



**Revista Argentina de Cardiología**  
**Argentine Journal of Cardiology**

Abril 2026

Vol. 94 SUPL. 6

ISSN 0034-7000

[www.rac.sac.org.ar](http://www.rac.sac.org.ar)

**Consenso de Salud  
Digital**

**SOCIEDAD ARGENTINA DE CARDIOLOGÍA**



# REVISTA ARGENTINA DE CARDIOLOGIA

ORGANO CIENTIFICO DE LA SOCIEDAD ARGENTINA DE CARDIOLOGIA

## COMITÉ EDITOR

### Director

JORGE THIERER  
Instituto Universitario CEMIC, CABA

### Director Adjunto

CLAUDIO C. HIGA  
Hospital Alemán, CABA

### Directores Asociados

ERNESTO DURONTO  
Fundación Favalaro, CABA  
JUAN PABLO COSTABEL  
Instituto Cardiovascular de Buenos Aires, CABA  
WALTER M. MASSON  
Instituto Universitario Hospital Italiano, CABA  
JAVIER GUETTA  
Instituto Universitario CEMIC, CABA  
GASTÓN RODRÍGUEZ GRANILLO  
Instituto Médico ENERI, Clínica La Sagrada Familia (CABA)  
SANDRA SWIESZKOWSKI  
Hospital de Clínicas José de San Martín, CABA

### Delegado por la SAC

KAREN WAISTEN

### Editor de Ciencias básicas

BRUNO BUCHHOLZ  
Universidad de Buenos Aires

### Vocales

MARIANO FALCONI  
Instituto Universitario Hospital Italiano, CABA  
LUCRECIA BURGOS  
Instituto Cardiovascular de Buenos Aires, CABA  
JOSÉ LUIS BARISANI  
Hospital Presidente Perón, Avellaneda, Buenos Aires  
JORGE CARLOS TRAININI  
Hospital Presidente Perón, Avellaneda, Buenos Aires  
GUILLERMO ERNESTO LINIADO  
Hospital Argerich, CABA  
ELIÁN GIORDANINO  
Clínica Las Condes, Santiago de Chile  
MARIANO TREVISÁN  
Sanatorio San Carlos, Bariloche, Rio Negro  
BIBIANA MARÍA DE LA VEGA  
Hospital Zenón Santillán, Universidad Nacional de Tucumán

### Consultor en Estadística, Buenos Aires

JAVIER MARIANI  
Hospital El Cruce, Buenos Aires

### Coordinación Editorial

PATRICIA LÓPEZ DOWLING

## COMITÉ HONORARIO

MARCELO V. ELIZARI (ARG)  
GUILLERMO KREUTZER (ARG)

JOSÉ NAVIA (ARG)

## COMITÉ EDITOR INTERNACIONAL

AMBROSIO, GIUSEPPE (ITALIA)  
University of Perugia School of Medicine, Perugia  
ANTZELEVITCH, CHARLES (EE.UU)  
Masonic Medical Research Laboratory  
BADIMON, JUAN JOSÉ (EE.UU)  
Cardiovascular Institute, The Mount Sinai School of Medicine  
BARANCHUK, ADRIÁN (CANADÁ)  
Queen's University, Kingston  
BAZÁN, MANUEL (CUBA)  
INCOR, La Habana  
BLANKSTEIN, RON  
Harvard Medical School (EEUU)  
BRUGADA, RAMÓN (ESPAÑA)  
Cardiology Department, The Thorax Institute, Hospital Clinic, University of Barcelona, Barcelona  
CABO SALVADOR, JAVIER  
Departamento de Ciencias de la Salud de la Universidad de Madrid UDIMA (ESPAÑA)  
CAMM, JOHN (GRAN BRETAÑA)  
British Heart Foundation, St. George's University of London  
CARRERAS COSTA, FRANCESC (ESPAÑA)  
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Universitat Autònoma de Barcelona  
CHACHQUES, JUAN CARLOS (FRANCIA)  
Pompidou Hospital, University of Paris Descartes, Paris  
DEMARIA, ANTHONY N. (EE.UU)  
UCSD Medical Center, San Diego, California  
DI CARLI, MARCELO (EE.UU)  
Harvard Medical School, Boston, MA  
EVANGELISTA MASI, ARTURO (ESPAÑA)  
Instituto Cardiológico. Quirónsalud-Teknon, Barcelona  
EZEKOWITZ, MICHAEL (EE.UU)  
Lankenau Medical Center, Medical Science Building, Wynnewood, PA  
FEIGENBAUM, HARVEY (EE.UU)  
Indiana University School of Medicine, Indianapolis  
FERRARI, ROBERTO (CANADÁ)  
University of Alberta, Edmonton, Alberta  
FERRARIO, CARLOS (EE.UU)  
Wake Forest University School of Medicine, Winston-Salem  
FLATHER, MARCUS (GRAN BRETAÑA)  
Royal Brompton and Harefield NHS Foundation Trust and Imperial College London  
FUSTER, VALENTIN (EE.UU.)  
The Mount Sinai Medical Center, New York  
GARCÍA FERNÁNDEZ, MIGUEL ÁNGEL (ESPAÑA)  
Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Medicina  
JUFFÉ STEIN, ALBERTO (ESPAÑA)  
Department of Cardiology, A Coruña  
University Hospital, La Coruña

