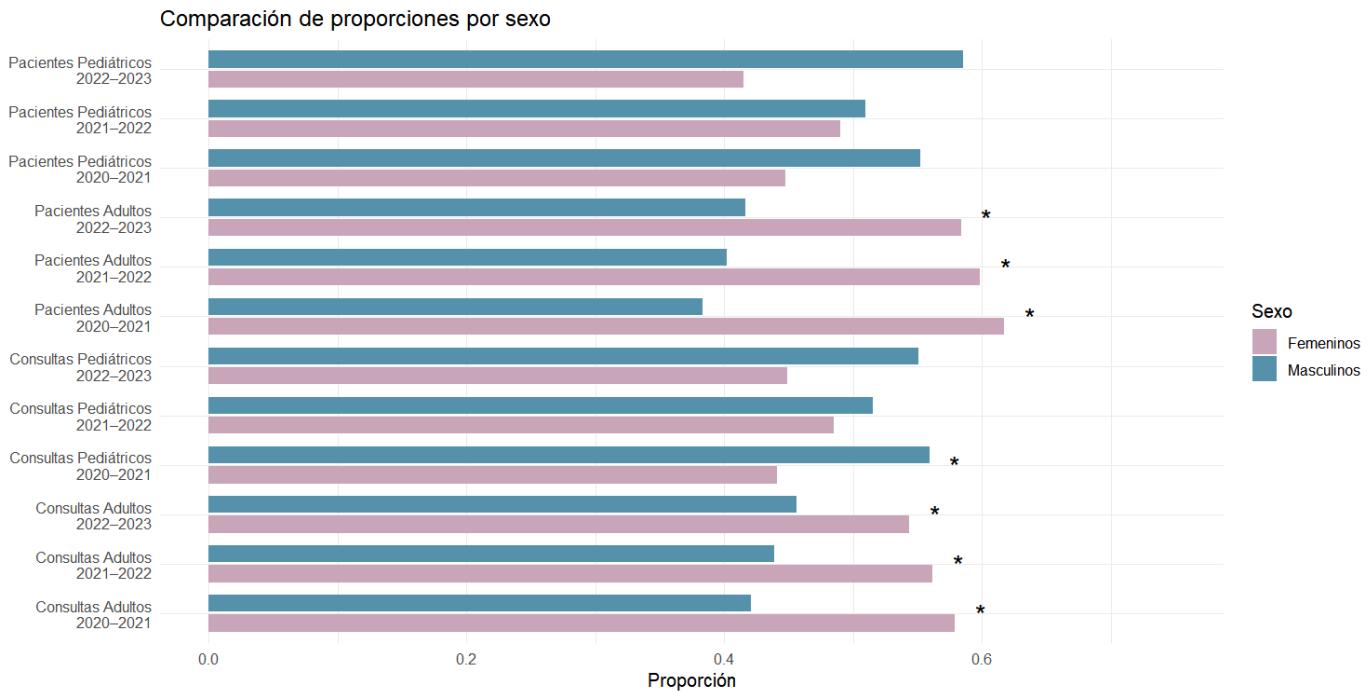


Figura 9: Test de proporciones entre número de pacientes y consultas para pacientes adultos y pediátricos, para ambos sexos. Se aprecian diferencias significativas en: Consultas Adultos 2020-2021, Consultas Adultos 2021-2022, Consultas Adultos 2022-2023, Pacientes Adultos 2020-2021, Pacientes Adultos 2021-2022, Pacientes Adultos 2022-2023 y Consultas Pediátricas 2020-2021. * p valor < 0.05.

Estos resultados permitieron elaborar perfiles de los pacientes tanto para adultos como pediátricos. En el caso de los adultos el paciente promedio es una mujer sobre los 60 años de edad de la Región Metropolitana. Para los pediátricos, donde la distribución es más equitativa, el paciente más probable puede ser un niño o una niña de 5 a 9 años de la Región Metropolitana. Cabe señalar que sobre el 90% de los pacientes declaran ser de la Región Metropolitana.

De estos perfiles, se seleccionó a los pacientes adultos para los análisis posteriores. Se solicitó a la Subgerencia de Sistemas extraer información clínica de pacientes oncológicos sobre los 60 años de edad, de la Región Metropolitana, que posean atenciones por telemedicina entre el 1 de junio de 2020 al 1 de junio de 2023.

4.2 Descubrimiento de Trayectorias mediante Minería de Procesos (OE2)

4.2.1 Cohorte analizada y construcción del log de eventos

La cohorte inicial otorgada por Subgerencia de Sistemas de la Red incluyó 190 pacientes y 8311 atenciones. En la información se encontraron 19 actividades diferentes. Posterior al control de calidad y a la normalización de las actividades junto a los expertos clínicos se encontraron 85 actividades clínicas reales y los casos se redujeron a 182. Finalmente el *log* de eventos posee las características resumidas en la Tabla 2:

Tabla 2: Características del *log* de eventos

Característica	Valor
Número de eventos	8297
Número de casos	182
Número de trazas	173
Número de actividades distintas	85
Inicio del log de eventos	01-06-2020 16:38:00
Término del log de eventos	31-05-2023 19:23:00
Promedio de duración	17,6 meses

La Tabla 3 muestra los primero 5 eventos del *log*, los nombres de los profesionales y las fechas fueron eliminadas en este ejemplo para resguardar la información.

Tabla 3: *Log* de eventos

Case ID	Actividad	Time-stamp	Resource: Subsistema	Resource: Medico	Resource: Especialidad	Resource: COD_CIE_10	Resource: DES_CIE_10	Resource: Centro
141	Consulta TLMD Oncología	mm-dd-yy hh:mm	FCE2	NOMBRE MEDICO	ONCOLOGIA ADULTO	C189	TUMOR MALIGNO DEL COLON, PARTE NO ESPECIFICADA	TELEMEDICINA
136	Consulta Oncología	mm-dd-yy hh:mm	FCE2	NOMBRE MEDICO	ONCOLOGIA ADULTO	C49	TUMOR MALIGNO DE OTROS TEJIDOS CONJUNTIVOS Y DE TEJIDOS BLANDOS	CENTRO DEL CANCER
76	Consulta TLMD Oncología	mm-dd-yy hh:mm	FCE2	NOMBRE MEDICO	ONCOLOGIA ADULTO	C50	TUMOR MALIGNO DE LA MAMA	TELEMEDICINA

96	Consulta Oncología	mm-dd-yy hh:mm	FCE2	NOMBRE MEDICO	ONCOLOGIA ADULTO			CENTRO DEL CANCER
146	Consulta TLMD Oncología	mm-dd-yy hh:mm	FCE2	NOMBRE MEDICO	ONCOLOGIA ADULTO	C50	TUMOR MALIGNO DE LA MAMA	TELEMEDICINA

4.2.2 Variabilidad de trayectorias

Se elaboraron 3 modelos de procesos con distinta granularidad para mejorar su interpretación. Los recuadros representan las actividades y las flechas representan el flujo entre las actividades. El color indica la frecuencia, mientras más oscuro el color mayor frecuencia de la actividad. Del mismo modo, el grosor de las flechas indica mayor frecuencia. De los modelos se puede observar lo siguiente :

- Modelo al 100% de las actividades y trayectorias: la Figura 10 muestra un modelo altamente complejo con múltiples entradas y salidas. Este modelo es conocido como modelo de espagueti por su alta complejidad visual y difícil interpretación.
- Modelo al 75% de las actividades más frecuentes y las trayectorias más frecuentes: la Figura 11 muestra un modelo más simple en el que se redujeron los nodos y enlaces menos frecuentes, lo que mejora la visualización de patrones principales como por ejemplo la ruta Consulta Oncología > Comité Oncológico > Tratamiento Sistémico > Consulta Radioterapia > Comité de Radioterapia > Consulta TLMD Oncológica (telemedicina).
- Modelo al 50% de actividades más frecuentes y el 10% de las trayectorias más frecuentes: la Figura 12 muestra con mejor claridad las vías asistenciales dominantes y las principales vías de ingreso (desde el triángulo verde a superior) y de salida del flujo (cuadrado rojo a inferior).

Este modelo muestra que las principales vías de ingreso son la Consulta de oncología (47 pacientes), Consulta de oncología por telemedicina (24 pacientes), Consulta de cirugía oncológica (16 pacientes) e incluso por atenciones de urgencia (16 pacientes). Por otro lado, el proceso se acaba luego de 2 actividades principales: la consulta de oncología por telemedicina (24 pacientes) y la administración de Tratamientos Sistémicos (3 pacientes). Adicionalmente, se observó como la presencia de las consultas por telemedicina de cualquier especialidad se intercalan a las consultas de manera presencial.

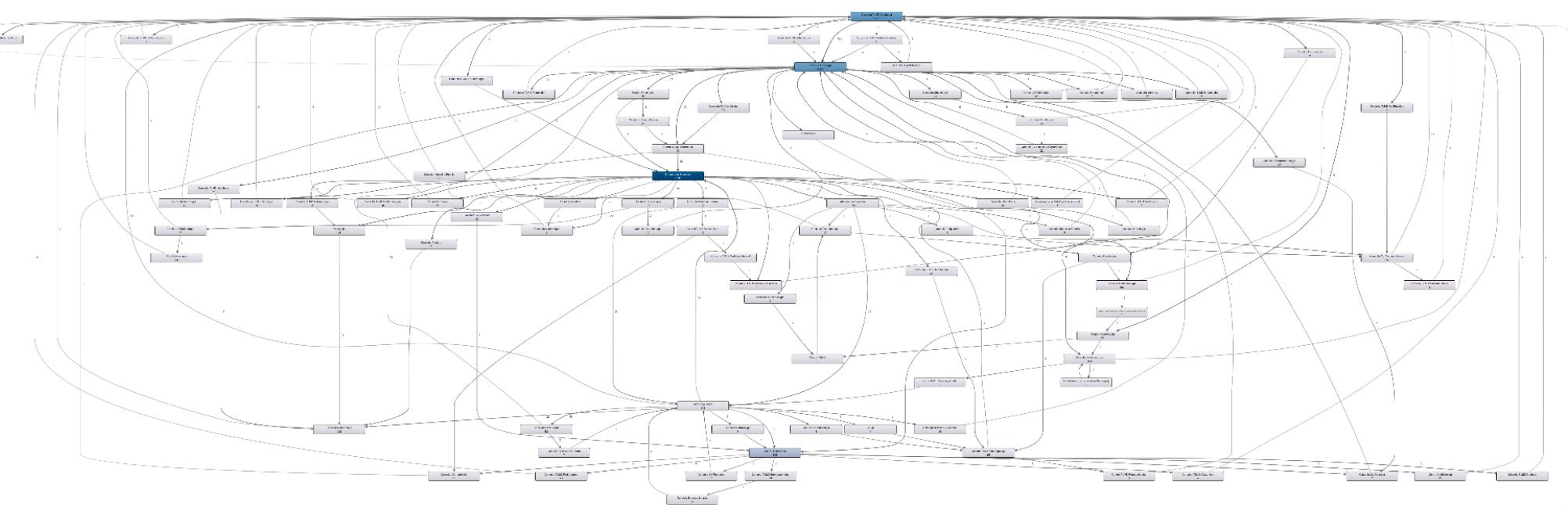


Figura 10: Modelo de procesos de la trayectoria de los pacientes oncológicos atendidos por telemedicina en la Red de Salud UC CHRISTUS entre el 1 de junio de 2020 y el 1 de junio de 2023, obtenido mediante minería de procesos. En este modelo se diagraman el 100% de las actividades y las trayectorias. Realizado con software Disco [57]. Para ver el modelo con mejor resolución haga [clic aquí](#).

