



**LISTA DE ESPERA  
ONCOLÓGICA: ESTRATEGIAS  
PARA LA GESTIÓN EN LOS  
SERVICIOS DE SALUD**

SEMINARIO

# Lista de espera oncológica: estrategias para la gestión en los servicios de salud

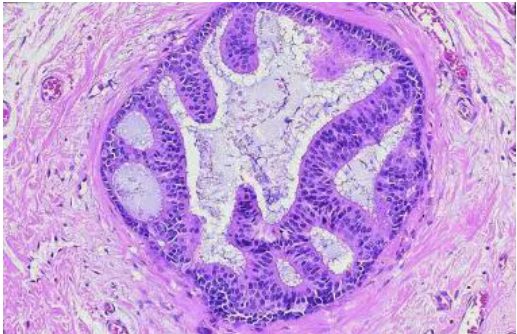
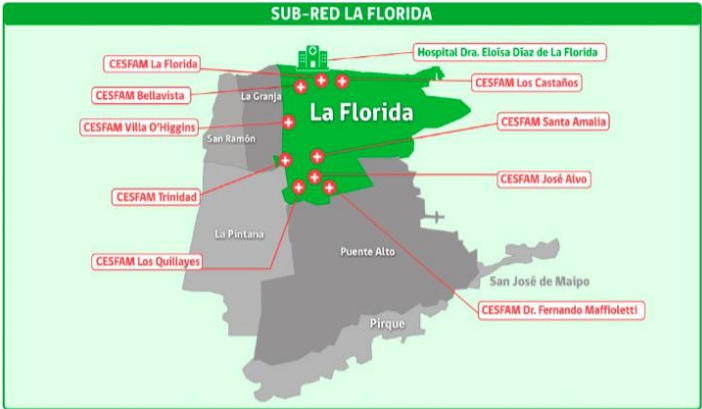
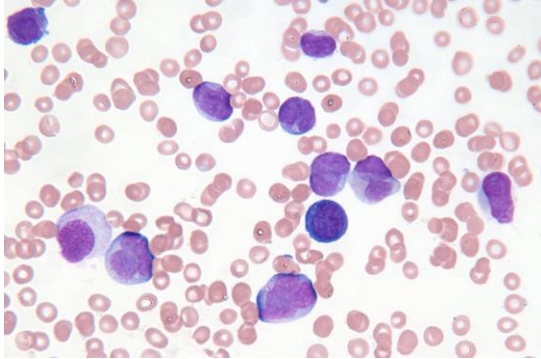
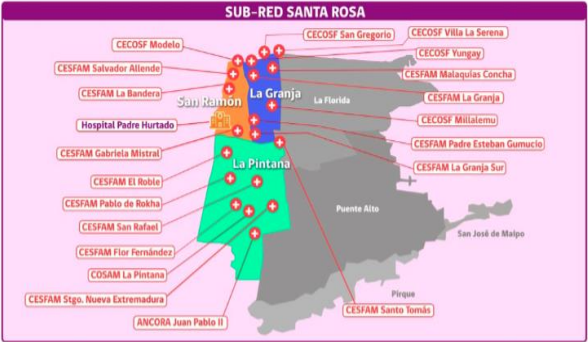
Jocelyn Dunstan  
Rodrigo A. Carrasco  
José Peña