KASKI, JUAN CARLOS (GRAN BRETAÑA)  
St George's University of London, Cardiovascular Sciences Research Centre, Cranmer Terrace, London  
KHANDERIA, BIJOY (EE.UU)  
Aurora Cardiovascular Services  
KRUCOFF, MITCHELL W. (EE.UU)  
Duke University Medical Center, Durham  
LÓPEZ SENDÓN, JOSÉ LUIS (ESPAÑA)  
Hospital Universitario La Paz, Instituto de Investigación La Paz, Madrid  
LUSCHER, THOMAS (SUIZA)  
European Heart Journal, Zurich Heart House, Zürich, Switzerland  
MARZILLI, MARIO (ITALIA)  
Cardiothoracic Department, Division of Cardiology, University Hospital of Pisa  
MAURER, GERALD (AUSTRIA)  
Univ.-Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie I, Christian-Doppler-Klinik, Salzburg  
MOHR, FRIEDRICH (ALEMANIA)  
Herzzentrum Universität Leipzig, Leipzig  
NANDA, NAVIN (EE.UU)  
University of Alabama at Birmingham, Birmingham  
NEUBAUER, STEFAN  
University of Oxford and John Radcliffe Hospital (GRAN BRETAÑA)  
NILSEN, DENNIS (NORUEGA)  
Department of Cardiology, Stavanger University Hospital, Stavanger  
PALACIOS, IGOR (EE.UU)  
Massachusetts General Hospital  
PANZA, JULIO (EE.UU)  
MedStar Washington Hospital Center, Washington, DC  
PICANO, EUGENIO (ITALIA)  
Institute of Clinical Physiology, CNR, Pisa  
PINSKI, SERGIO (EE.UU)  
Cleveland Clinic Florida  
RASTAN, ARDAWAN (ALEMANIA)  
Universitäts-Herzzentrum Freiburg-Bad Krozingen  
SERRUYS, PATRICK W.  
Imperial College (GRAN BRETAÑA)  
SICOURI, SERGE (EE.UU)  
Masonic Medical Research Laboratory, Utica  
THEROUX, PIERRE (CANADÁ)  
University of Toronto, Ontario  
TOGNONI, GIANNI (ITALIA)  
Conorzio Mario Negri Sud, Santa Maria Imbaro, Chieti  
VENTURA, HÉCTOR (EE.UU)  
Ochsner Clinical School-The University of Queensland School of Medicine, New Orleans  
WIELGOSZ, ANDREAS (CANADÁ)  
University of Calgary, Calgary, Alberta  
ZIPES, DOUGLAS (EE.UU)  
Indiana University School of Medicine, Indianapolis

## SOCIEDAD ARGENTINA DE CARDIOLOGIA

### COMISIÓN DIRECTIVA

#### Presidente

SERGIO J. BARATTA

#### Presidente Electo

MIRTA DIEZ

#### Vicepresidente 1°

MARIANO FALCONI

#### Vicepresidente 2°

CHRISTIAN SMITH

#### Secretario

IVÁN CONSTANTIN

#### Tesorero

YANINA CASTILLO COSTA

#### Prosecretario

ANALÍA AQUIERI

#### Protesorero

MIGUEL SCHIAVONE

#### Vocales Titulares

GABRIELA SONIA ZEBALLOS

KAREN WAISTEN

SUSANA LLOIS

FERNANDO GONZÁLEZ PARDO

#### Vocal Suplentes

MIRIAM G. DÍAZ

CLAUDIA G. BUCAY

NEIVA MACIEL

JULIO BISUTTI

#### Presidente Anterior

PABLO G. STUTZBACH

## Revista Argentina de Cardiología

La Revista Argentina de Cardiología es propiedad de la Sociedad Argentina de Cardiología

ISSN 0034-7000 ISSN 1850-3748 versión electrónica - Registro de la Propiedad Intelectual en trámite

Full English text available. Indexada en SciELO, Scopus, Embase, LILACS, Latindex, Redalyc, Dialnet y DOAJ. Incluida en el Núcleo Básico de Revistas Científicas Argentinas del CONICET.

## VOL 94 SUPLEMENTO 6 2026

### Dirección Científica y Administración

Azuénaga 980 - (1115) Buenos Aires / Tel.: (+5411) 5031-5884 / e-mail: revista@sac.org.ar / web site: www.sac.org.ar

Atención al público de lunes a viernes de 13 a 20 horas

# Consenso de Salud Digital

## SOCIEDAD ARGENTINA DE CARDIOLOGÍA

### Directores

Sebastián S. Benítez <sup>MTSAC</sup>

Mariano Benzadón <sup>MTSAC</sup>

### Sub director

Federico Cintora <sup>MTSAC</sup>

### Secretario

Gabriel Perea <sup>MTSAC</sup>

### Coordinadores

Gustavo Daquarti

Eduardo Filipini <sup>MTSAC</sup>

Rocio Blanco

Ignacio Ríos <sup>MTSAC</sup>

Jorgelina Medus <sup>MTSAC</sup>

Marina Baglioni <sup>MTSAC</sup>

Agustina Miragaya

### Comité de redacción

Juan Martín Adjigogovic

Sebastián Aguiar

Franco Ballari

Maico Bernal

Juan Pablo Bonifacio

Carlos David Bruque

Lucrecia Burgos <sup>MTSAC</sup>

Daniela Cardillo

Adrián Carlessi

Flavio Colavecchia

Pablo Elissamburu <sup>MTSAC</sup>

Mariel Foti

Enrique Gómez <sup>MTSAC</sup>

Mariana Guerchicoff

Silvina Manuela Mansilla

German Matto

Lucas Müller

Sebastián Obregón <sup>MTSAC</sup>

Carlos Otero

Lucas Suárez

Juan Manuel Rodríguez Platas

Nicolás Vecchio

Victoria Saez

Daniel Zaffora

### Revisores

Silvia Makhoul <sup>MTSAC</sup>

María Luz Fernández Recalde <sup>MTSAC</sup>

### Por ACN

Guadalupe Pagano

Los autores recomiendan citar este documento de esta forma:

Benítez S, Benzadón M, Cintora F, Perea G, Daquarti G, Filipini E y cols. Consenso de Salud Digital. Rev Argent Cardiol 2026;94:1-65. <https://doi.org/10.7775/rac.es.v94.s6>

# SOCIEDAD ARGENTINA DE CARDIOLOGÍA

## ÁREA DE CONSENSOS Y NORMAS

### **Director**

Santiago Lynch <sup>MTSAC</sup>

### **Subdirector**

Guadalupe Paganó

### **Secretaria**

Paola Rojas

### **Vocales**

Juan Martín Alfonso

Gustavo Castiello <sup>MTSAC</sup>

Ana Mallio

Ramiro García Manghi

Carlos Ruano <sup>MTSAC</sup>

### **Comité Asesor**

Sebastián Peralta <sup>MTSAC</sup>

Maximiliano de Abreu <sup>MTSAC</sup>

Mario Spennato <sup>MTSAC</sup>

*Las opiniones, pautas o lineamientos contenidos en los Consensos o Recomendaciones han sido diseñados y planteados en términos genéricos, a partir de la consideración de situaciones concebidas como un modelo teórico. Allí se describen distintas hipótesis alternativas para arribar a un diagnóstico, a la definición de un tratamiento y/o prevención de una determinada patología. De ningún modo puede interpretarse como un instructivo concreto ni como una indicación absoluta.*