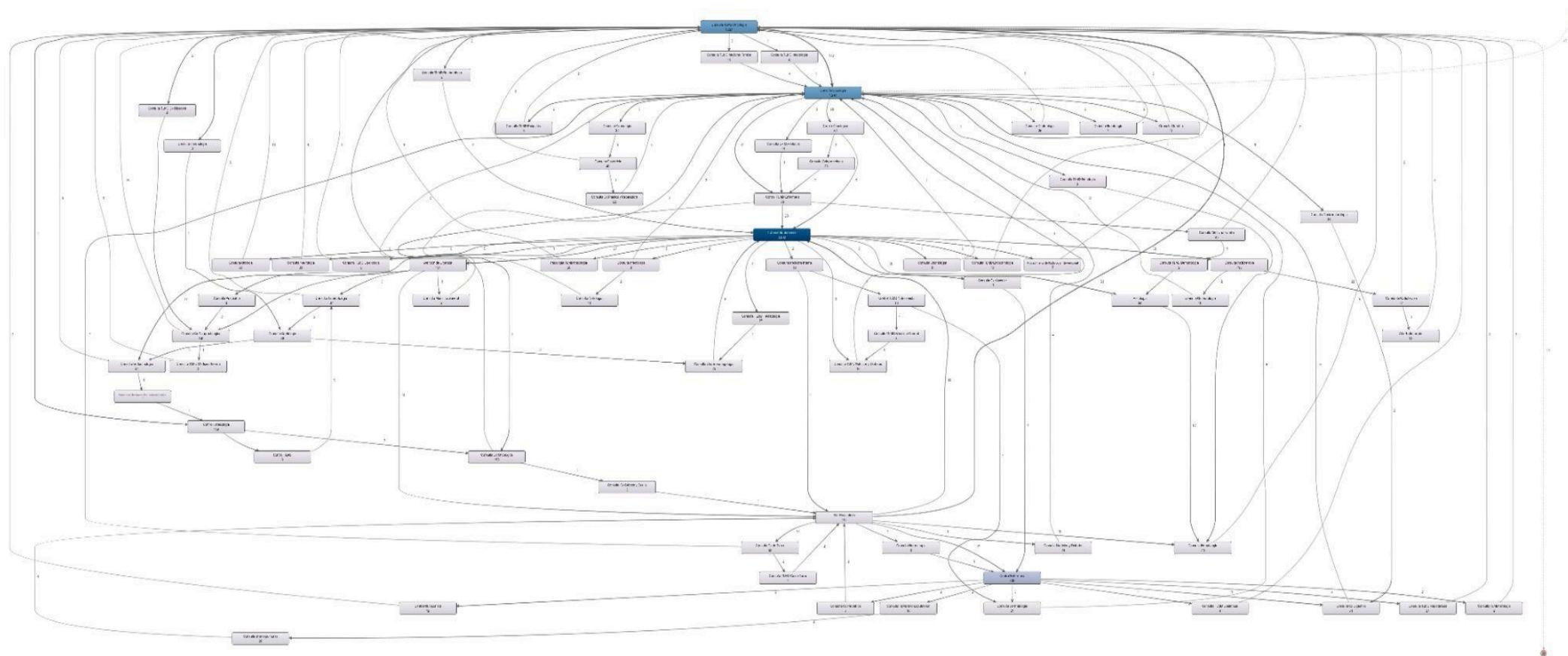


Figura 11: Modelo de procesos de la trayectoria de los pacientes oncológicos atendidos por telemedicina en la Red de Salud UC CHRISTUS entre el 1 de junio de 2020 y el 1 de junio de 2023, obtenido mediante minería de procesos. En este modelo se diagraman el 75% de las actividades y las trayectorias más frecuentes. Realizado con software Disco [57]. Para ver el modelo con mejor resolución haga [clic aquí](#).

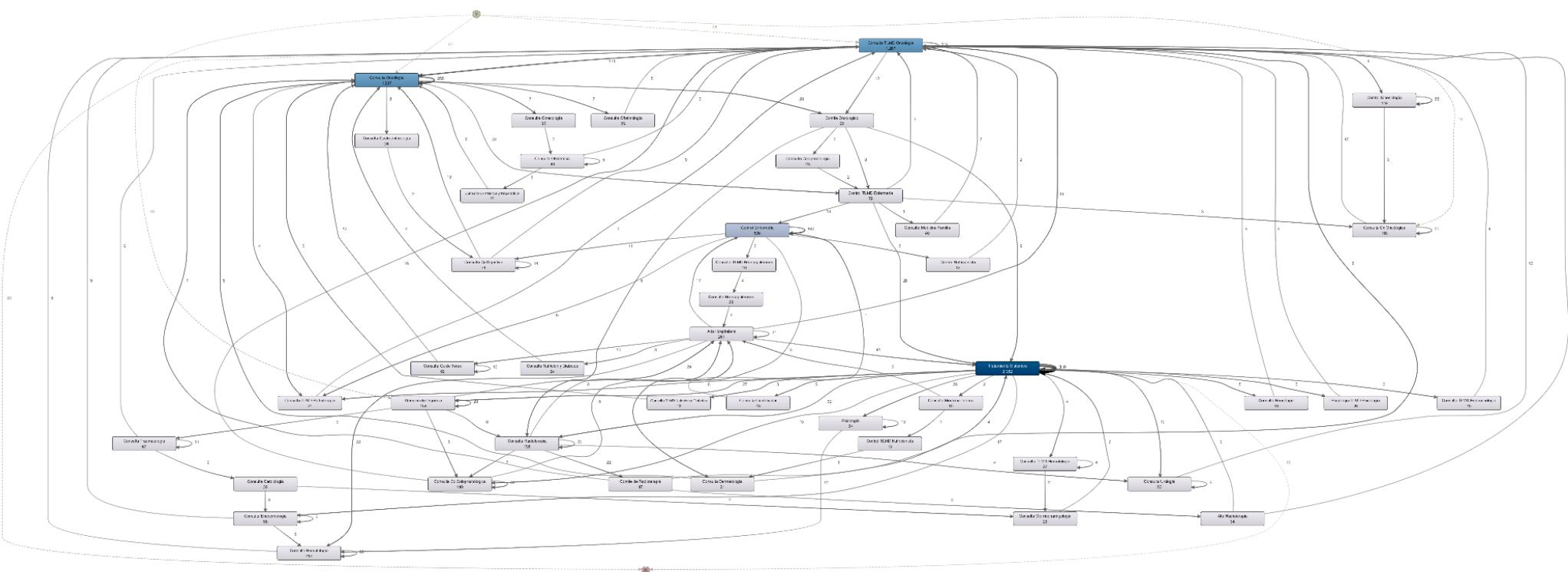


Figura 12: Modelo de procesos de la trayectoria de los pacientes oncológicos atendidos por telemedicina en la Red de Salud UC CHRISTUS entre el 1 de junio de 2020 y el 1 de junio de 2023, obtenido mediante minería de procesos. En este modelo se diagraman el 50% de las actividades y el 10% de las trayectorias más frecuentes, el cual permite analizar mejor las entradas y salidas del proceso de atención entre las variantes. Realizado con software Disco [57]. Para ver el modelo con mejor resolución haga [clic aquí](#).

4.2.3 Variantes del proceso

El análisis en Disco mostró distintos aspectos de la variabilidad y complejidad del proceso:

- Se encontraron 173 variantes únicas de las trayectorias.
- La longitud media de las trayectorias fue de 45,6 eventos por paciente, con una desviación estándar de 42,6 eventos.
- La densidad del grafo (DFG) fue de 0,13 lo que demuestra una red de procesos dispersa y con múltiples trayectorias alternativas.

La Tabla 4 muestra las primeras 10 variantes del proceso. Se observa que la variante más común posee 8 casos (4,4% del total de los casos) y un solo evento que corresponde a “Consulta TLMD Oncología”. Por otro lado, la mayoría de las variantes posee un solo caso (0,55% del total cada una), pero distinta cantidad de actividades, encontrándose trayectorias variantes muy largas y otras muy cortas.

Tabla 4: Primeras 10 variantes del proceso.

Variante	Casos	Eventos	Duración mediana	Duración promedio
Variante 1	8	1	0 milisegundos	0 milisegundos
Variante 2	3	2	99 días, 22 horas	1 año, 33 días
Variante 3	1	175	2 años, 364 días	2 años, 364 días
Variante 4	1	44	2 años, 363 días	2 años, 363 días
Variante 5	1	54	2 años, 356 días	2 años, 356 días
Variante 6	1	129	2 años, 362 días	2 años, 362 días
Variante 7	1	72	2 años, 355 días	2 años, 355 días
Variante 8	1	113	2 años, 349 días	2 años, 349 días
Variante 9	1	185	2 años, 354 días	2 años, 354 días
Variante 10	1	61	2 años, 348 días	2 años, 348 días

4.3 Verificación de conformidad y análisis de desempeño (OE3)

4.3.1 Modelo de referencia del proceso de atención de pacientes oncológicos

Se utilizó un modelo estándar de la atención de los pacientes oncológicos construido a partir de:

- Guías de Práctica Clínica del Ministerio de Salud para patologías oncológicas.

- Análisis del flujo asistencial en la Red de Salud UC CHRISTUS con enfermeras de oncología.
- Validación con expertos clínicos en oncología.

Este modelo contempla actividades relacionadas a exámenes de diagnóstico y seguimiento, consultas médicas y de otros profesionales de la salud, Comité Oncológico, entre otras. El Anexo 1 muestra el modelo (Figura A1) y su documentación.

4.3.2 Resultados de conformidad global

El análisis con Celonis permitió identificar actividades presentes en el log de eventos que no estaban contempladas en el Modelo de referencia (infracciones), tales como atenciones de urgencia (42% de las infracciones), consultas de medicina familiar (14%), secuencias de tratamientos seguidas de alta hospitalaria (13%), altas hospitalarias como actividad de inicio (11%), el total de infracciones encontradas fue de 36.

De los 182 casos, solo 69 siguen una trayectoria como está definida en el modelo de referencia (38% de los casos). La Tabla 5 resume el resultado de la conformidad global:

Tabla 5: Resultados de conformidad global.

Característica	Valor
Número de casos totales	182
Número de casos conformes	69
Porcentaje de casos conformes	38%
Número de casos no conformes	113
Porcentaje de casos no conformes	62%
Número de infracciones	36

4.3.3 Conformidad para Cáncer de Colon y Cáncer de Mama

El análisis permitió identificar secuencias incompletas respecto a lo indicado en las guías de práctica clínica. Adicionalmente se identificó una falta de información respecto a exámenes y terapias. Pese a esto, la conformidad por patología mostró mejores resultados que la conformidad global, obteniendo una conformidad del 89% de los casos para Cáncer de Colon y del 94% para Cáncer de Mama. La Tabla 6 resume los resultados del análisis diferenciado por patología:

Tabla 6: Resultados de conformidad para Cáncer de Colon y Cáncer de Mama.