Miércoles 20 de Noviembre

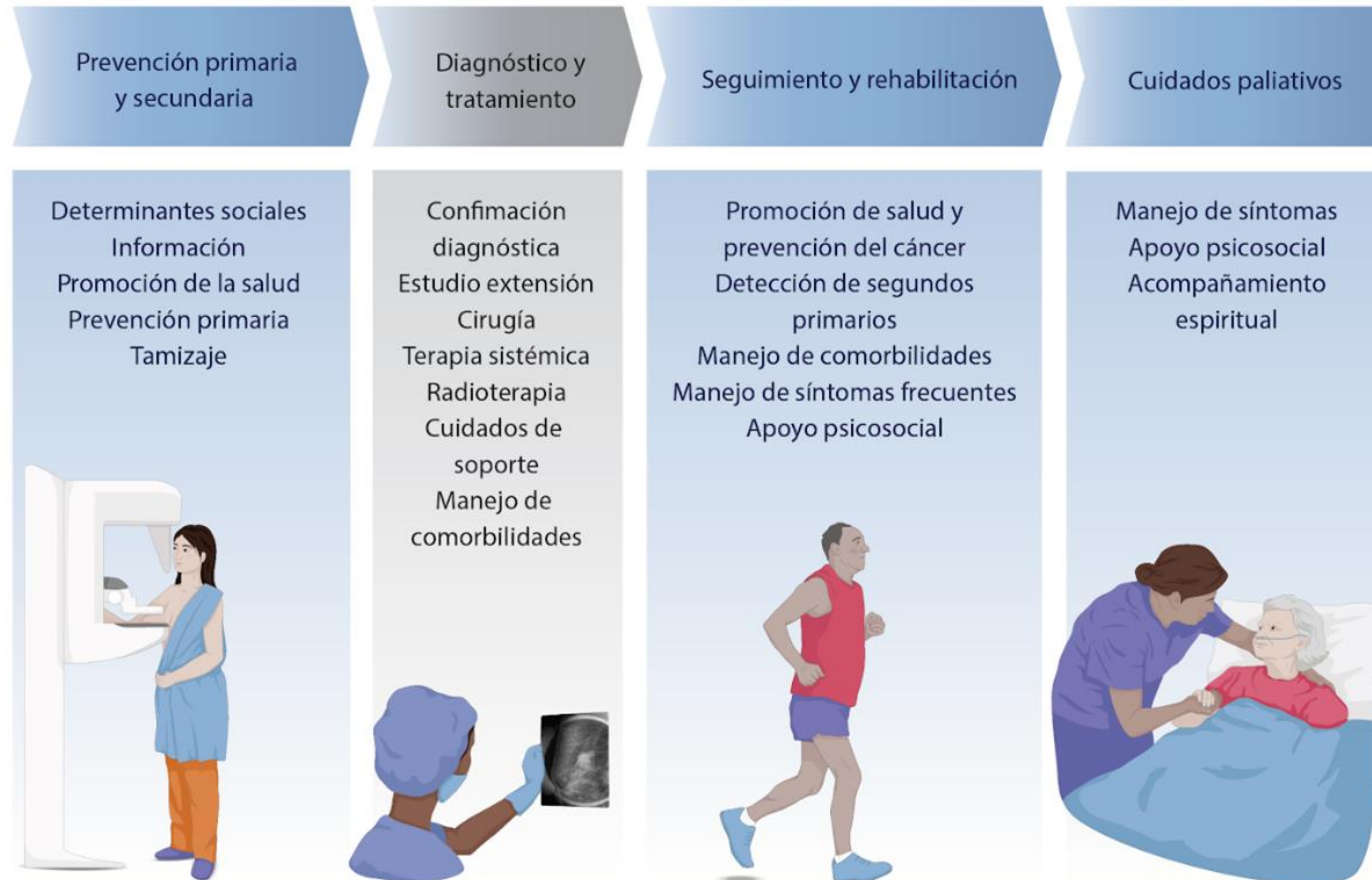


# 1. El Problema: la Lista de Espera Oncológica

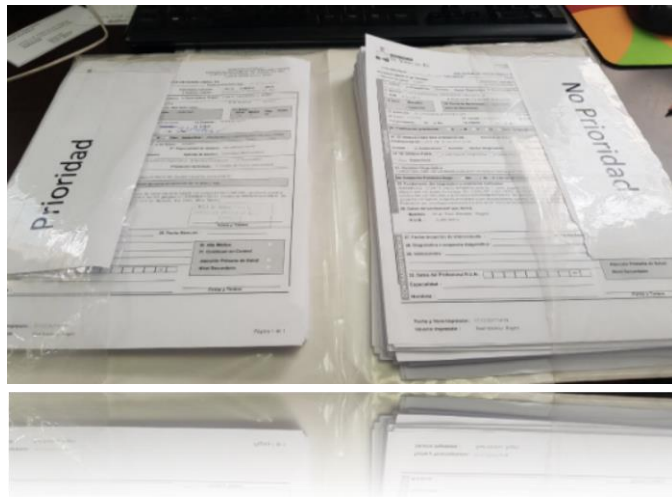
# La oncología es una labor de red compleja



# Donde hay un continuo de atención de las personas con cáncer



## ¿Dónde hay listas de espera?



- Consultas médicas.
- Consultas no médicas.
- Procedimientos diagnósticos.
- Quimioterapia y otras terapias sistémicas del cáncer.
- Radioterapia.
- Cirugías.

## Y todas ellas generan una serie de problemas

### Sótero del Río: Detectan 100 cirugías a funcionarios y familiares que se saltaron listas de espera

Publicado: Lunes, 8 de Enero de 2024 a las 08:05hrs. Autor: Cooperativa.cl

- "Tuvieron menor tiempo de espera para ingresar a pabellón que el promedio general por especialidad", según un informe de la Contraloría.
- Administración del hospital anunció sumario: "Si hubo algún 'pituto' en algún minuto, eso es lo que nos tiene que decir".



- Múltiples listas de espera, pero el monitoreo es limitado (ej., primeras consultas, cirugías)
- El diagnóstico y tratamiento del cáncer es una sucesión de listas de espera.
- No contamos con tiempos aproximados para la mayoría.
- Disociación entre listas de espera y realidad clínica.
- Inequidad para personas con cánceres “no GES”.
- “Gestión” por múltiples entidades u organismos.
- No hay criterios claros y transparentes de priorización.
- Hay limitaciones importantes de recursos y capacidad para atender.



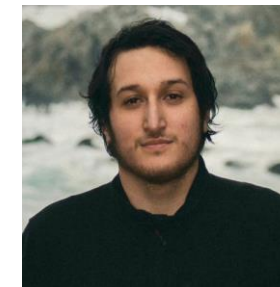
## **2. Nuestro proyecto: detectar oportunidades de mejora**



## Equipo interdisciplinario y aplicado



- Escuela de Ingeniería y Facultad de Medicina UC.
- Hospital Metropolitano Eloísa Díaz (La Florida).
- El equipo combina conocimiento sobre el problema, gestión e inteligencia artificial.
- Colaborando activamente con profesionales del hospital que nos permitieron obtener evaluaciones de nuestras recomendaciones.



# Objetivo del proyecto

- Desarrollar e implementar estrategias basadas en ciencia de datos y optimización para la gestión eficiente de pacientes en listas de espera oncológicas en los servicios de salud.
- Desarrollar propuestas de política pública para apoyar mejoras en la gestión de listas de espera oncológicas, **considerando restricciones de capacidad** y las necesidades de asignación en centros de atención.