*La aplicación específica en el paciente individual de cualquiera de las descripciones generales obrantes en los Consensos o Recomendaciones dependerá del juicio médico del profesional interviniente y de las características y circunstancias que se presenten en torno al caso en cuestión, considerando los antecedentes personales del paciente y las condiciones específicas de la patología por tratar, los medios y recursos disponibles, la necesidad de adoptar medidas adicionales y/o complementarias, etc. La evaluación de estos antecedentes y factores quedará a criterio y responsabilidad del médico interviniente en la decisión clínica final que se adoptará.*



# Índice

---

1. Introducción.....	1
2. Métodos.....	4
3. Desarrollo.....	5
3.1. Inteligencia artificial.....	5
3.2. Teleconsulta.....	16
3.3. Telemonitoreo.....	27
3.4. Imágenes cardiovasculares.....	41
3.5. Genómica en Salud Digital.....	48
3.6. Redes sociales.....	54
3.7. Gestión e historia clínica electrónica.....	56
3.8. Implicancias médico-legales y éticas en la medicina digital.....	61
4. Diseminación y actualización del consenso.....	65

# 1. Introducción

¿Por qué un consenso de salud digital en cardiología? Quizás la mejor respuesta sea otra pregunta, ¿por qué la cardiología o la medicina en general no debería ponerse de acuerdo en cómo adaptarse e implementar las evoluciones continuas y constantes de las tecnologías que cambian radicalmente nuestro día a día?

Por lo cual comenzaremos por unificar y recomendar que todo lo referido a innovación y usos de tecnologías de la información y comunicación (TICs) aplicadas en el ámbito de la salud sean denominados bajo el término de Salud Digital. Por lo que definiremos a la Salud Digital como el uso de las TICs en los procesos de atención sanitaria, estas deben ser empleadas de manera complementaria e innovadora para tratar las necesidades de salud de la población; es decir, nuestra práctica en algunas ocasiones será en el consultorio, en otras en la sala de internación o unidad coronaria y por momentos la misma será a través de las TICs.

Cuando se habla de TICs, se puede referir a diferentes criterios según el contexto de uso del término. A saber, redes, refiriéndose tanto a las redes de radio y televisión, como a las redes de telefonía fija y móvil, así como el ancho de banda. Terminales y equipos: abarca aparatos mediante los que operan las redes de información y comunicación, por ejemplo: computadoras, tabletas, teléfonos celulares, dispositivos de audio y vídeo, televisores, consolas de juego. Servicios, se refiere al amplio espectro de servicios ofrecidos con recursos anteriores; por ejemplo: servicios de correo electrónico, almacenamiento en la nube, educación a distancia, banca electrónica, juegos en línea, servicios de entretenimiento, comunidades virtuales, blogs e inteligencia artificial entre otros.

Es indiscutible que hay elementos del acto médico que hasta ahora sólo se logran de manera presencial, como es el examen físico, que requiere de la interacción del profesional con el paciente en forma personal, en el ámbito adecuado y respetando todas las implicancias ético-legales que rigen la profesión. Mientras esta actividad no sea reconocida como acto médico pleno e idóneo (para determinadas intervenciones) será muy difícil conseguir la jerarquización y regulación de honorarios profesionales para la misma.

## Rol de la salud digital en el fortalecimiento del sistema de salud

El ideal de cobertura de salud tiene como objetivo garantizar la calidad, la accesibilidad y la disponibilidad de los servicios de salud. Sin embargo, sigue habiendo deficiencias para garantizar el acceso a todos los que necesitan servicios de salud y para garantizar que se presten con la calidad prevista sin causar dificultades financieras.

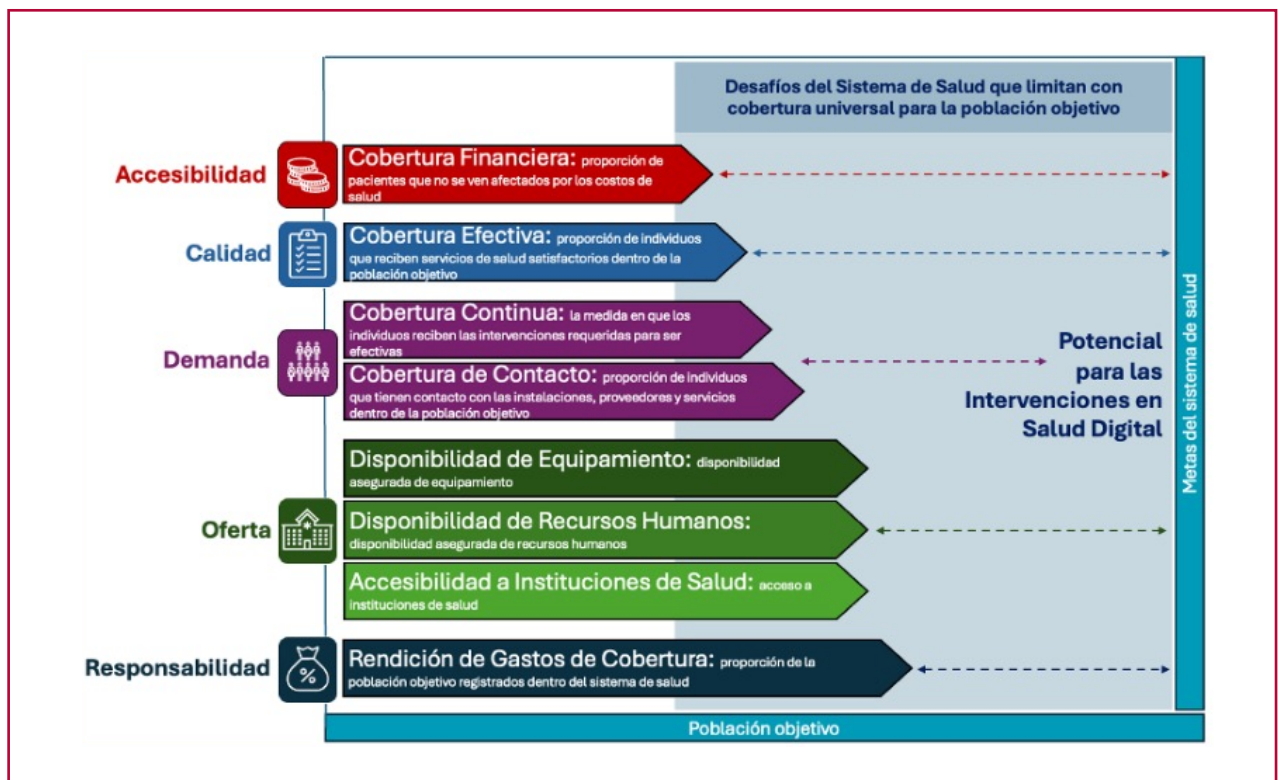


Fig. Modelo Tanahashi adaptado sobre el desempeño del sistema de salud.