Característica	Cáncer de Colon	Cáncer de Mama
Número de casos totales	38	31
Número de casos conformes	34	29
Porcentaje de casos conformes	89%	94%
Número de casos no conformes	4	2
Porcentaje de casos no conformes	11%	6%
Número de infracciones	1	2

Respecto a las infracciones, en el Cáncer de Colon corresponde a una consulta de cirugía vascular, la que fue atribuida a complicaciones de la enfermedad. En el caso del Cáncer de Mama las infracciones correspondían a casos incompletos.

4.3.4 Resultados análisis de desempeño

Se evaluaron los tiempos registrados en las trayectorias para los pacientes con Cáncer de Colon y Cáncer de Mama y se contrastaron con los tiempos máximos de espera definidos por el Ministerio de Salud para cada diagnóstico.

El desempeño no se pudo analizar en su totalidad dada la ausencia encontrada de tiempos para exámenes y tratamientos, por lo que las fases de diagnóstico, etapificación y algunos tratamientos no fueron evaluados.

Para el caso del Cáncer de Colon, la Figura 14 muestra la trayectoria de los pacientes con Cáncer de Colon en la Red, en este caso el modelo muestra el tiempo entre las actividades. La Tabla 7 indica los tiempos máximos de espera definidos para esta patología. Se logra observar que las transiciones entre la Consulta de Oncología telemática (Consulta TLMD Oncología) y

la Consulta de Cirugía (Consulta Cx Coloproctológica) exceden los tiempos máximos de 90 días en ambos sentidos, lo que corresponde a las fases de cirugía y de seguimiento.

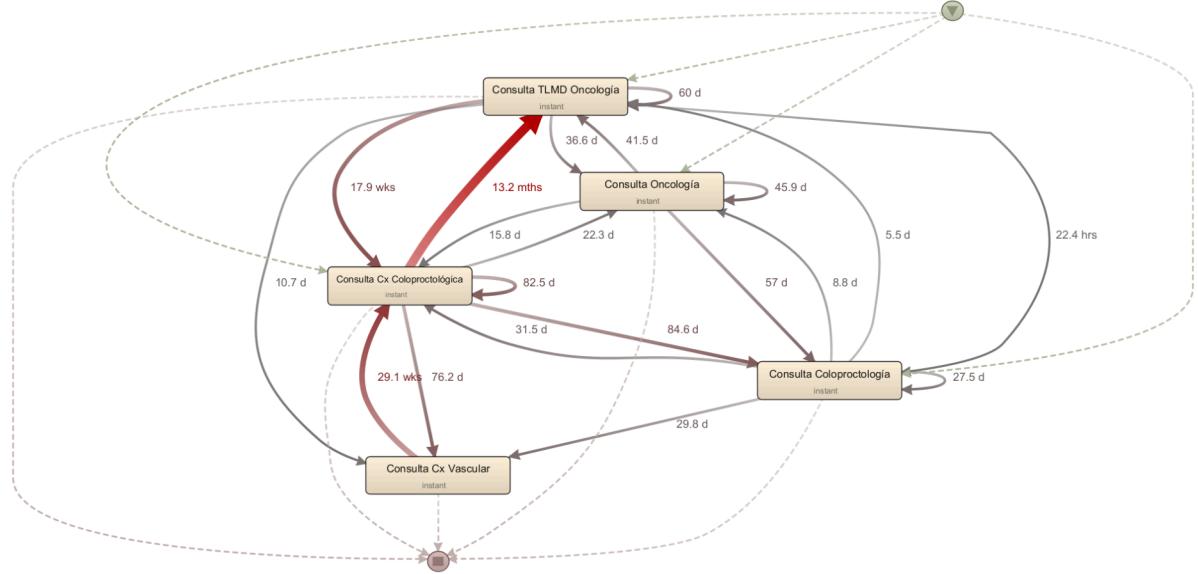


Figura 14: Trayectoria de pacientes con Cáncer de Colon, modelo en función del tiempo entre actividades. Realizado con software Disco [57].

Tabla 7: Tiempos máximos de espera para pacientes con Cáncer de Colon.

Etapa	Tiempo máximo de espera
Diagnóstico	45 días
Etapificación	45 días
Tratamiento primario y adyuvante	30 días
Cirugía (reconstrucción de tránsito intestinal)	90 días
Seguimiento	90 días

Para el caso del Cáncer de Mama, la Figura 15 muestra la trayectoria de pacientes con este diagnóstico en un modelo en función del tiempo entre actividades. La Tabla 8 muestra los tiempos máximos de espera definidos por el Ministerio para esta patología.

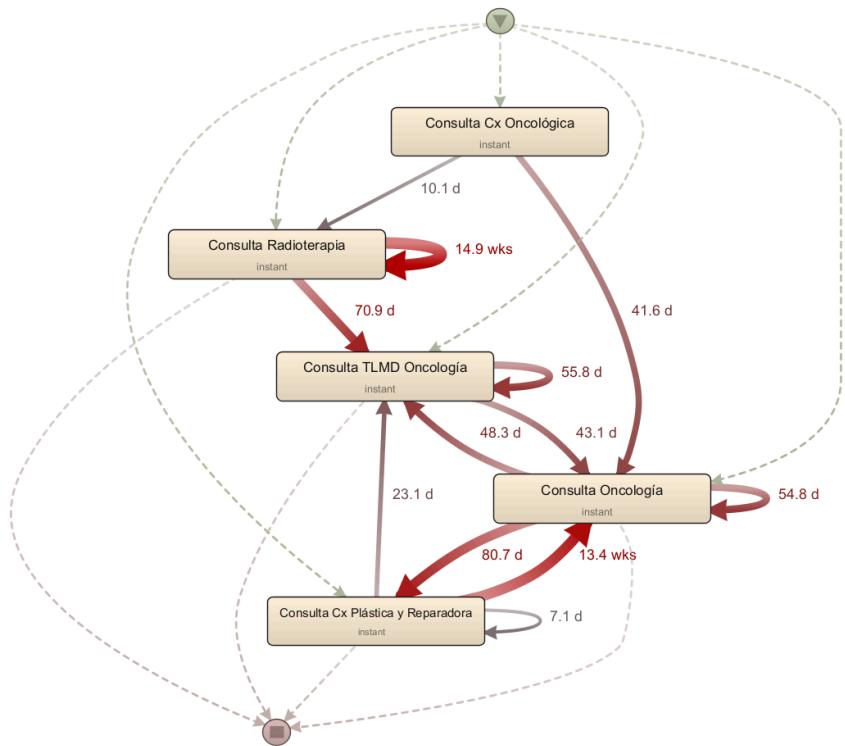


Figura 15: Trayectoria de pacientes con Cáncer de Mama, modelo en función del tiempo entre actividades. Realizado con software Disco [57].

Tabla 8: Tiempos máximos de espera para el Cáncer de Mama.

Etapa	Tiempo máximo de espera
Diagnóstico	45 días
Etapificación	45 días
Tratamiento primario	30 días
Tratamiento adyuvante (Quimioterapia, Radioterapia, Hormonoterapia)	20 días
Seguimiento	90 días

Nuevamente, las etapas de diagnóstico y etapificación no pudieron ser analizadas dada la inexistencia de datos relacionados. La etapa de tratamiento primario fue analizada midiendo el tiempo desde la actividad “Consulta Cx Oncológica” (Consulta de Cirugía Oncológica). El tratamiento adyuvante fue analizado considerando la actividad “Consulta Radioterapia”.

Se observó que los tiempos entre actividades son menores a los tiempos máximos de espera para este diagnóstico para todos los casos y todas las transiciones, incluyendo tanto atenciones presenciales como telemáticas.

5. Discusión

Los resultados fueron contrastados con la literatura disponible para encontrar en ella algunas explicaciones sobre los mismos.

Estos resultados revelan patrones clínicos y organizacionales altamente relevantes para el quehacer institucional. En primer lugar, el análisis descriptivo muestra que la mayoría de los pacientes que utilizaron telemedicina fueron adultos mayores, particularmente mujeres entre 60 y 74 años. Esta predominancia femenina ha sido previamente reportada en la literatura, donde se describe que las mujeres presentan mayor adherencia a controles, conducta preventiva más activa y una percepción de riesgo mayor que los hombres [59]. Así mismo, datos internos de UC CHRISTUS también reflejan una predominancia femenina. Sin embargo, cabe señalar que la brecha observada en la falta de información respecto al sexo en el 17,5% de los pacientes evidencia una falencia en la calidad de datos importante a la hora de generar conclusiones clínicas.

Por otro lado, la progresiva disminución de consultas y pacientes a lo largo del periodo analizado podría deberse a un efecto post pandemia, donde los servicios presenciales retomaron su capacidad, pero también podría reflejar una falta de institucionalización de la telemedicina como modalidad permanente en oncología. Investigaciones han postulado que aún existe resistencia de algunos profesionales de la salud para continuar con las atenciones telemáticas [60]. Del mismo modo se ha documentado que ciertos pacientes siguen teniendo una percepción de disminución de la calidad de la atención en telemedicina, lo cual les motivaría a volver a la presencialidad [61].

Segundo, la construcción de un *log* de eventos clínicos permitió descubrir trayectorias altamente heterogéneas, compuestas por 173 variantes únicas entre 182 casos. Esta variabilidad extrema evidencia la falta de estandarización en el flujo de atención oncológica de manera telemática, situación que ya ha sido descrita en otras modalidades de atención y documentada en otros estudios de minería de procesos en salud [62, 63]. El análisis de densidad del grafo (0,13) refuerza esta idea, al mostrar una estructura altamente ramificada, con múltiples caminos posibles entre actividades clínicas. Aunque dicha variabilidad puede representar una atención personalizada y adaptativa, también puede ocultar ineficiencias, errores o retrasos clínicamente relevantes. Anteriormente se ha observado que la alta heterogeneidad de los pacientes dificulta la estandarización de los procesos de atención [64]. Pese a esto, los médicos señalan que, con base en su experiencia, el proceso de atención se suele ajustar a las necesidades del paciente y a la progresión de la enfermedad en vez de seguir un flujo de trabajo estricto. Esto se condice que lo señalado en estudios que demuestran que la implementación diferente de una misma guía clínica genera trayectorias diferentes entre los pacientes [65]

La verificación de conformidad reveló una conformidad global de apenas un 38%. Este hallazgo se alinea con estudios previos que indican que los modelos prescriptivos suelen capturar menos del 50% de la práctica clínica real, especialmente en contextos de alta complejidad [66]. Si bien gran parte de las desviaciones fueron aceptadas por el equipo clínico, 36 fueron consideradas verdaderas infracciones, destacando eventos como atención de urgencias (42%), consultas de especialidades no contempladas en el modelo (14%) y secuencias inesperadas (13%). Estas infracciones podrían deberse a varios factores: complicaciones agudas de la enfermedad o derivadas de tratamientos, comorbilidades mal controladas, decisiones clínicas no registradas adecuadamente, o interrupciones del proceso asistencial.