Original Reports | Artificial Intelligence

Check for updates

## Automatic Detection of Distant Metastasis Mentions in Radiology Reports in Spanish

Ricardo Ahumada, MSC<sup>1</sup>, Jocelyn Dunstan, PhD<sup>2</sup>, Matías Rojas, MSC<sup>3</sup>, Sergio Peñafiel, MSC<sup>4</sup>, Inri Paredes, MD, PhD<sup>5</sup>, and Pablo Sáez, PhD<sup>6</sup>

DOI: <https://doi.org/10.1006/ajoc.2023.00380>

**ABSTRACT**

**PURPOSE** A critical task in oncology is extracting information related to cancer metastasis from electronic health records. Metastasis-related information is crucial for planning treatment, evaluating patient prognoses, and cancer research. However, the unstructured way in which findings of distant metastasis are often written in radiology reports makes it difficult to extract information automatically. The main aim of this study was to extract distant metastasis findings from free-text imaging and nuclear medicine reports to classify the patient status according to the presence or absence of distant metastasis.

**MATERIALS AND METHODS** We created a distant metastasis annotated corpus using positron emission tomography-computed tomography and computed tomography reports of patients with prostate, colorectal, and breast cancers. Entities were labeled M1 or M0 according to affirmative or negative metastasis descriptions. We used a named entity recognition model on the basis of a bidirectional long-short-term memory model and conditional random fields to identify entities. Mentions were subsequently used to classify whole reports into M1 or M0.

**RESULTS** The model detected distant metastasis mentions with a weighted average F<sub>1</sub> score performance of 0.84. Whole reports were classified with an F<sub>1</sub> score of 0.92 for M0 documents and 0.90 for M1 documents.

**CONCLUSION** These results show the usefulness of the model in detecting distant metastasis findings in three different types of cancer and the consequent classification of reports. The relevance of this study is to generate structured distant metastasis information from free-text imaging reports in Spanish. In addition, the

Check for updates

Accepted November 8, 2023  
Published January 9, 2024

JCO Clin Cancer Inform  
8(2023)10  
© 2024 by American Society of  
Clinical Oncology

ACCOMPANYING CONTENT  
Data Supplement

## Operating room scheduling under waiting time constraints: the Chilean GES plan

Javiera Barrera<sup>1</sup> · Rodrigo A. Carrasco<sup>1</sup> · Susana Mondschein<sup>1</sup> · Gianpiero Canessa<sup>1</sup> · David Rojas-Zalazar<sup>2</sup>

© Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2018

### Abstract

In 2000, Chile introduced profound health reforms to achieve a more equitable and fairer system (GES plan). The reforms established a maximum waiting time between diagnosis and treatment for a set of diseases, described as an opportunity guarantee within the reform. If the maximum waiting time is exceeded, the patient is referred to another (private) facility and receives a voucher to cover the additional expenses. This voucher is paid by the health provider that had to do the procedure, which generally is a public hospital. In general, this reform has improved the service for patients with GES pathologies at the expense of patients with non-GES pathologies. These new conditions create a complicated planning scenario for hospitals, in which the hospital's OR Manager must balance the fulfillment of these opportunity guarantees and the timely service of patients not covered by the guarantee. With the collaboration of the *Instituto de Neurocirugía*, in Santiago, Chile, we developed a mathematical model based on stochastic dynamic programming to schedule surgeries in order to minimize the cost of referrals to the private sector. Given the large size of the state

Contents lists available at ScienceDirect

Engineering Applications of Artificial Intelligence

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/engappai](http://www.elsevier.com/locate/engappai)

## The problem of estimation and forecasting of obesity prevalence using sparsely collected data

Luis Rojo-González<sup>a,b,c</sup>, Jocelyn Dunstan<sup>a,d</sup>, Cristóbal Cuadrado<sup>e</sup>, Denisse Ávalos<sup>f</sup>, Javier Moraga-Correa<sup>g</sup>, Nelson Troncoso<sup>h</sup>, Óscar C. Vásquez<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Santiago of Chile (USACH), Santiago, Chile  
<sup>b</sup> Program for the Development of Sustainable Production Systems (PGDPS), Faculty of Engineering, University of Santiago of Chile (USACH), Santiago, Chile  
<sup>c</sup> Departamento de Ciencia de la Computación e Instituto de Ingeniería Matemática y Computacional, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile  
<sup>d</sup> Instituto Milenio Fundamentos de los Datos, Santiago, Chile  
<sup>e</sup> Escuela de Salud Pública, Universidad de Chile, Santiago, Chile

**ARTICLE INFO**

**Keywords:**  
 Nonlinear pattern recognition  
 System dynamics modeling  
 Sparsely collected data  
 Cross-sectional data

**ABSTRACT**

The problem of estimation and forecasting of population nutritional status has been addressed in the literature, showing successful results when the data are available and frequently collected over time. However, most low and middle-income countries collect nutritional status data sparsely, and consequently, the necessary absence of information may negatively affect decisions from policymakers. In this context, the problem of estimation and forecasting of obesity prevalence using sparsely collected cross-sectional data is formally stated and a novel sequential approach to address it is proposed. Specifically, this work describes the nutritional status dynamics using a system of nonlinear difference equations, where the set of transition probabilities are unknown parameters due to the sparsely collected cross-sectional data. Then, an artificial neural network alike model is proposed through its equivalent nonlinear programming model, considering the difference equations system as constraints as well as bounds for the transition probabilities based on literature data. In addition, comprehensive data collection and information analysis processes to compute demographic parameters are

Contents lists available at ScienceDirect

European Journal of Operational Research

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ejor](http://www.elsevier.com/locate/ejor)

## Interfaces with Other Disciplines

### Dealing with uncertain surgery times in operating room scheduling

Macarena Azar<sup>a</sup>, Rodrigo A. Carrasco<sup>a,c</sup>, Susana Mondschein<sup>b</sup>

<sup>a</sup> School of Engineering and Sciences, Universidad Andrés Bello, Diego Luis Ferrer 2940, Santiago, Chile  
<sup>b</sup> Industrial Engineering Department, Universidad de Chile, Instituto Sistema Científico de Ingeniería, Aca. República 701, Santiago, Chile

**ARTICLE INFO**

**ABSTRACT**

The operating theater is one of the most expensive units in the hospital, representing up to 40% of the total expenses. Because of its importance, the operating room scheduling problem has been addressed from many different perspectives since the early 1960s. One of the main difficulties that has reduced the applicability of the current results is the high variability in surgery duration, making schedule recommendations hard to implement.