El modelo Tanahashi, publicado por la OMS en 1978, proporciona un marco probado en el tiempo para comprender las brechas de los sistemas de salud y cómo estas dificultan la cobertura, la calidad y la disponibilidad previstas de los servicios de salud para las personas. Este modelo en cascada ilustra cómo los sistemas de salud pierden rendimiento debido a los desafíos en los niveles sucesivos, cada uno de los cuales depende del nivel anterior. Los desafíos del sistema de salud, como la inaccesibilidad geográfica, la baja demanda de servicios, el retraso en la prestación de atención, la baja adherencia a los protocolos clínicos y los costos para las personas y los pacientes, contribuyen a pérdidas incrementales en el desempeño del sistema de salud que repercuten acumulativamente en la salud de las personas. Estos déficits limitan la capacidad de cerrar las brechas y socavan el potencial para lograr la mejor cobertura posible.

En el mismo año, por medio de su Declaración de Alma Ata la OMS define la atención primaria de la salud como la atención de salud esencial basada en métodos y tecnologías prácticos, científicamente sólidos y socialmente aceptables, que se hacen universalmente accesibles a las personas y las familias de la comunidad mediante su plena participación y a un costo que la comunidad y el país pueden permitirse mantener en todas las etapas de su desarrollo en un espíritu de autosuficiencia y libre determinación. Es el primer nivel de contacto de las personas, la familia y la comunidad con el sistema nacional de salud, acercando la atención de salud lo más posible al lugar donde las personas viven y trabajan, y constituye el primer elemento de un proceso de atención de salud continuado. Esta declaración de avanzada hasta la fecha se ha visto limitada en su implementación, con muchas brechas para su cumplimiento. Casi 50 años después, a través de las intervenciones en salud digital, puede que la atención primaria de la salud cuente con las herramientas adecuadas para saltar estas brechas y lograr la consecución de su fin.

### Intervenciones en salud digital

Podemos definir intervenciones de salud digitales como una tecnología digital que es utilizada para alcanzar los objetivos en salud, pudiendo ser un punto de partida para categorizar las que se utilizan para superar los desafíos definidos del sistema de salud. A los fines del presente consenso se entiende por intervenciones en salud digital a:

**Teleconsulta:** interacción donde el paciente consulta directamente al profesional utilizando la vía de la tecnología digital.

**Teleinterconsulta:** se define a la teleinterconsulta como la interacción entre dos médicos. Uno de los cuales es denominado consultor y puede encontrarse físicamente presente con el paciente o aún en ausencia de este. El otro médico que es quien se desempeña de manera remota (a la distancia, ya sea se encuentre en territorio nacional o en el extranjero) es usualmente reconocido por su especialidad o por ser de alguna manera destacado en el manejo de un problema médico en particular siendo por ello que se lo requiere especialmente, siendo esto responsabilidad del consultor.

**Telemonitoreo:** el monitoreo constituye un acto profesional médico, que integra la atención del paciente, la cual importa su seguimiento en el tiempo. El telemonitoreo utiliza este sistema de monitoreo de parámetros y métodos complementarios, siendo útiles para el diagnóstico, evaluación de tratamientos y seguimiento del paciente pero que son enviados al profesional de la salud utilizando la vía de la tecnología digital.

**Telegestión:** la misma comprende la comunicación digital para el desarrollo e implementación de: documentales médicas y registros, extensiones de recetas y/o prescripciones de estudios, almacenamiento y transferencia de métodos complementarios de diagnósticos, transmisión de notificaciones y flujos de trabajo a los profesionales de la salud.

**Teleeducación:** alcanza a las diferentes conferencias, cursos y debates entre especialistas (expertos en temas específicos) transmitidas por la vía de la tecnología digital a profesionales de todo el país y también desde y hacia el extranjero, como el uso de las tecnologías de la información y comunicación como herramientas de soporte del conocimiento médico (por ejemplo tarjetas de ayuda cognitiva) y para la transmisión de información segura y de fuente verificable al paciente en particular como a la población en general.

### Recomendaciones

- Se definen como intervenciones en salud digital a la teleconsulta, teleinterconsulta, telemonitoreo, telegestión y teleeducación. **Recomendación de Clase I, Nivel de evidencia C.**
- Las intervenciones en salud digital deben ser consideradas como un acto médico pleno e idóneo. **Recomendación de Clase I, Nivel de evidencia C.**
- Las intervenciones en salud digital, como todo otro acto médico, conlleva la contraprestación del pago de la práctica u honorarios correspondiente. **Recomendación de Clase I, Nivel de evidencia C.**

---

## BIBLIOGRAFÍA

1. Organización Mundial de la Salud (2019). WHO guideline: recommendations on digital intervention for health system strengthening. ISBN 978-92-4-155050-5.
2. Organización Mundial de la Salud (1978). Informe de la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de la Salud. Alma-Ata, URSS. ISBN 92-4-354135-8.
3. Tromp J, Jindal D, Redfern J, Bhatt A, Séverin T, Banerjee A, et al. World Heart Federation Roadmap for Digital Health in Cardiology. *Glob Heart* 2022;17:61. <https://doi.org/10.5334/gh.1141>

## 2. Métodos

### Clases de recomendación y niveles de evidencia

Se detallan el grado de consenso y los niveles de evidencia alcanzados para establecer las recomendaciones finales que se basaron en el reglamento del Área de Normatización y Consensos de la Sociedad Argentina de Cardiología.

### Clases de recomendación

- Clase I: condiciones para las cuales hay evidencia y/o acuerdo general en que el tratamiento/procedimiento es beneficioso, útil y eficaz.
- Clase II: evidencia conflictiva y/o divergencia de opinión acerca de la utilidad, eficacia del método, procedimiento y/o tratamiento.
  - Clase IIa: el peso de la evidencia/opinión está a favor de la utilidad/eficacia.
  - Clase IIb: la utilidad/eficacia está menos establecida.
  - Clase III: evidencia o acuerdo general de que el tratamiento método/procedimiento no es útil/eficaz y en algunos casos puede ser perjudicial.

### Niveles de evidencia

- Nivel de evidencia A: evidencia sólida, proveniente de estudios clínicos aleatorizados o de cohortes con diseño adecuado para alcanzar conclusiones estadísticamente correctas y biológicamente significativas.
- Nivel de evidencia B: datos procedentes de un único ensayo clínico aleatorizado o de grandes estudios no aleatorizados.
- Nivel de evidencia C: consenso de opinión de expertos.