Estudios realizados en Japón también han descrito una baja adherencia de las guías clínicas, especialmente en cáncer de mama, de recto y cérvico uterino [67]. Las principales causas documentadas para la baja adherencia a las guías clínicas son que estas no suelen considerar las comorbilidades de los pacientes ni tampoco las complicaciones mismas de la enfermedad [68].

En contraste con la baja conformidad global, los casos específicos de Cáncer de Mama y Cáncer de Colon mostraron niveles de conformidad mucho más altos (94% y 89%, respectivamente). Esto sugiere que para aquellas patologías incluidas en el régimen GES y con guías más estandarizadas, la práctica clínica institucional logra adherirse con mayor precisión a los modelos recomendados. Al respecto, los expertos clínicos indican que existe “un modelo de atención más integral para estos pacientes”. Este hallazgo refuerza la hipótesis de que el nivel de estandarización de una patología influye directamente en la trazabilidad y cumplimiento del proceso asistencial. Resultados similares han sido reportados previamente, donde se ha encontrado conformidad del 78% para ambas patologías [69], pero en ese estudio no se utilizó un método informático para analizar la trayectoria de los pacientes. [68] menciona que la alta adherencia a las guías clínicas se genera cuando esta está elaborada en base a la evidencia científica que sustenta a la guía y al enfoque multidisciplinario en la atención de los pacientes.

6. Conclusiones

Este estudio implementó un marco metodológico de minería de procesos para caracterizar, modelar y evaluar la trayectoria de pacientes oncológicos atendidos por telemedicina en una red hospitalaria de alta complejidad. El análisis de datos clínicos reales permitió comprender el funcionamiento operativo de este modelo de atención y su alineación con guías clínicas y recomendaciones institucionales. En particular, este estudio permitió:

1. Entender la trayectoria de pacientes oncológicos en telemedicina en la Red de Salud UC CHRISTUS.
2. Analizar variantes del proceso e identificar las desviaciones relevantes de las trayectorias.
3. Cuantificar el rendimiento real del proceso de atención.

Desde el punto de vista clínico, este estudio permite entregar varias recomendaciones relevantes para la Red de Salud UC CHRISTUS. Primero, fortalecer la interoperabilidad de los sistemas de información resulta urgente, dado que la falta de registros de exámenes, tratamientos y procedimientos limita la posibilidad de evaluar integralmente la trayectoria del paciente y su adecuación a los protocolos clínicos. Segundo, es fundamental trabajar en la mejora de la calidad de los registros clínicos, tanto en exactitud como en completitud, para garantizar que la minería de procesos refleje fielmente la atención brindada [70]. Al respecto, utilizar sistemas de información orientados a procesos resulta útil para generar *log* de eventos más completos. Tercero, los hallazgos permiten identificar puntos críticos de variabilidad o incumplimiento, como la atención de urgencia no planificada o la falta de seguimiento post-terapia, que podrían ser abordados con intervenciones organizacionales dirigidas.

Desde una perspectiva científica, este trabajo aporta evidencia concreta sobre la aplicación de técnicas de minería de procesos en un entorno clínico real y de alta complejidad, como lo es la atención oncológica por telemedicina. La construcción de un modelo de referencia validado por expertos, el uso combinado de plataformas como Disco y Celonis y la discusión de los resultados con actores clínicos relevantes, permite que este estudio contribuya en una metodología y su aplicación para este tipo de análisis. En la misma línea con lo propuesto por van der Aalst [10], la combinación de evidencia empírica y análisis automatizado de datos permite disminuir la brecha entre modelos teóricos y la práctica clínica, fomentando una toma de decisiones basada en datos. Por otro lado, estos hallazgos se condicen con lo recomendado por Oliart *et al* [66] quienes sugieren generar modelos de procesos definidos con base en reglas claras y concisas y utilizar datos clínicos estructurados para una adecuada verificación de conformidad.

A nivel institucional, este proyecto representa un insumo estratégico para la evaluación y rediseño del flujo de atención en telemedicina, alineado con los objetivos del Plan Nacional del Cáncer [7] y las recomendaciones de la OMS sobre salud digital [6]. Identificar los perfiles de pacientes que más se benefician de la atención remota, comprender las trayectorias más frecuentes y sus desvíos, y disponer de herramientas para su monitoreo continuo, ofrece a la Red UC CHRISTUS una base empírica sólida para fortalecer su capacidad resolutiva, aumentar la equidad en el acceso, optimizar sus recursos clínicos y focalizar las intervenciones en los perfiles encontrados.

Finalmente, desde el punto de vista del cuidado del paciente, este estudio evidencia cómo las trayectorias clínicas pueden estar afectadas no solo por la evolución de la enfermedad, sino también por decisiones organizacionales, registros incompletos y falta de integración de cuidados. Fortalecer la trazabilidad de la atención de los pacientes, especialmente en aquellos con patologías graves como el cáncer, no solo es una tarea técnica, sino también ética y clínica. A través de un uso responsable y riguroso de la información, es posible avanzar hacia una atención más segura, oportuna y centrada en el paciente.

6.1 Limitaciones

Dentro de las limitaciones para la realización de este trabajo se encuentran el acceso limitado a la información, tanto en número de pacientes como en completitud de los datos. Solo se tuvo acceso a datos clínicos de 190 pacientes para el análisis de las trayectorias. Por otro lado, la información otorgada por la Subgerencia de Sistemas Clínicos no contó con datos respecto a exámenes ni terapias.

Pese a esto, el desarrollo de la metodología permitió generar una comprensión general de la trayectoria de los pacientes y la metodología puede ser replicada una vez que se tenga acceso a más información de los pacientes.

6.2 Proyección y Trabajos Futuros

Para complementar los alcances de este estudio, se sugiere ampliar la cohorte y el horizonte temporal para estabilizar métricas, completar el *event log* con información detallada de exámenes, terapias y hospitalizaciones, y realizar comparaciones formales entre telemedicina y atención presencial (tiempos inter-evento, tiempo de ciclos, re-consultas) con análisis estratificados.

También, es posible avanzar en el estudio de las desviaciones encontradas, con el objetivo de determinar sus causas y diseñar intervenciones de mejora que permitan optimizar la atención en estos casos.

Otros estudios posibles son realizar la verificación de conformidad en base a lo señalado por el Sistema de Información para la Gestión de Garantías Explícitas en Salud (SIGGES), que es el sistema utilizado para monitorizar el cumplimiento de las Garantías Explícitas en Salud.

También es posible realizar estudios específicos para patologías. Dentro de esto, el análisis de diagnósticos del programa de Garantías Explícitas en Salud más allá de las patologías oncológicas permitirá a las instituciones en salud gestionar de mejor manera sus recursos y sus procesos de atención. Este enfoque implicaría un rediseño del modelo de referencia utilizado en este estudio con nuevas iteraciones junto a los expertos clínicos que reflejen de mejor manera la atención.

7. Referencias

1. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin* [Internet]. 2021;71(3):209–49. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3322/caac.21660>
2. Gareev I, Gallyametdinov A, Beylerli O, Valitov E, Alyshov A, Pavlov V, et al. The opportunities and challenges of telemedicine during COVID-19 pandemic. *Front Biosci (Elite Ed)* [Internet]. 2021;13(2):291–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.52586/E885>
3. Bezerra GMF, de Lucena Feitosa ES, Vale Catunda JG, Nogueira Sales Graça C, Lucena de Aquino P, Bezerra Neto AG, et al. Telemedicine application and assessment during the COVID-19 pandemic. *Stud Health Technol Inform* [Internet]. 2022;290:854–7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3233/SHTI220200>
4. Shaffer KM, Turner KL, Siwik C, Gonzalez BD, Upasani R, Glazer JV, et al. Digital health and telehealth in cancer care: a scoping review of reviews. *Lancet Digit Health* [Internet]. 2023;5(5):e316–27. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/S2589-7500\(23\)00049-3](http://dx.doi.org/10.1016/S2589-7500(23)00049-3)
5. Wong MYZ, Gunasekeran DV, Nusinovici S, Sabanayagam C, Yeo KK, Cheng C-Y, et al. Telehealth demand trends during the COVID-19 pandemic in the top 50 most affected countries: Infodemiological evaluation. *JMIR Public Health Surveill* [Internet]. 2021;7(2):e24445. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2196/24445>
6. Organización Mundial de la Salud. Recommendations on Digital Interventions for Health System Strengthening [Internet]. 2019. Disponible en: www.who.int/publications/i/item/9789241550505
7. Ministerio de Salud, Departamento Agencia Nacional de Cáncer, Subsecretaría de Salud Pública, Subsecretaría de Redes Asistenciales, División de Prevención y Control de Enfermedades División de Políticas Públicas Saludables, División de Planificación Sanitaria, División de Atención Primaria, División de Gestión de la Red Asistencial, División de Gestión y Desarrollo de las Personas, División de Inversiones. Plan Nacional del Cáncer 2022-2027. 2022.
8. Rojas E, Munoz-Gama J, Sepúlveda M, Capurro D. Process mining in healthcare: A literature review. *J Biomed Inform* [Internet]. 2016;61:224–36. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbi.2016.04.007>
9. Munoz-Gama J, Martin N, Fernandez-Llatas C, Johnson OA, Sepúlveda M, Helm E, et al. Process mining for healthcare: Characteristics and challenges. *J Biomed Inform* [Internet]. 2022;127(103994):103994. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbi.2022.103994>
10. van der Aalst WMP. Process mining: Data science in action. 2a ed. Berlín, Alemania: Springer; 2016.