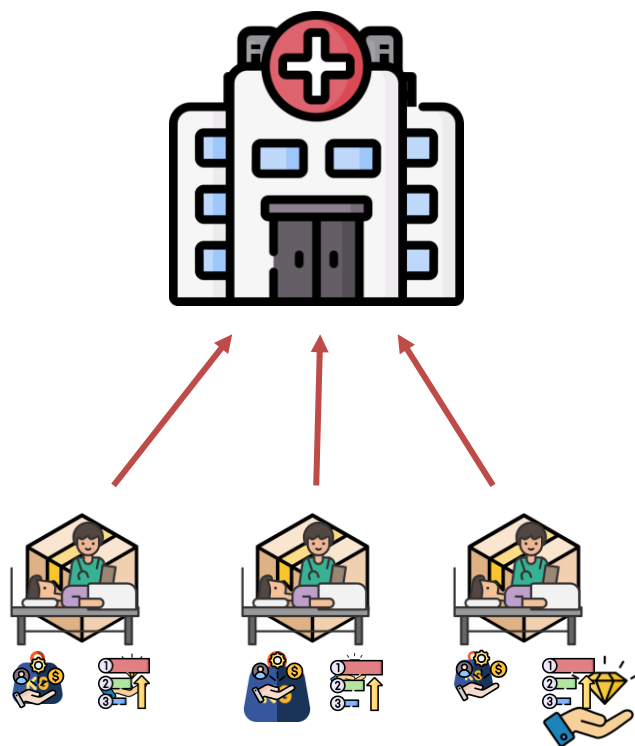
In this work, we propose a time-indexed scheduling formulation to solve the operational problem. Our main contribution is that we propose the use of chance constraints related to the surgery duration's probability distribution for each surgeon to improve the scheduling performance. We show how to implement these chance constraints as linear ones in our time-indexed formulation, enhancing the performance of the resulting schedules significantly.

Through data analysis of real historical instances, we develop specific constraints that improve the schedule, reducing the need for overtime without affecting the utilization significantly. Furthermore, these constraints give the operating room manager the possibility of balancing overtime and utilization through a tuning parameter in our formulation. Finally, through simulations and the use of real instances, we report the performance for four different metrics, showing the importance of using historical data to get the right balance between the utilization and overtime.

**Keywords:**  
 Scheduling  
 OR in health services  
 Operating room scheduling  
 Scheduling under uncertainty

© 2021 Elsevier B.V. All rights reserved.

## ¿Por qué la capacidad debe ser un elemento relevante?



- Agendar por lista de prioridad sin considerar las restricciones de capacidad limita el uso eficiente de los recursos del sistema.
- Pero no podemos “saltarnos” pacientes sin una razón transparente: aquí entran los modelos de apoyo a la toma de decisión en los que trabajamos.

## Pero sin olvidar que estamos centrados en las personas



- Estas herramientas, conectadas con el conocimiento del proceso, permiten apoyar la gestión de las listas de espera de forma eficiente y transparente; se debe combinar el foco del “viaje del paciente” con un entendimiento del proceso y sus restricciones.
- ¿Cómo hemos trabajado?
  1. Levantar el proceso y entender la forma en que se toman las decisiones, incluyendo identificación de datos relevantes y su disponibilidad.
  2. Desarrollar un piloto de herramientas para el apoyo de toma de decisiones.
  3. Validar y comunicar las herramientas.
  4. Desarrollar recomendaciones de política pública para apoyar en este problema.