### Identificación de temas prioritarios

Se consideran en el marco de este consenso como temas prioritarios la equidad, la eficiencia, no discriminación, la universalidad, la seguridad, la calidad de la atención de salud, la solidaridad, la preservación de la relación médico - paciente, en el marco del respeto a la confidencialidad y secreto médico, la accesibilidad, la educación y el respeto a la personalidad, la dignidad humana y la identidad, de acuerdo con las disposiciones legales vigentes. La salud digital debe entenderse como un medio complementario, facilitador y no sustitutivo de la atención presencial, en un ámbito más donde el profesional desarrolla su tarea. El uso de estas herramientas en todos los casos debe realizarse contemplando el mejor interés de la población (pacientes, equipo de salud, instituciones de la población civil y del estado).

También es prioridad promover las capacitaciones necesarias de los recursos humanos en salud para el empleo de las herramientas de salud digital en la atención de los usuarios de los servicios. Articular con otras instituciones científicas y con los niveles provinciales y nacional para el desarrollo de un sistema de colaboración que posibilite el crecimiento y la comunidad en materia de innovación e implementación de las intervenciones en salud digital.

---

### BIBLIOGRAFÍA

1. Organización Mundial de la Salud (2019). WHO guideline: recommendations on digital intervention for health system strengthening. ISBN 978-92-4-155050-5.
2. Organización Mundial de la Salud (1978). Informe de la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de la Salud. Alma-Ata, URSS. ISBN 92-4-354135-8.
3. Omboni S. Connected Health in Hypertension Management. *Front Cardiovasc Med* 2019;6:76. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2019.00076>
4. Tromp J, Jindal D, Redfern J, Bhatt A, Séverin T, Banerjee A, et al. World Heart Federation Roadmap for Digital Health in Cardiology. *Glob Heart* 2022;17:61.<https://doi.org/10.5334/gh.1141>

## 3. Desarrollo

### 3.1 - Inteligencia artificial

#### Definiciones relacionadas al capítulo de Inteligencia Artificial

La incorporación de inteligencia artificial (IA) en el ámbito de la salud exige una comprensión compartida de los términos fundamentales que estructuran esta disciplina. Contar con definiciones claras permite alinear criterios, mejorar la comunicación entre equipos interdisciplinarios y establecer un marco común para la adopción segura, ética y efectiva de estas tecnologías.

**Inteligencia Artificial (IA):** Es la capacidad de una máquina para realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como razonar, aprender o tomar decisiones.

**Machine Learning:** Es una técnica dentro de la inteligencia artificial que permite que las computadoras aprendan automáticamente de la experiencia (datos) y mejoren su desempeño sin necesidad de ser programadas paso a paso.

**Deep Learning:** Es una forma avanzada de machine learning que utiliza algoritmos basados en redes neuronales artificiales de múltiples capas, inspiradas en la estructura del cerebro humano, para analizar y modelar grandes volúmenes de datos complejos.

**Redes Neuronales:** Son estructuras inspiradas en el cerebro humano que permiten a las máquinas "aprender" de los datos, ajustando sus conexiones internas en función de la experiencia.

**LLMs (Modelos de Lenguaje de Gran Escala):** Son sistemas de inteligencia artificial entrenados con enormes cantidades de texto, capaces de comprender y generar lenguaje humano de manera fluida, como es el caso de ChatGPT.

**Agente de Inteligencia Artificial:** Es un sistema que combina modelos de IA con herramientas que permiten ejecutar tareas más complejas, como buscar información, tomar decisiones o interactuar con los usuarios.

**Prompt:** Es la instrucción o pregunta que se le proporciona a un modelo de lenguaje para que genere una respuesta.

**Transformers:** Es una arquitectura de inteligencia artificial altamente eficiente para el procesamiento de texto y lenguaje, que constituye la base de los modelos de lenguaje modernos como ChatGPT.

**RAG (Retrieval-Augmented Generation):** Es una técnica que combina modelos de inteligencia artificial con sistemas de búsqueda en bases de datos o textos, para ofrecer respuestas más precisas y actualizadas.

**Fine-tuning:** Es el proceso de ajuste fino que se realiza sobre un modelo preexistente, utilizando datos específicos (por ejemplo, textos médicos), para adaptarlo mejor a una tarea concreta.

**Alucinaciones:** Son errores de los modelos de inteligencia artificial cuando generan información incorrecta, pero la presentan como si fuera verdadera.

**Embeddings:** Son representaciones numéricas de palabras, frases o conceptos, que permiten a la inteligencia artificial entender similitudes y relaciones entre ellos.

**Inferencia:** Es el proceso mediante el cual un modelo de inteligencia artificial utiliza lo que ha aprendido para generar una respuesta, hacer una predicción o resolver una tarea nueva.

**Multimodalidad:** Es la capacidad de un modelo de inteligencia artificial para procesar distintos tipos de datos de manera simultánea, como texto, imágenes, audio o video.

#### Introducción

La inteligencia artificial (IA) representa una de las transformaciones más significativas en el ámbito de la salud digital y la cardiología contemporánea. Durante los últimos años, hemos sido testigos de un avance acelerado en el desarrollo y capacidades de estos sistemas, que han pasado de herramientas experimentales a soluciones con aplicaciones clínicas tangibles. Los modelos han evolucionado exponencialmente, logrando que arquitecturas generalistas y multidominio puedan realizar tareas complejas sin entrenamiento específico, incluso en áreas médicas altamente especializadas. Este documento aborda de manera estructurada las consideraciones fundamentales sobre la IA en el contexto sanitario, organizándose inicialmente en recomendaciones para el uso personal de modelos de IA generativa, seguido por lineamientos para su implementación institucional. Adicionalmente, se presenta un análisis exhaustivo de las métricas de evaluación de estos sistemas, para concluir con consideraciones éticas y legales que todo profesional de la salud debe contemplar. Cabe destacar que los aspectos específicos de la IA aplicada a imágenes cardiovasculares serán tratados en una sección independiente dentro de este consenso, dada su relevancia y particularidades técnicas.