11. Parra-Soto S, López S, Rodríguez-Osiac L, Celis-Morales C. El preocupante escenario del cáncer en Chile y sus proyecciones, ¿qué estamos haciendo? *Rev Med Chil* [Internet]. 2023;151(12):1654–6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/s0034-98872023001201654>
12. Parra-Soto S, Petermann-Rocha F, Martínez-Sanguinetti MA, Leiva-Ordeñez AM, Troncoso-Pantoja C, Ulloa N, et al. Cáncer en Chile y en el mundo: una mirada actual y su futuro escenario epidemiológico. *Rev Med Chil* [Internet]. 2020;148(10):1489–95. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/s0034-98872020001001489>
13. Almathami HKY, Win KT, Vlahu-Gjorgievska E. Barriers and facilitators that influence telemedicine-based, real-time, online consultation at patients' homes: Systematic literature review. *J Med Internet Res* [Internet]. 2020;22(2):e16407. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2196/16407>
14. Universidad del Desarrollo, Universidad de Concepción, UC Davis Chile Life Sciences Innovation Center. Fundamentos para los Lineamientos para el Desarrollo de la Telemedicina y Telesalud en Chile. 2020.
15. Manocchia A. Telehealth: Enhancing care through technology. *R I Med J* (2013). 2020;103(1):18–20.
16. Mendoza-Alonso P, Mendoza-Alonso J. Telemedicina: desafíos para Chile a la luz de la experiencia de Estados Unidos durante la pandemia. *Rev Med Chil* [Internet]. 2021;149(8):1198–204. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/s0034-98872021000801198>
17. Centro Nacional de Sistemas de Información en Salud (CENS). Guía de Buenas Prácticas y Recomendaciones en Telemedicina. 2020.
18. Resolución N°204 Modifica Resolución Exenta N°277/2011, del Ministerio de Salud, que aprobó las Normas Técnico Administrativas para la aplicación del arancel del régimen de prestaciones de salud del Libro II DFL N°1, del 2005, del Ministerio de Salud, en la modalidad libre elección. 24 de marzo de 2020 (Chile).
19. Ley N° 21.541 Modifica la normativa que indica para autorizar a los Prestadores de Salud a efectuar atenciones mediante Telemedicina. 3 de marzo de 2023 (Chile).
20. Westra I, Niessen FB. Implementing real-time video consultation in plastic surgery. *Aesthetic Plast Surg* [Internet]. 2015;39(5):783–90. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00266-015-0526-4>
21. Wolf I, Waissegrin B, Pelles S. Breaking bad news via telemedicine: A new challenge at times of an epidemic. *Oncologist* [Internet]. 2020;25(6):e879–80. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1634/theoncologist.2020-0284>
22. Ley N°19996 de 2002. Establece un Régimen de Garantías en Salud. 24 de agosto de 2004 (Chile).
23. Decreto N°72 de 2022. Aprueba Garantías Explícitas en Salud del Régimen General de Garantías en Salud. 8 de septiembre de 2022 (Chile).

24. Superintendencia de Salud. (s.f.). Garantías Explícitas en Salud (GES).Ministerio de Salud. https://www.superdesalud.gob.cl/difusion/665/w3-propertyvalue-1962.html#accesos_fichas_ges_6.
25. Kirmayr M, Quilodrán C, Valente B, Loezar C, Garegnani L, Franco JVA. The GRADE approach, Part 1: how to assess the certainty of the evidence. Medwave [Internet]. 2021;21(2):e8109. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5867/medwave.2021.02.8109>
26. Ministerio de Salud (Chile). Resumen ejecutivo. Guía de Práctica Clínica: Cáncer de mama en personas mayores de 15 años. Santiago: MINSAL; 2024. Disponible en: https://diprece.minsal.cl/wp-content/uploads/2024/03/RE-GPC-Ca-de-Mama_06122023.pdf [Accedido 10 Aug 2025].
27. Ministerio de Salud (Chile). Guía de Práctica Clínica: Cáncer cervicouterino. Santiago: MINSAL; 2015. Disponible en: https://diprece.minsal.cl/wrdprss_minsal/wp-content/uploads/2016/03/GPC-CaCU-Final.PLD.ocx.pdf [Accedido 10 Aug 2025].
28. Ministerio de Salud (Chile). Resumen ejecutivo. Guía de Práctica Clínica: Cáncer gástrico. Santiago: MINSAL; 2021. Disponible en: https://diprece.minsal.cl/wp-content/uploads/2021/05/RE_GPC-Ca%CC%81ncer-Ga%CC%81strico_v2.pdf [Accedido 10 Aug 2025].
29. Ministerio de Salud (Chile). Guía de Práctica Clínica: Cáncer colorrectal en personas de 15 años y más. Santiago: MINSAL; 2013. Disponible en: https://diprece.minsal.cl/wrdprss_minsal/wp-content/uploads/2014/09/C%C3%A1ncer-Colorrectal-15-a%C3%B3os-y-m%C3%A1s.pdf [Accedido 10 Aug 2025].
30. Ministerio de Salud (Chile). Guía de Práctica Clínica: Cáncer de testículos en personas de 15 años y más. Santiago: MINSAL; 2017. Disponible en: https://diprece.minsal.cl/wrdprss_minsal/wp-content/uploads/2018/05/RE_GPC-C%C3%A1ncer-de-test%C3%ADculos-en-personas-de-15-a%C3%B3os-y-m%C3%A1s_2017md.pdf [Accedido 10 Aug 2025].
31. Ministerio de Salud (Chile). Guía de Práctica Clínica: Cáncer vesical en personas de 15 años y más. Santiago: MINSAL; 2017. Disponible en: https://diprece.minsal.cl/wrdprss_minsal/wp-content/uploads/2014/09/C%C3%A1ncer-Vesical-15-a%C3%B3os-y-m%C3%A1s.pdf [Accedido 10 Aug 2025].
32. Ministerio de Salud (Chile). Guía clínica: Nódulo tiroideo y cáncer diferenciado de tiroides. Santiago: MINSAL; 2013. Disponible en: <https://diprece.minsal.cl/temas-de-salud/orden-alfabetico/guias-clinicas-no-ges/guias-clinicas-no-ges-manejo-integral-del-cancer-y-otros-tumores/> [Accedido 10 Aug 2025].
33. Ministerio de Salud (Chile). Guía de Práctica Clínica: Linfoma y tumores sólidos en menores de 15 años. Santiago: MINSAL; actualización 2023. Disponible en: <https://diprece.minsal.cl/le-informamos/auge/acceso-guias-clinicas/guias-clinicas-auge/> [Accedido 10 Aug 2025].

34. Ministerio de Salud (Chile). Guía de Práctica Clínica: Leucemia en menores de 15 años. Santiago: MINSAL; actualización 2024. Disponible en: <https://diprece.minsal.cl/le-informamos/auge/acceso-guias-clinicas/guias-clinicas-auge/> [Accedido 10 Aug 2025].
35. Ministerio de Salud (Chile). Guía de Práctica Clínica: Linfoma de Hodgkin en personas de 15 años y más. Santiago: MINSAL; actualización 2024. Disponible en: <https://diprece.minsal.cl/le-informamos/auge/acceso-guias-clinicas/guias-clinicas-auge/> [Accedido 10 Aug 2025].
36. Ministerio de Salud (Chile). Guía de Práctica Clínica: Linfoma no Hodgkin en personas de 15 años y más. Santiago: MINSAL; actualización 2024. Disponible en: <https://diprece.minsal.cl/le-informamos/auge/acceso-guias-clinicas/guias-clinicas-auge/> [Accedido 10 Aug 2025].
37. Ministerio de Salud (Chile). Guía de Práctica Clínica: Cáncer de pulmón en personas de 15 años y más. Santiago: MINSAL. Disponible en: <https://diprece.minsal.cl/temas-de-salud/orden-alfabetico/guias-clinicas-no-ges/> [Accedido 10 Aug 2025].
38. Ministerio de Salud (Chile). Guía de Práctica Clínica: Cáncer de próstata. Santiago: MINSAL; 2013. Disponible en: <https://diprece.minsal.cl/wp-content/uploads/2013/05/GPC-Cancer-Prostata.pdf> [Accedido 10 Aug 2025].
39. Ministerio de Salud (Chile). Guía de Práctica Clínica: Cáncer de ovario epitelial. Santiago: MINSAL; 2019. Disponible en: <https://diprece.minsal.cl/wp-content/uploads/2019/03/GPC-Cancer-Ovario.pdf> [Accedido 10 Aug 2025].
40. Ministerio de Salud (Chile). Guía clínica: Osteosarcoma. Santiago: MINSAL; 2015. Disponible en: <https://diprece.minsal.cl/wp-content/uploads/2015/11/GPC-Osteosarcoma.pdf> [Accedido 10 Aug 2025].
41. Ministerio de Salud (Chile). Guía clínica: Alivio del dolor y cuidados paliativos por cáncer. Santiago: MINSAL; 2016. Disponible en: <https://diprece.minsal.cl/wp-content/uploads/2016/02/GPC-Alivio-Dolor-Cancer.pdf> [Accedido 10 Aug 2025].
42. Ministerio de Salud (Chile). Guía clínica: Cáncer renal en personas de 15 años y más. Santiago: MINSAL; 2021. Disponible en: <https://diprece.minsal.cl/garantias-explicitas-en-salud-auge-o-ges/cancer-renal-en-personas-de-15-anos-y-mas/resumen-ejecutivo/>. [Accedido 10 Aug 2025].
43. Ministerio de Salud (Chile). Guía clínica: Mieloma múltiple en personas de 15 años y más. Santiago: MINSAL; 2021. Disponible en: <https://diprece.minsal.cl/garantias-explicitas-en-salud-auge-o-ges/mieloma-multiple-en-personas-de-15-anos-y-mas/resumen-ejecutivo/>. [Accedido 10 Aug 2025].

44. Amjad MT, Chidharla A, Kasi A. Cancer chemotherapy. En: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025.
45. Reyes SJ, González KB, Rodríguez C, Navarrete-Muñoz C, Salazar AP, Villagra A, et al. Cancer immunotherapy: an update. *Rev Med Chil* [Internet]. 2020;148(7):970–82. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872020000700970>
46. Bolaño Guerra LM, Rodríguez Orihuela DL, Soto-Pérez-de-Celis E, Chávarri-Guerra Y. Historia de los receptores hormonales y de la terapia hormonal en cáncer de mama. *Medicina* [Internet]. 2021;43(1):189–207. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.56050/01205498.1594>
47. Vens C, Koritzinsky M, Wouters BG. Irradiation-induced damage and the DNA damage response. En: Basic Clinical Radiobiology. Fifth edition. | Boca Raton, FL: CRC Press/Taylor & Francis Group, [2018]: CRC Press; 2018. p. 9–20.
48. Kratsch W. Data-driven Management of Interconnected Business Processes Contributions to Predictive and Prescriptive Process Mining. [Augsburg, Alemania]: University of Applied Sciences; 2020.
49. Rojas E, Cifuentes A, Burattin A, Munoz-Gama J, Sepúlveda M, Capurro D. Performance analysis of Emergency Room episodes through Process Mining. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2019;16(7):1274. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph16071274>
50. Johnson OA, Ba Dhafari T, Kurniati A, Fox F, Rojas E. The ClearPath method for care pathway process mining and simulation. En: Business Process Management Workshops. Cham: Springer International Publishing; 2019. p. 239–50.
51. Kurniati AP, Rojas E, Hogg D, Hall G, Johnson OA. The assessment of data quality issues for process mining in healthcare using Medical Information Mart for Intensive Care III, a freely available e-health record database. *Health Informatics J* [Internet]. 2019;25(4):1878–93. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1177/1460458218810760>
52. Dallagassa MR, Iachecen F, Furlan LHP, Ioshii SO, Carvalho DR. Applying process mining in health technology assessment. *Health Technol (Berl)* [Internet]. 2022;12(5):931–41. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s12553-022-00692-5>
53. Winter M, Langguth B, Schlee W, Pryss R. Process mining in mHealth data analysis. *NPJ Digit Med* [Internet]. 2024;7(1):299. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41746-024-01297-0>
54. Arias M, Rojas E, Aguirre S, Cornejo F, Munoz-Gama J, Sepúlveda M, et al. Mapping the patient's journey in healthcare through process mining. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2020;17(18):6586. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17186586>
55. Fox F, Aggarwal VR, Whelton H, Johnson O. A data quality framework for process mining of electronic health record data. En: 2018 IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI). IEEE; 2018.
56. Andrews R, Wynn MT, Vallmuur K, Ter Hofstede AHM, Bosley E, Elcock M, et al. Leveraging data quality to better prepare for process mining: An approach illustrated through