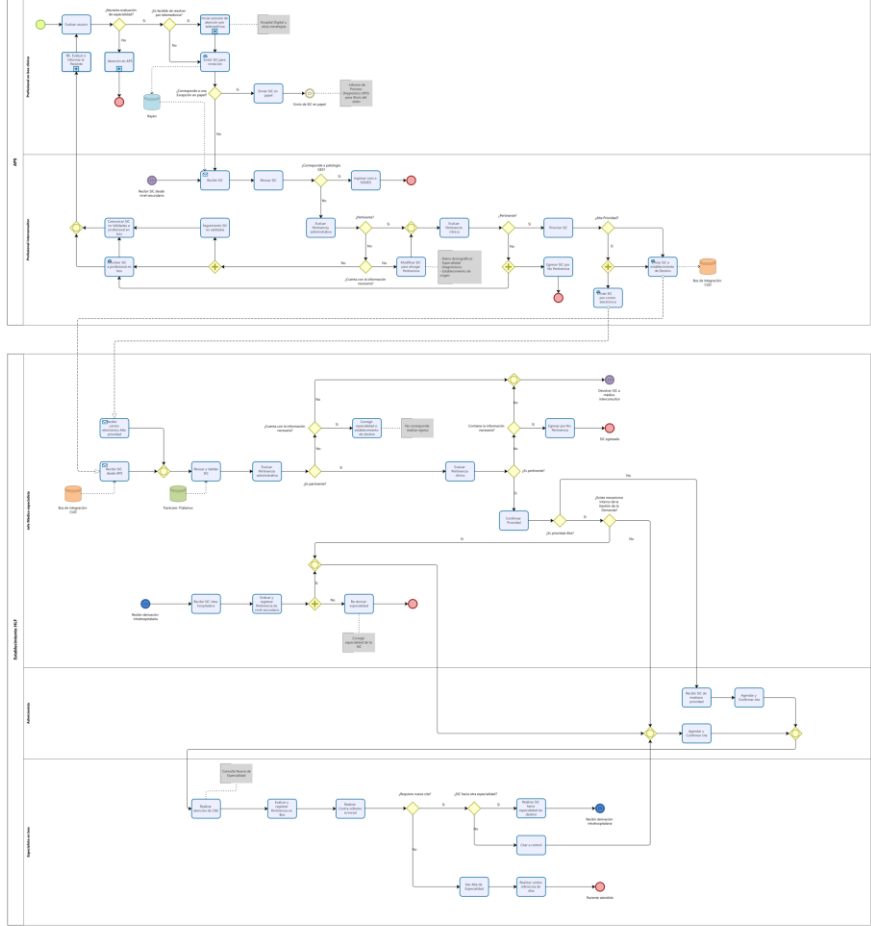
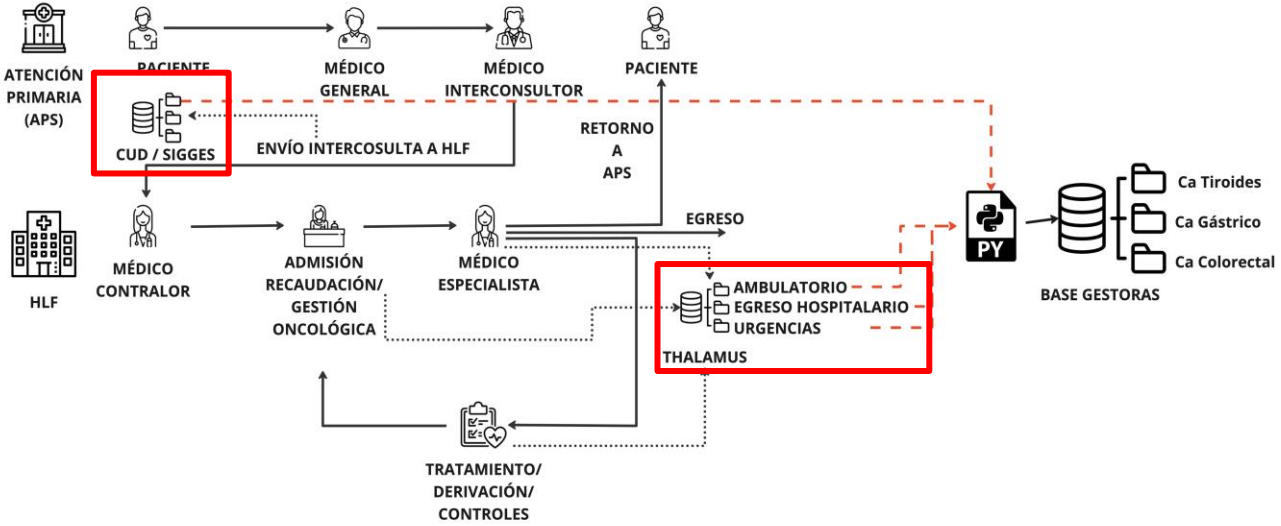
### **3. Resultados del trabajo**

# El levantamiento de procesos nos permite entenderlo

## ETAPAS Y ESTADOS



# El detalle y la estandarización son necesarias



## Donde la automatización genera un aporte significativo



Búsqueda de pacientes mediante **expresiones regulares** asociadas al problema oncológico  
**codificación y diagnósticos**

- Identificación de personas con cáncer.
- Dashboard oncológico.
- Cuellos de botella en tiempo real.

- Datos estructurados para gestión.
- Modelos matemáticos de predicción.
- Propuesta de modelo de priorización.



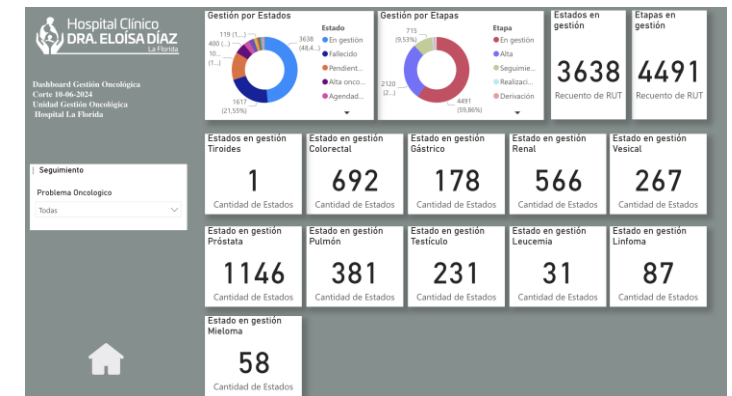
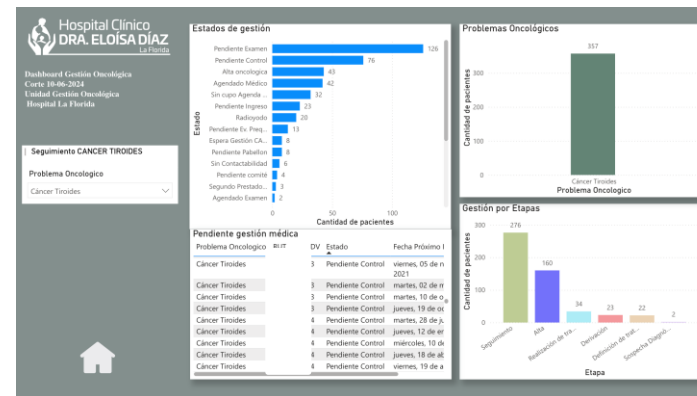
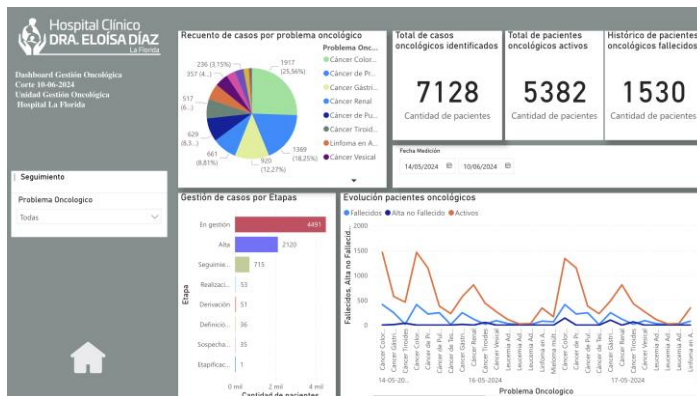
# Problemas identificados