## Recomendaciones para el uso personal de modelos LLMs y de la IA generativa

Los Modelos de Inteligencia Artificial avanzados han evolucionado desde sistemas centrados únicamente en el análisis de texto hacia modelos multimodales capaces de interpretar y generar contenido en diversos formatos (texto, imágenes, audio y video). Estos modelos, conocidos como Modelos de Lenguaje Extenso (LLMs) están demostrando un potencial significativo en diversos campos de la medicina, incluyendo la cardiología. (1,2) Es destacable que algunos de estos modelos han demostrado superar evaluaciones médicas estandarizadas de diferentes países con calificaciones elevadas, evidenciando un sólido conocimiento médico que continúa mejorando constantemente con cada nueva interacción. (3,4)

En la práctica clínica, estos modelos tienen potencial para optimizar el flujo de trabajo, mejorar la seguridad del paciente y reducir errores médicos. (5) Estudios recientes sugieren que podrían mejorar la estructuración y síntesis de información médica. (6) Actualmente se está evaluando la escritura de notas médicas a partir de la transcripción automática de audio durante la consulta, aunque su precisión y utilidad clínica real aún requieren validación rigurosa. (7) La generación automatizada de resúmenes de historias clínicas también está en etapas iniciales de investigación. (8)

Estos modelos multimodales pueden facilitar la generación de ideas en diversos contextos creativos, promoviendo la innovación no solo en la educación médica sino también en la formulación de nuevas hipótesis de investigación, protocolos clínicos y enfoques terapéuticos. (9-11) Han demostrado ser de utilidad en la planificación de conferencias científicas, diseño de material educativo y generación de guías interactivas para estudiantes de medicina. (12) Las herramientas basadas en IA multimodal pueden producir gráficos detallados e interpretar imágenes médicas sobre anatomía, fisiología y estudios complementarios para asistir a los profesionales de la salud y facilitar la educación de los pacientes. (13,14)

Estos sistemas también han mejorado la comunicación con el paciente, facilitando su comprensión y promoviendo la adherencia al tratamiento mediante recursos visuales y auditivos adaptados a sus necesidades. (15, 16) Un aspecto destacable es la capacidad de estos modelos para proporcionar respuestas empáticas y adecuadamente formuladas a preguntas de pacientes, lo que podría complementar la comunicación médico-paciente, especialmente en situaciones donde los profesionales disponen de tiempo limitado para la consulta. (17)

Sin embargo, los modelos multimodales no están exentos de sesgos y fallos en su diseño, por lo que no deben utilizarse sin supervisión médica rigurosa. Ante la falta de información o entrenamiento inadecuado, estos pueden generar "alucinaciones" (resultados incorrectos o engañosos).

Se desaconseja enfáticamente el uso de estos sistemas para la recuperación de datos fácticos en salud debido a su tendencia a generar respuestas inexactas o sesgadas. Los resúmenes y notas médicas generados automáticamente no siempre son confiables y requieren verificación. A pesar de su capacidad para procesar grandes volúmenes de información, estos modelos (en su versión base y sin herramientas específicas) no están diseñados para verificar la veracidad de los datos ni para acceder a fuentes actualizadas de evidencia clínica. Su capacidad de autoreconocer si poseen información confiable en sus datos de entrenamiento es limitada. La falta de interpretabilidad y su propensión a errores justifican que cualquier implementación como sistema de apoyo en la toma de decisiones deba realizarse bajo estrictos protocolos de validación y auditoría para garantizar su seguridad y eficacia. (18) La supervisión y verificación cruzada con fuentes primarias sigue siendo fundamental en entornos clínicos.

Recomendaciones sobre el uso de LLM e IA generativa	Clase	Nivel de evidencia
Corrección y Esquematización: se acepta utilizar modelos grandes de lenguaje (LLMs) en tareas de corrección de estilo, ortografía, traducciones, resúmenes y esquematización de información. (1,2)	I	C
Ejercicios Creativos: se acepta utilizar modelos de IA para ejercicios creativos como "lluvias de ideas" y juegos de roles. (3,4)	I	C
Generación de Imágenes: se acepta utilizar modelos de IA generativa para la creación de imágenes con fines ilustrativos. (5,6)	I	C
Búsqueda de Datos Fácticos: se desaconseja el uso de LLMs para la búsqueda de datos fácticos o en tareas donde no se pueda supervisar la información generada por los modelos. (7,8)	III	C
Toma de Decisiones Autónomas: no utilizar modelos de lenguaje de manera autónoma para la toma de decisiones sin supervisión humana, tanto en el diagnóstico como en el triaje médico o intervenciones terapéuticas. (9,10)	III	C
Supervisión de Información Generada: se desaconseja utilizar información generada por LLMs y otros modelos de IA sin supervisión previa. (11,12)	III	C
Protección de Datos Sensibles: se desaconseja incluir datos sensibles de pacientes en los modelos de IA o sus instrucciones (prompts) (13,14)	III	C