- analysing road trauma pre-hospital retrieval and transport processes in Queensland. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2019;16(7):1138. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph16071138>
57. Fluxicon, BV. Disco: Discovery your process [Internet]. 2012. Disponible en: <https://fluxicon.com/disco>
58. Celonis. Celonis v2.77.0 [Internet]. 2023. Disponible en: www.celonis.com/es
59. Santo L, Peters ZJ, Guluma L, Ashman JJ. Visits to health centers among adults, by selected characteristics: United States, 2022. *Natl Health Stat Report* [Internet]. 2024;(211). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15620/CDC/59282>
60. Shaver J. The state of telehealth before and after the COVID-19 pandemic. *Prim Care* [Internet]. 2022;49(4):517–30. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pop.2022.04.002>
61. Watson JD, Xia B, Dini ME, Silverman AL, Pierce BS, Chang C-N, et al. Barriers and facilitators to physicians' telemedicine uptake during the beginning of the COVID-19 pandemic. *PLOS Digit Health* [Internet]. 2025;4(4):e0000818. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pdig.0000818>
62. Mans RS, Schonenberg MH, Song M, van der Aalst WMP, Bakker PJM. Application of process mining in healthcare – A case study in a dutch hospital. En: *Biomedical Engineering Systems and Technologies*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2008. p. 425–38.
63. Benevento E, Pegoraro M, Antoniazzi M, Beyel HH, Peeva V, Balfanz P, et al. Process modeling and conformance checking in healthcare: A COVID-19 case study. En: *Lecture Notes in Business Information Processing*. Cham: Springer Nature Switzerland; 2023. p. 315–27.
64. Chiudinelli L, Dagliati A, Tibollo V, Albasini S, Geifman N, Peek N, et al. Mining post-surgical care processes in breast cancer patients. *Artif Intell Med* [Internet]. 2020;105(101855):101855. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.artmed.2020.101855>
65. Luijten JCHBM, Vissers PAJ, Brom L, de Bièvre M, Buijsen J, Rozema T, et al. Clinical variation in the organization of clinical pathways in esophagogastric cancer, a mixed method multiple case study. *BMC Health Serv Res* [Internet]. 2022;22(1):527. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12913-022-07845-2>
66. Oliart E, Rojas E, Capurro D. Are we ready for conformance checking in healthcare? Measuring adherence to clinical guidelines: A scoping systematic literature review. *J Biomed Inform* [Internet]. 2022;130(104076):104076. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbi.2022.104076>
67. Minamitani M, Tatemichi M, Mukai T, Katano A, Ohira S, Nakagawa K. Adherence to national guidelines for colorectal, breast, and cervical cancer screenings in Japanese workplaces: a survey-based classification of enterprises' practices into "overscreening," "underscreening," and "guideline-adherence screening". *BMC Public Health* [Internet]. 2024;24(1):2223. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12889-024-19775-1>

68. Bierbaum M, Rapport F, Arnolda G, Delaney GP, Liauw W, Olver I, et al. Clinical practice guideline adherence in oncology: A qualitative study of insights from clinicians in Australia. *PLoS One* [Internet]. 2022;17(12):e0279116. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0279116>
69. Leonhardt C-S, Lanzenberger L, Puehringer R, Klaiber U, Hauser I, Strobel O, et al. Evidence-based cancer care: assessing guideline adherence of multidisciplinary tumor board recommendations for breast and colorectal cancer in a non-academic medical center. *J Cancer Res Clin Oncol* [Internet]. 2024;151(1):4. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00432-024-06049-x>
70. Rozinat A, van der Aalst WMP. Conformance checking of processes based on monitoring real behavior. *Inf Syst* [Internet]. 2008;33(1):64–95. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.is.2007.07.001>

8. Anexo 1: Modelo de Atención de Pacientes Oncológicos

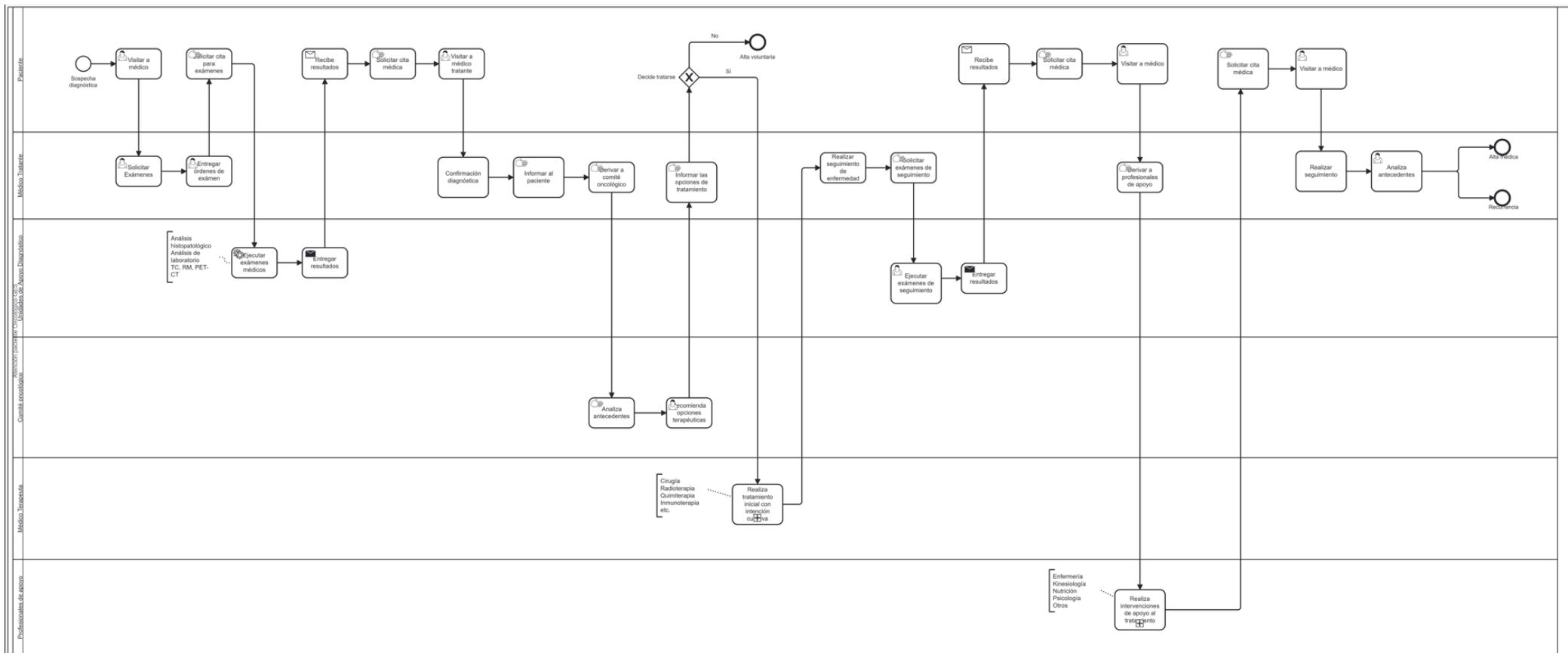


Figura A1: Modelo de Atención de Pacientes Oncológicos según Guías de Práctica Clínica y experiencia profesional.. Este modelo de bajo nivel detalla el flujo de atención ideal de un paciente oncológico con intención curativa. El flujo comienza con la sospecha o duda clínica del paciente y puede acabar con el alta médica o la recurrencia, también puede finalizar con el rechazo del paciente al tratamiento o con el fallecimiento de éste por cualquier motivo. Este diagrama no incluye el número total de atenciones de los pacientes pues ello depende de la evolución de la enfermedad en cada caso. Elaboración mediante plataforma Camunda v8 (web).

Documentación del Proceso: Atención de Pacientes Oncológicos

1. Descripción General

Este proceso modela el viaje de atención de un paciente con sospecha de cáncer e intención curativa dentro del sistema de salud chileno, desde la sospecha inicial hasta 1 de los 3 desenlaces: alta médica, tratamiento paliativo o fallecimiento. Representa un flujo clínico y administrativo que involucra múltiples actores, tanto en el ámbito primario como especializado.

2. Participantes

Actores	Descripción
Paciente	Persona que inicia el proceso al experimentar síntomas. Participa activamente en consultas, exámenes y decisiones terapéuticas.
Médico Tratante/Oncólogo	Profesional que evalúa al paciente y deriva según sospecha clínica.
Unidades de Apoyo Diagnóstico	Profesionales de salud que colaboran en el diagnóstico y seguimiento de la enfermedad. Involucra médicos, tecnólogos médicos, enfermeros TENS, etc.
Comité Oncológico	Analiza antecedentes del paciente y realiza recomendaciones terapéuticas.
Médico Terapeuta	Realiza intervención inicial con intención curativa o paliativa. Incluye cirugía, radioterapia, quimioterapia y otros tipos de tratamiento.
Profesionales de Apoyo	Otros profesionales de salud que realizan intervenciones de apoyo al tratamiento y seguimiento del paciente. Incluye enfermeras, kinesiólogos, nutricionistas, psicólogos entre otros.

3. Actividades (tareas)

Actividad	Tipo	Descripción
Sospecha diagnóstica	Evento de inicio	El paciente detecta síntomas y decide consultar.
Visitar a médico	Tarea de usuario	Consulta con el médico general, quien evalúa el cuadro clínico inicial.
Solicitar exámenes	Tarea de usuario	El médico indica estudios diagnósticos para confirmar o descartar la enfermedad.
Entregar órdenes de examen	Tarea de usuario	El paciente recibe y gestiona las órdenes médicas.
Ejecutar exámenes médicos	Tarea de servicio	El paciente se realiza los exámenes solicitados en Unidades de Apoyo correspondientes.
Confirmación diagnóstica	Tarea	Revisión de resultados y confirmación del diagnóstico oncológico.
Visitar a médico tratante	Tarea de usuario	El paciente es derivado a un especialista u oncólogo.
Entrega recomendación terapéutica	Tarea de usuario	El Comité Oncológico expone las opciones terapéuticas disponibles.
Realizar seguimiento de enfermedad	Tarea	Se implementa un plan de seguimiento, independiente del resultado del tratamiento.

4. Decisiones

Decisión	Descripción	Caminos posibles
¿Decide tratarse?	El paciente informado por el equipo clínico, elige seguir un tratamiento oncológico.	Sí: se inicia tratamiento. No: se orienta a cuidados paliativos o se interrumpe seguimiento.
¿Tratamiento exitoso?	Evaluación de resultados del tratamiento.	Sí: alta médica. No: seguimiento o cuidados paliativos.

5. Eventos

Evento	Tipo	Descripción
Sospecha diagnóstica	Inicio	El paciente percibe síntomas e inicia proceso de atención.
Alta médica	Fin	El paciente se considera libre de la enfermedad luego del tratamiento.
Alta voluntaria	Fin	El paciente rechaza la opción de tratamiento y deja el proceso.
Recurrencia	Fin	El tratamiento no es efectivo y la enfermedad continúa, el proceso sigue con esquema paliativo.