---

- Falta de coordinación y registro dinámico.
- Procesos Ineficientes en el Ciclo de Atención
- Problemas en la Automatización y Análisis de Datos
- Problemas con la Capacidad de Atención y Uso de Recursos
- Limitaciones en el Registro Clínico y la Gestión de Casos
- Estandarizar y entender de procesos, gestión de datos adecuada y herramientas transparentes de apoyo a la toma de decisiones se vuelven clave para resolver estos problemas.

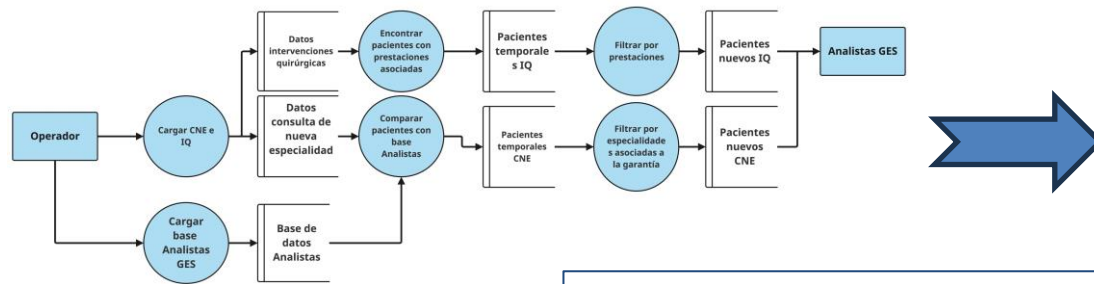
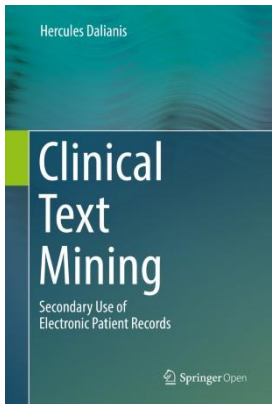
# Resultados: estandarización y digitalización de procesos

- Redujo el tiempo requerido por el personal para gestionar casos.
- Permitted to connect the process of each patient with the relevant data to visualize the status of each group of patients.
- The visualization of these data allows for management, identifying limitations and finding opportunities for improvement.



# Resultados: automatización de análisis

- Las herramientas de IA permiten automatizar el análisis de datos clínicos.
- Pero se requiere el conocimiento local, tanto de datos como de herramientas.



Abbreviation Medication Abbreviation  
TTO DE 4 MESES CON DIXIE 35 X

Body Part Disease Diagnostic Procedure Abbreviation  
OVARIOS CON 2 QUISTES ECO18-12-2012:

Body Part Laboratory or Test Result Abbreviation  
ANEXO IZQUIERDO CON IMAGEN ECOGENICA DE APROX 3,5X 3,1.

Finding Finding Abbreviation  
EN PROYECTO DE EMBARAZO SIN MAC 10 AÑOS.

## Automatic Coding at Scale: Design and Deployment of a Nationwide System for Normalizing Referrals in the Chilean Public Healthcare System

**Fabían Villena**  
Center for Mathematical Modeling & Department of Computer Sciences  
University of Chile  
fabian.villena@uchile.cl

**Matías Rojas**  
Center for Mathematical Modeling  
University of Chile  
matias.rojas.g@ug.uchile.cl

**Felipe Arias**  
Center for Mathematical Modeling  
University of Chile  
felipe.arias.t@ug.uchile.cl

**Jorge Pacheco**  
Dept. of Statistics and Health Information  
Chilean Ministry of Health  
jorge.pacheco@minsal.cl

**Paulina Vera**  
Dept. of Statistics and Health Information  
Chilean Ministry of Health  
paulina.vera@minsal.cl

**Jocelyn Dunstan**  
Dept. Computer Science & IMC  
Pontifical Catholic University of Chile  
jdunstan@uc.cl

- En el piloto se redujo en casi un 50% el tiempo dedicado a revisión de bases de datos.
- Aumentó en un 280% la capacidad de gestión de pacientes.
- Redujo de 52 a 15 días la respuesta a garantías de salud.