---

**BIBLIOGRAFÍA**

1. Meng X, Yan X, Zhang K, Liu D, Cui X, Yang Y, et al. The application of large language models in medicine: A scoping review. *iScience* 2024;27:109713. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.109713>
  2. Yang X, Chen A, PourNejatian N, Shin HC, Smith KE, Parisien C, et al. A large language model for electronic health records. *NPJ Digit Med* 2022;5:194. <https://doi.org/10.1038/s41746-022-00742-2>
  3. Kung TH, Cheatham M, Medenilla A, Sillos C, De Leon L, Elepaño C, et al. Performance of ChatGPT on USMLE: Potential for AI-assisted medical education using large language models. *PLOS Digit Health* 2023;2:e0000198. <https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000198>
  4. Singhal K, Azizi S, Tu T, Mahdavi SS, Wei J, Chung HW, et al. Large language models encode clinical knowledge. *Nature* 2023;620:172-80. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06291-2>
  5. Doreswamy N, Horstmanshof L. Generative AI Decision-Making Attributes in Complex Health Services: A Rapid Review. *Cureus* 2025;17:e78257. <https://doi.org/10.7759/cureus.78257>
  6. Chen Q, Hu Y, Peng X, Xie Q, Jin Q, Gilson A, et al. Benchmarking large language models for biomedical natural language processing applications and recommendations. *Nat Commun* 2025;16:3280. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-56989-2>
  7. Smith M, Liang AS, Delahaie C, Hsia C, Shanafelt T, Pfeffer MA, et al. Ambient artificial intelligence scribes: physician burnout and perspectives on usability and documentation burden. *J Am Med Inform Assoc* 2025;32:375-80. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocae295>
  8. Luo R, Sun L, Xia Y, Qin T, Zhang S, Poon H, et al. BioGPT: generative pre-trained transformer for biomedical text generation and mining. *Brief Bioinform* 2022;23:bbac409. <https://doi.org/10.1093/bib/bbac409>
  9. Ruksakulpiwat S, Kumar A, Ajibade A. Using ChatGPT in Medical Research: Current Status and Future Directions. *J Multidiscip Healthc* 2023;16:1513-20. <https://doi.org/10.2147/JMDH.S413470>
  10. Peng C, Yang X, Chen A, Smith KE, PourNejatian N, Costa AB, et al. A study of generative large language model for medical research and healthcare. *NPJ Digit Med* 2023;6:210. <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00958-w>
  11. Lower K, Seth I, Lim B, Seth N. ChatGPT-4: Transforming Medical Education and Addressing Clinical Exposure Challenges in the Post-pandemic Era. *Indian J Orthop* 2023;57:1527-44. <https://doi.org/10.1007/s43465-023-00967-7>
  12. Moore S, Tong R, Singh A, Liu Z, Hu X, Lu Y, et al. Empowering Education with LLMs-The Next-Gen Interface and Content Generation. *Springer* 2023:32-37. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-36336-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-36336-8_4)
  13. Hanycz SA, Antiperovitch P. A practical review of generative AI in cardiac electrophysiology medical education. *J Electrocardiol* 2025;90:153903. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2025.153903>
  14. Ganjavi C, Melamed S, Biedermann B, Eppler MB, Rodler S, Layne E, et al. Generative artificial intelligence in oncology. *Curr Opin Urol* 2025;35:205-13. <https://doi.org/10.1097/MOU.0000000000001272>
  15. Carl N, Haggemüller S, Wies C, Nguyen L, Winterstein JT, Hetz MJ, et al. Evaluating interactions of patients with large language models for medical information. *BJU Int* 2025;135:1010-7. <https://doi.org/10.1111/bju.16676>
  16. Singh S, Errampalli E, Errampalli N, Miran MS. Enhancing Patient Education on Cardiovascular Rehabilitation with Large Language Models. *Mo Med* 2025;122:67-71.
  17. Ayers JW, Poliak A, Dredze M, et al. Comparing physician and artificial intelligence chatbot responses to patient questions posted to a public social media forum. *JAMA Intern Med.* 2023;183:589-96. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2023.1838>
  18. Minssen T, Vayena E, Cohen IG. The Challenges for Regulating Medical Use of ChatGPT and Other Large Language Models. *JAMA* 2023;330:315-6. <https://doi.org/10.1001/jama.2023.16286>
- 

### Recomendaciones para Instituciones de Salud sobre Implementación y Desarrollo de Inteligencia Artificial en Cardiología

La incorporación temprana de Inteligencia Artificial (IA) en las instituciones constituye un elemento fundamental para anticiparse a los desafíos tecnológicos actuales, facilitando una transformación digital efectiva en el ámbito de la salud cardiovascular. (1,2) Diversos estudios recientes demuestran que los principales obstáculos para una implementación exitosa no radican principalmente en aspectos técnicos, sino en factores culturales y organizacionales. (2,3) Experiencias previas sugieren que las instituciones cardiológicas que fomentan una cultura receptiva a la innovación, con liderazgo participativo y comunicación fluida entre equipos, tienden a facilitar la integración de estas tecnologías de manera más armoniosa. (4)

Las instituciones que logran integrar tempranamente la IA en su práctica cardiológica tienen mayores posibilidades de maximizar beneficios clínicos específicos, optimizar recursos, mejorar la calidad asistencial en pacientes cardíacos y alcanzar una ventaja competitiva significativa frente a aquellas que retrasan esta incorporación tecnológica. (4) Asimismo, la creación de estructuras organizacionales específicas, como comités interdisciplinarios que involucren a cardiólogos, profesionales informáticos, especialistas en ética y pacientes con enfermedades cardiovasculares para evaluar el impacto clínico, la usabilidad y la aceptación de estas tecnologías, resulta fundamental para gestionar adecuadamente el desarrollo e implementación de la IA en cardiología. (5) Finalmente, adoptar estrategias pragmáticas como la realización de proyectos piloto iniciales específicos en cardiología, así como la adaptación de modelos preexistentes al contexto clínico cardiovascular local, permite mitigar riesgos y facilita una implementación exitosa. (5,6)

Recomendaciones para instituciones sobre la implementación y desarrollo de IA en cardiología	Clase	Nivel de evidencia
Crear un comité interdisciplinario específico en cardiología que supervise responsablemente la implementación y uso de IA. (5)	I	C
Realizar proyectos piloto específicos en cardiología antes del despliegue completo para evaluar eficacia, seguridad y aceptación. (6)	I	C
Se recomienda validar y ajustar los modelos de IA al contexto cardiológico local y al tipo de datos cardiológicos antes de su uso clínico. (5)	I	C
Utilizar preferentemente modelos pre-entrenados adaptados específicamente al contexto cardiológico antes de desarrollar modelos desde cero, optimizando recursos y tiempo. (7)	I	C
No utilizar IA autónoma sin supervisión humana para decisiones críticas en cardiología, como triage de emergencias cardiovasculares o intervenciones invasivas cardíacas. (8)	III	C
Informar claramente a pacientes cardiológicos y usuarios cuando interactúan con sistemas de IA aplicados a su cuidado cardiovascular. (9)	I	C
Priorizar el uso de modelos especializados en medicina cardiovascular, como Med-Gemini, Bio-Mistral o generalistas probados clínicamente (GPT-4) (7-10)	I	C