6. Caminos finales del proceso

Este proceso puede finalizar en tres situaciones:

- Alta médica: el tratamiento logra controlar o eliminar la enfermedad.

- Alta voluntaria: el paciente rechaza las opciones terapéuticas y el proceso con objetivo curativo se detiene. Puede iniciarse un proceso de cuidados paliativos no representado en este modelo.
- Recurrencia: la enfermedad progresó pese al tratamiento y se inicia proceso con intención paliativa, no representada en este modelo.

Cabe considerar que este modelo solo considera la intención curativa. Pese a que la intención paliativa posee un proceso similar, incluye un manejo distinto del paciente y de su enfermedad. Adicionalmente, no se descarta que el paciente pueda dejar el proceso debido a su fallecimiento, el cual puede ocurrir en cualquier etapa de este.

9. Anexo 2: Trayectorias de Pacientes como Modelos de Procesos

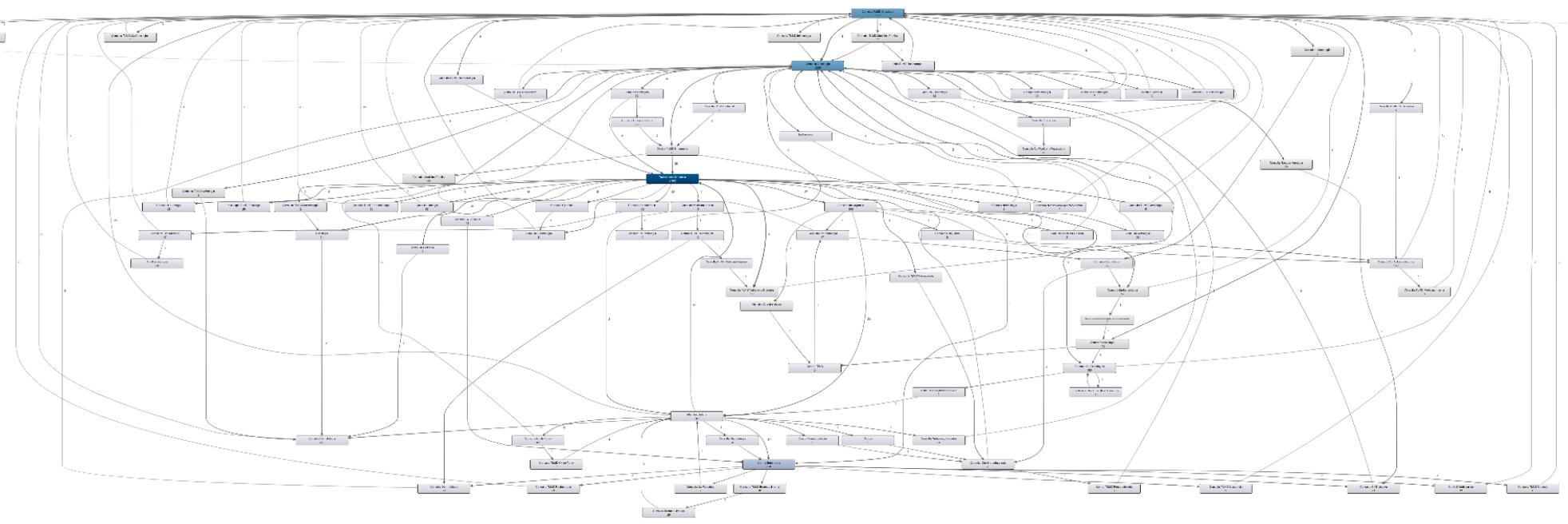


Figura A2.1: Figura 11; Modelo de procesos de la trayectoria de los pacientes oncológicos atendidos por telemedicina en la Red de Salud UC CHRISTUS entre el 1 de junio de 2020 y el 1 de junio de 2023, obtenido mediante minería de procesos. En este modelo se diagraman el 100% de las actividades y las trayectorias más frecuentes. Realizado con software Disco (41).

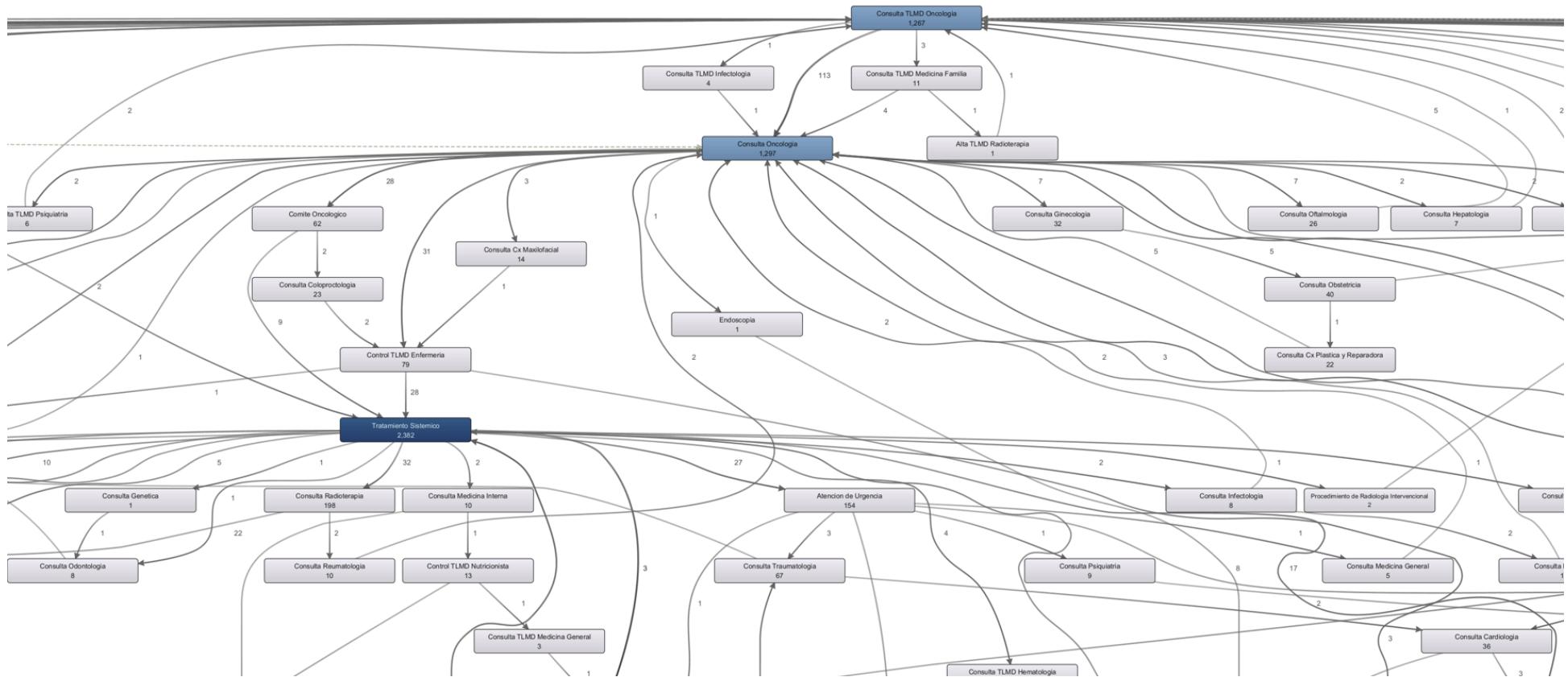


Figura A2.2: Zoom de las principales actividades del modelo de procesos de la trayectoria de los pacientes oncológicos al 100% de las actividades y las trayectorias más frecuentes. Realizado con software Disco (41).

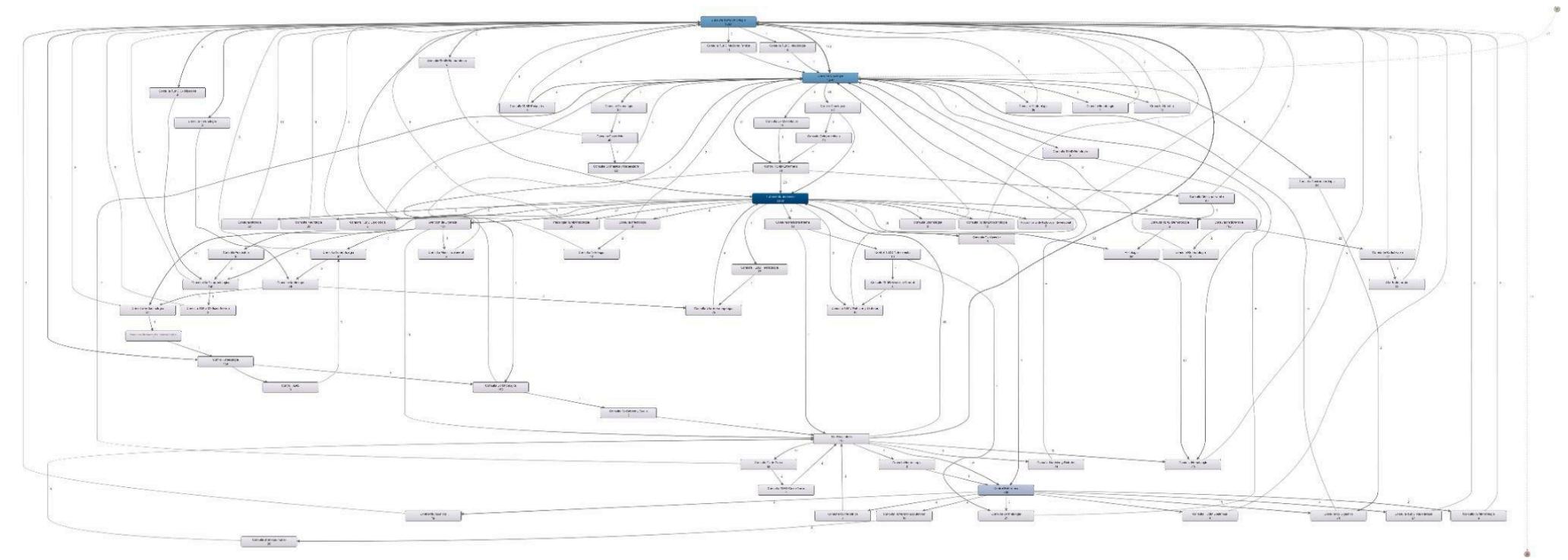


Figura A2.3: Figura 12; Modelo de procesos de la trayectoria de los pacientes oncológicos atendidos por telemedicina en la Red de Salud UC CHRISTUS entre el 1 de junio de 2020 y el 1 de junio de 2023, obtenido mediante minería de procesos. En este modelo se diagraman el 75% de las actividades y las trayectorias más frecuentes. Realizado con software Disco (41).