# Resultados: modelos de priorización

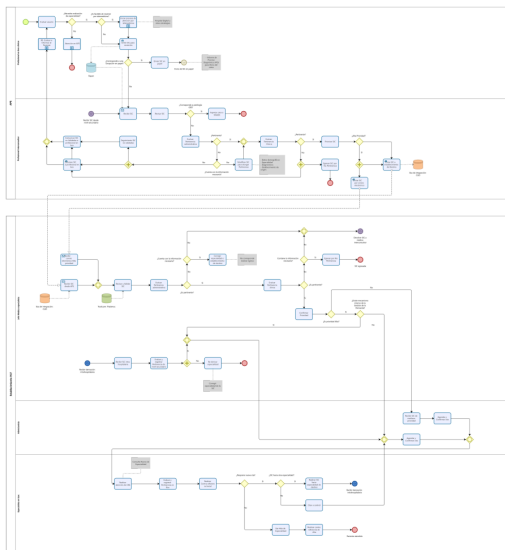
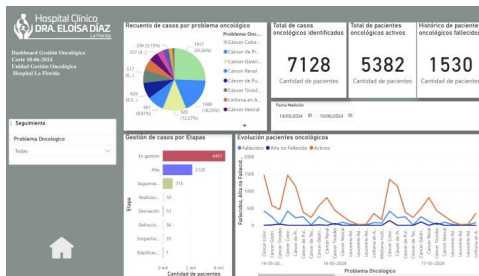
- Parámetros:
  - $priority[i] = \begin{cases} 3, & \text{si Etapa} = \text{Sospecha, Etapificación} \\ 2, & \text{si Etapa} = \text{Derivación, Def tratamiento, Tratamiento} \\ 0, & \text{si Etapa} = \text{Alta, Seg. post tratamiento, En gestión} \end{cases}$
  - $ges[i] = \begin{cases} 5, & \text{si el paciente tiene etiqueta GES} \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$
  - $fecha\ prioridad[i] = \begin{cases} 5, & \text{dias\_diferencia} \leq 0 \\ \max(5 - \frac{\text{dias\_diferencia}}{30}, 0), & \text{dias\_diferencia} > 0 \end{cases}$
  - donde  $dias\_diferencia = (fecha\ actual - fecha\ prox\ hito[i])$
  - $espera\ prioridad[i] = \begin{cases} 0, & \text{si la fecha es NaN} \\ \max(\frac{\text{dias\_espera}}{30}, 5), & \text{en caso contrario} \end{cases}$
  - donde  $dias\_espera = (fecha\ actual - fecha\ ultima\ atencion[i])$
- Función Objetivo:
 
$$\max \sum_i x_i (priority[i] + ges[i] + fecha\ prioridad[i] + espera\ prioridad[i])$$
- Desarrollamos un modelo preliminar que consideraba algunas de los tipos de cáncer con datos ya procesados.
- El modelo permitió priorizar, en segundos, los pacientes considerando toda la información del estado del sistema (capacidad y recursos), así cómo también la prioridad clínica que tenía cada paciente.
- Estos modelos permiten transparentar por qué cada paciente queda en cada lugar, lo que permite auditarlos.
- El desafío es explicar cómo funcionan estos algoritmos a la sociedad para apoyar su adopción.





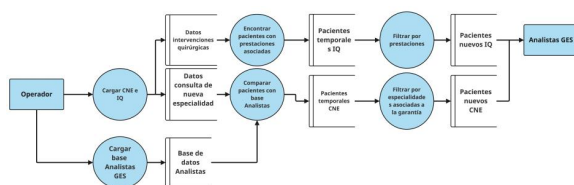
## 4. Propuestas de Política Pública

# Estandarización y Digitalización de Procesos Clínicos



- **Propuesta:** Implementar un sistema estandarizado de gestión y registro de datos clínicos en todos los hospitales y centros de salud con un piloto en el Servicio de Salud Metropolitano Sur Oriente.
- **Justificación:** La falta de levantamiento y documentación de procesos impide la aplicación de herramientas de optimización. Establecer procesos estandarizados permitirá un análisis más efectivo y una mejor toma de decisiones.
- **Acciones:**
  - Crear protocolos para el registro uniforme de datos clínicos de pacientes oncológicos.
  - Desarrollar e implementar un sistema digital que centralice la información de los pacientes y permita el acceso en tiempo real.
  - Capacitar al personal de salud en el uso de nuevas tecnologías y en la importancia de un registro preciso de datos.

# Automatización del Análisis de Datos Clínicos



- **Propuesta:** Invertir en tecnología de procesamiento de lenguaje natural (PLN) para automatizar el análisis y la interpretación de datos clínicos.
- **Justificación:** La gran cantidad de datos no estructurados requiere herramientas avanzadas para su procesamiento y conversión en información útil para la toma de decisiones.
- **Acciones:**
  - Desarrollar e implementar un sistema de PLN que extraiga información relevante de historiales clínicos y otros documentos.
  - Integrar este sistema con la base de datos estandarizada para que los datos se procesen de manera automática y continua.
  - Monitorear y actualizar el sistema para asegurar su precisión y relevancia a lo largo del tiempo.

## Automatic Coding at Scale: Design and Deployment of a Nationwide System for Normalizing Referrals in the Chilean Public Healthcare System

**Fabían Villena**  
Center for Mathematical Modeling  
& Department of Computer Sciences  
University of Chile  
fabian.villena@uchile.cl

**Matías Rojas**  
Center for Mathematical Modeling  
University of Chile  
matias.rojas.g@ug.uchile.cl

**Felipe Arias**  
Center for Mathematical Modeling  
University of Chile  
felipe.arias.t@ug.uchile.cl

**Jorge Pacheco**  
Dept. of Statistics and Health Information  
Chilean Ministry of Health  
jorge.pacheco@minsal.cl

**Paulina Vera**  
Dept. of Statistics and Health Information  
Chilean Ministry of Health  
paulina.vera@minsal.cl

**Jocelyn Dunstan**  
Dept. Computer Science & IMC  
Pontifical Catholic University of Chile  
jdunstan@uc.cl

Original Reports | Artificial Intelligence

## Automatic Detection of Distant Metastasis Mentions in Radiology Reports in Spanish

Ricardo Ahumada, MSc<sup>1</sup>; Jocelyn Dunstan, PhD<sup>2</sup>; Matías Rojas, MSc<sup>3</sup>; Sergio Peñafiel, MSc<sup>4</sup>; Inti Paredes, MD, PhD<sup>4</sup>; and Pablo Báez, MD<sup>1</sup>

# Desarrollo e Implementación de Modelos de Optimización para la Priorización de Pacientes Oncológicos

Nombre del Paciente	Etapa	Etiqueta GES	Fecha Próximo Hito	Fecha Última atención	Score
	Sospecha Diagnóstica	True	2024-06-24	2024-04-23	173.700000
	Sospecha Diagnóstica	True	2024-06-28	2024-04-16	173.266667
	Sospecha Diagnóstica	True	2024-06-13	2024-04-18	168.266667
	Seguimiento	True	2024-06-14	2024-03-22	167.033333
	Sospecha Diagnóstica	True	2024-07-04	2024-06-04	150.366667
	...	...	...	...	...
	Seguimiento	True	2024-06-27	NaT	97.000000
	Sospecha Diagnóstica	True	2024-04-30	NaT	96.533333
	Seguimiento	True	2024-07-01	NaT	93.566667
	Seguimiento	True	2024-07-01	NaT	93.566667
	Seguimiento	True	2024-06-24	NaT	91.200000

- Parámetros:

$$priority[i] = \begin{cases} 3, & \text{si Etapa} = \text{Sospecha, Etapificación} \\ 2, & \text{si Etapa} = \text{Derivación, Def tratamiento, Tratamiento} \\ 0, & \text{si Etapa} = \text{Alta, Seg. post tratamiento, En gestión} \end{cases}$$

$$ges[i] = \begin{cases} 5, & \text{si el paciente tiene etiqueta GES} \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

$$fecha\ prioridad[i] = \begin{cases} 5, & \text{dias\_diferencia} \leq 0 \\ \max(5 - \frac{\text{dias\_diferencia}}{30}, 0), & \text{dias\_diferencia} > 0 \end{cases}$$

$$\text{donde } dias\_diferencia = (fecha\ actual - fecha\ prox\ hito[i])$$

$$espera\ prioridad[i] = \begin{cases} 0, & \text{si la fecha es NaN} \\ \max(\frac{\text{dias\_espera}}{30}, 5), & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

$$\text{donde } dias\_espera = (fecha\ actual - fecha\ ultima\ atencion[i])$$

- Función Objetivo:

$$\max \sum_i x_i (priority[i] + ges[i] + fecha\ prioridad[i] + espera\ prioridad[i])$$

- Propuesta:** Desarrollar e implementar modelos de optimización matemática para mejorar la gestión de listas de espera de pacientes oncológicos en el sistema de salud chileno.
- Justificación:** Contar con herramientas transparentes de apoyo a la toma de decisiones permite ser más eficientes en el uso de la capacidad del sistema, atendiendo más pacientes al reducir recursos perdidos.
- Acciones:**
  - Desarrollo de modelos de optimización que consideran la capacidad del sistema y los parámetros relevantes de priorización de pacientes.
  - Validación en entornos controlados.
  - Monitoreo y ajuste continuo de modelos.
  - Creación de una unidad de analítica avanzada en los hospitales.



# Creación de una Base Nacional de Personas con Cáncer

---



- **Propuesta:** La creación de una Base Nacional de Cáncer centralizaría y unificaría los datos clínicos de pacientes oncológicos de todo el país, permitiendo que los desarrollos antes mencionados tuvieran un alcance mayor, gestionando la red de salud completa en vez de sólo un hospital en especial.
- **Justificación:** La fragmentación y desactualización de los registros actuales afectan la calidad de la atención y dificultan la priorización de pacientes.
- **Acciones:**
  - Diseño y Desarrollo de la Plataforma Nacional.
  - Establecimiento de Protocolos de Recolección y Validación de Datos.
  - Colaboración entre Instituciones de Salud.
  - Uso de la Base para Optimización y Triage a nivel sistema.
  - Promoción de la Transparencia y Acceso para Investigación.

## Para discutir

---

- ¿Qué fortalezas y desafíos ven en estas propuestas de políticas públicas?
- ¿Cuáles son los principales desafíos y barreras que enfrentan actualmente las instituciones de salud en la gestión y priorización de listas de espera oncológicas?
- ¿Qué actores e instituciones deberían ser involucrados para implementar con éxito las propuestas de estandarización de procesos y automatización del análisis de datos clínicos?
- ¿Qué medidas podrían tomarse para garantizar la sostenibilidad y actualización continua de las herramientas tecnológicas propuestas, como los sistemas de optimización y análisis de datos automatizado?
- ¿Cómo podemos garantizar que las nuevas herramientas y procesos propuestos sean adoptados de manera efectiva por el personal clínico y administrativo?
- ¿Cómo podemos medir el éxito de las iniciativas propuestas en términos de mejora en la gestión de listas de espera y calidad de atención?

SEMINARIO

# Lista de espera oncológica: estrategias para la gestión en los servicios de salud

Jocelyn Dunstan  
Rodrigo A. Carrasco  
José Peña

Miércoles 20 de Noviembre



**LISTA DE ESPERA  
ONCOLÓGICA: ESTRATEGIAS  
PARA LA GESTIÓN EN LOS  
SERVICIOS DE SALUD**