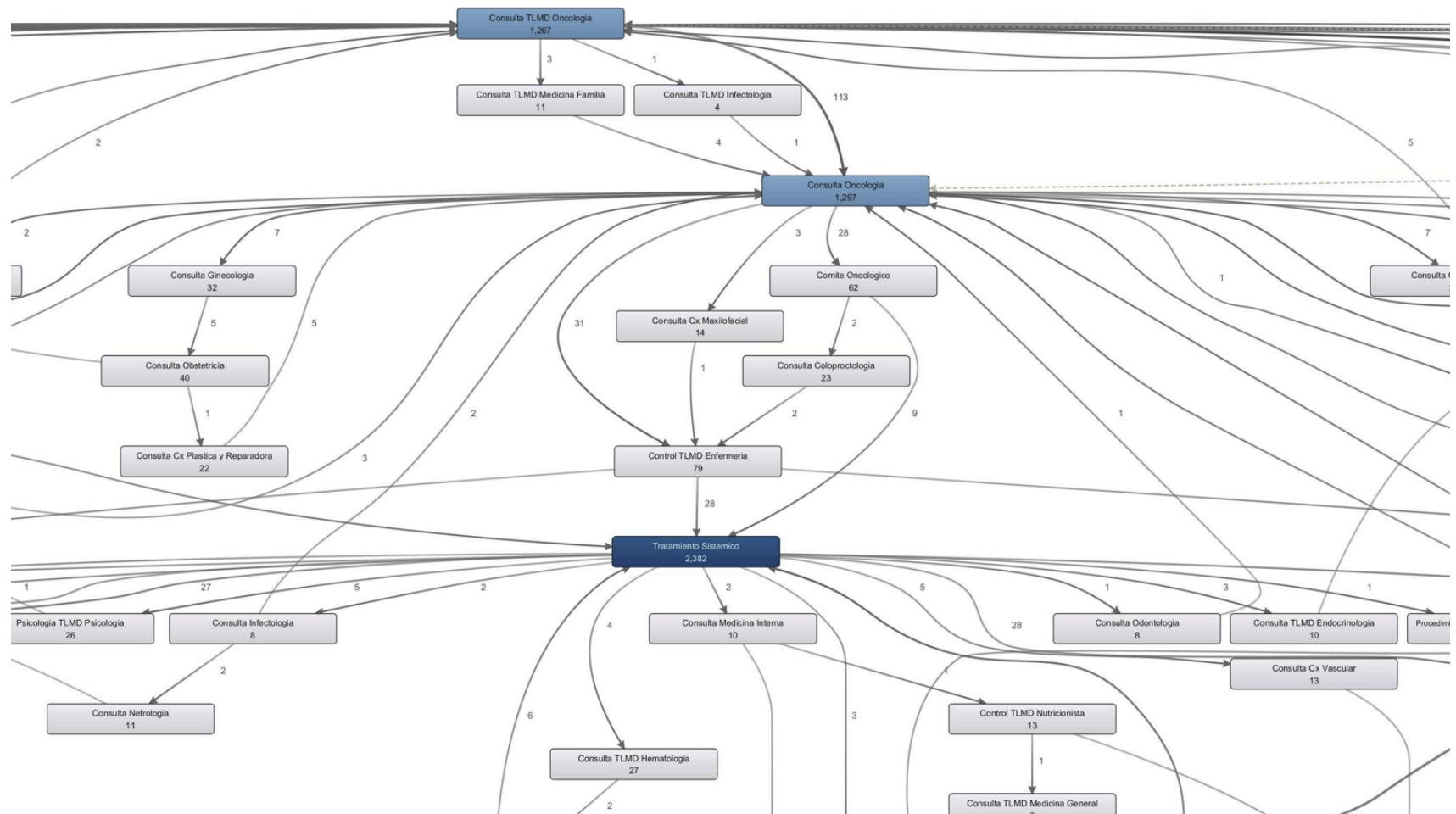


Figura A2.4: Zoom de las principales actividades del modelo de procesos de la trayectoria de los pacientes oncológicos al 75% de las actividades y las trayectorias más frecuentes. Realizado con software Disco (41).

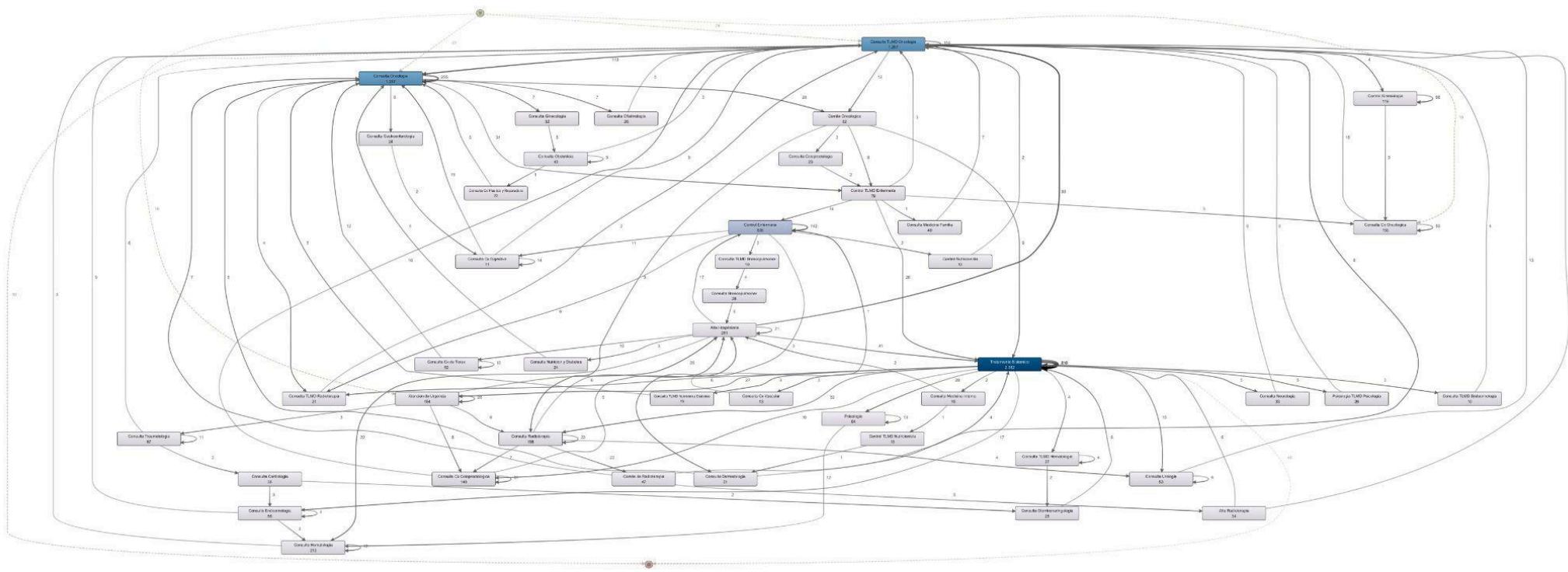


Figura A2.5: Figura 13; Modelo de procesos de la trayectoria de los pacientes oncológicos atendidos por telemedicina en la Red de Salud UC CHRISTUS entre el 1 de junio de 2020 y el 1 de junio de 2023, obtenido mediante minería de procesos. En este modelo se diagraman el 50% de las actividades y el 10% de las trayectorias más frecuentes, el cual permite analizar mejor las entradas y salidas del proceso de atención entre las variantes. Realizado con software Disco (41).

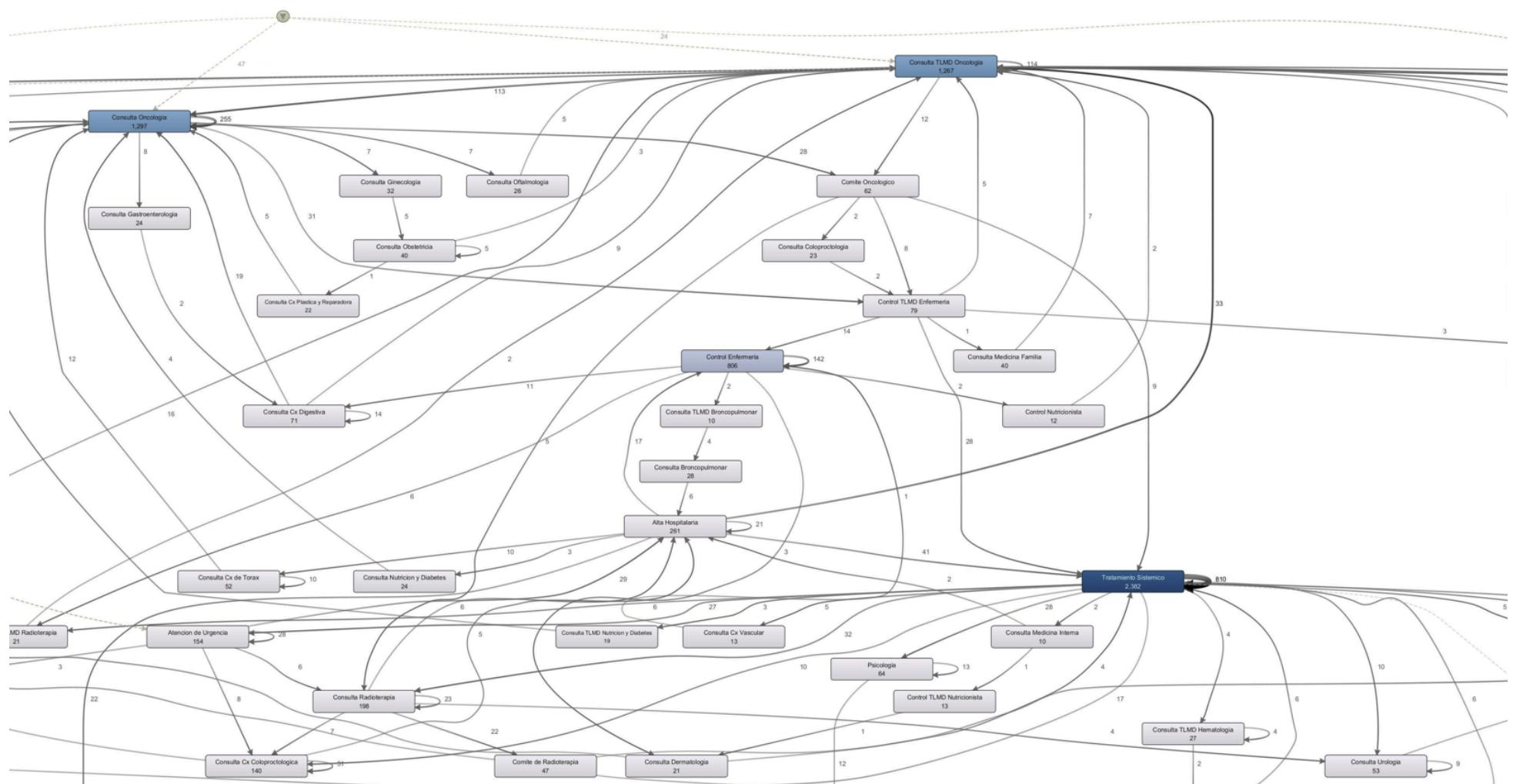


Figura A2.6: Zoom de las principales actividades del modelo de procesos de la trayectoria de los pacientes oncológicos al 50% de las actividades y el 10% de las trayectorias más frecuentes. Realizado con software Disco (41).