## BIBLIOGRAFÍA

- Hassan M, Kushniruk A, Borycki E. Barriers to and Facilitators of Artificial Intelligence Adoption in Health Care: Scoping Review. *JMIR Human Factors*. 2024;11:e48633. <https://doi.org/10.2196/48633>.
- Krumholz HM. Guiding the AI Revolution in Cardiovascular Medicine. *J Am Coll Cardiol*. 2025;86:843-5. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2025.08.021>.
- Kamel Rahimi A, Pienaar O, Ghadimi M, Canfell OJ, Pole JD, Shrapnel S, et al. Implementing AI in Hospitals to Achieve a Learning Health System: Systematic Review. *J Med Internet Res*. 2024;26:e49655. <https://doi.org/10.2196/49655>.
- Loriga B, Baglivo F, Bellini V, Adembi C, Montomoli J, Casella M, et al. Top three priorities for artificial intelligence integration into emergency, critical, and perioperative medicine: an interdisciplinary clinical expert consensus. *J Anesth Analg Crit Care*. 2025;5:77.
- Lekadir K, Feragen A, Fofanah AJ, Glocker B, Cintas C, Langlotz CP, et al.; FUTURE-AI Consortium. FUTURE-AI: international consensus guideline for trustworthy and deployable artificial intelligence in healthcare. *BMJ*. 2025;388:e081554.
- Lovejoy CA, Arora A, Buch V, Dayan I. Key considerations for the use of artificial intelligence in healthcare and clinical research. *Future Healthc J* 2022 ;9:75-8. <https://doi.org/10.7861/fhj.2021-0128>
- Eriksen AV, Möller S, Ryg J. Use of GPT-4 to Diagnose Complex Clinical Cases. *NEJM AI*. 2023;1(1). <https://doi.org/10.1056/AI2300031>
- World Health Organization (WHO). Ethics and governance of artificial intelligence for health. WHO; 2021. Available at: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200>
- UNESCO. Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial. UNESCO; 2021. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377897>
- Pierri MD, Galeazzi M, D'Alessio S, Dottori M, Capodaglio I, Corinaldesi C, Marini M, Di Eusanio M. Evaluating Large Language Models in Cardiology: A Comparative Study of ChatGPT, Claude, and Gemini. *Hearts*. 2025;6(3):19. <https://doi.org/10.3390/hearts6030019>

## Evaluación de modelos de inteligencia artificial y machine learning

La evaluación de modelos de IA en medicina es un proceso crítico para determinar si un modelo es confiable, preciso y útil en la práctica clínica.

El campo de la IA en cardiología es muy amplio y, antes de evaluar un modelo, es importante entender qué tipo de modelo es y qué tarea realiza, ya que en base a ello seleccionaremos las métricas para cuantificar el desempeño.

Inicialmente, podemos clasificar a los modelos por el tipo de tarea que realizan, sin perder de vista que para cada tarea existen distintas arquitecturas o tipos de algoritmos que pueden ser utilizados. Así, en cardiología, los modelos de machine learning e inteligencia artificial comúnmente utilizados se pueden clasificar de la siguiente manera. (1,2)

- **Modelos de Clasificación:** su tarea es brindar un resultado dentro de un número acotado de opciones. Por ejemplo, decir si un paciente tiene o no una enfermedad cardíaca (clasificación binaria) o determinar qué tipo de arritmia tiene un paciente en base al electrocardiograma (clasificación multiclase).
- **Modelos de Regresión:** su tarea es brindar un resultado en forma de número (valores continuos). Por ejemplo, predecir el volumen regurgitante en insuficiencia mitral en base a imágenes de ecocardiografía.
- **Modelos de Detección de Anomalías:** su tarea es detectar valores o características que están fuera de lo normal. Sirven tanto para identificar patrones anormales en estudios diagnósticos como ECG, como para detectar errores en prescripción de medicamentos o dosificaciones.

- **Modelos de Segmentación:** su tarea en cardiología es delimitar regiones anatómicas en estudios por imágenes. Son la base de los modelos de cuantificación automática. Permiten, por ejemplo, delimitar áreas de interés en imágenes de resonancia magnética cardíaca (ventrículos, miocardio, aurículas, etc.) para realizar cuantificación automática de volúmenes, masa y función ventricular.
  - **Modelos de Procesamiento del Lenguaje Natural:** comúnmente abreviados como LLMs (large language models), se caracterizan por su capacidad para entender, interpretar y generar texto en lenguaje humano. Estos modelos son utilizados en cardiología para extraer información útil de historias clínicas electrónicas, generar reportes médicos automatizados, asistir en la toma de decisiones clínicas y facilitar la comunicación médico-paciente, contribuyendo así a mejorar la eficiencia y calidad en la atención médica.
- Para cada tipo de modelo existen herramientas cuantitativas (denominadas métricas) que permiten medir el desempeño objetivamente. A continuación, describimos las métricas más utilizadas en cada tipo de modelo y algunos parámetros para su interpretación.

### Métricas para Modelos de Clasificación

En modelos para clasificación binaria (dos clases posibles: positivo/negativo, enfermo/sano), las métricas más comunes (1) para evaluar problemas de clasificación son:

- **Exactitud (Accuracy):**

- Fórmula:

$$\text{Exactitud} = \frac{\text{Número de predicciones correctas}}{\text{Número total de predicciones}}$$

- Interpretación: Proporción de predicciones correctas sobre el total de casos. Es útil cuando las clases están balanceadas.
- Limitaciones: En cardiología, muchas enfermedades son poco prevalentes (clases desbalanceadas), lo que puede hacer que la exactitud sea engañosa. Por ejemplo, si solo el 3% de los pacientes tiene una enfermedad, un modelo que siempre predice "negativo" tendría una exactitud/accuracy del 97%, pero sería clínicamente inútil. Siempre que se utilice esta métrica para justificar la utilidad de un modelo se debería revisar cómo se trabajó en el balanceo de clases ya que esto puede limitar su utilidad o aplicación para otras poblaciones. (3)

### Matriz de confusión:

- La matriz de confusión es una herramienta visual que muestra cómo se distribuyen las predicciones del modelo en comparación con las etiquetas reales.
  - Estructura: Las filas representan las clases reales, las columnas representan las clases predichas, la diagonal principal muestra los verdaderos positivos (VP) para cada clase.
  - Interpretación: Permite identificar qué clases se confunden con mayor frecuencia. Es útil para detectar sesgos o problemas específicos en el modelo.

	Predicted <b>0</b>	Predicted <b>1</b>
Actual <b>0</b>	TN	FP
Actual <b>1</b>	FN	TP

- **Sensibilidad (Recall o Tasa de Verdaderos Positivos):**

- Fórmula:

$$\text{Sensibilidad} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}}$$

- Interpretación: Proporción de casos positivos correctamente identificados.
- Valor deseado: Lo más cercano a 1 posible.

- **Especificidad:**

• Fórmula:

$$\text{Especificidad} = \frac{VN}{VN + FP}$$

- Interpretación: Proporción de casos negativos correctamente identificados.
- Valor deseado: Lo más cercano a 1 posible.

- **Precisión (Precision):**

• Fórmula:

$$\text{Precisión} = \frac{TP}{TP + FP}$$

- Interpretación: Proporción de predicciones positivas que son correctas. Es útil cuando los falsos positivos son costosos (por ejemplo, tratamientos innecesarios).
- Valor deseado: Lo más cercano a 1 posible.

- **F1-Score:**

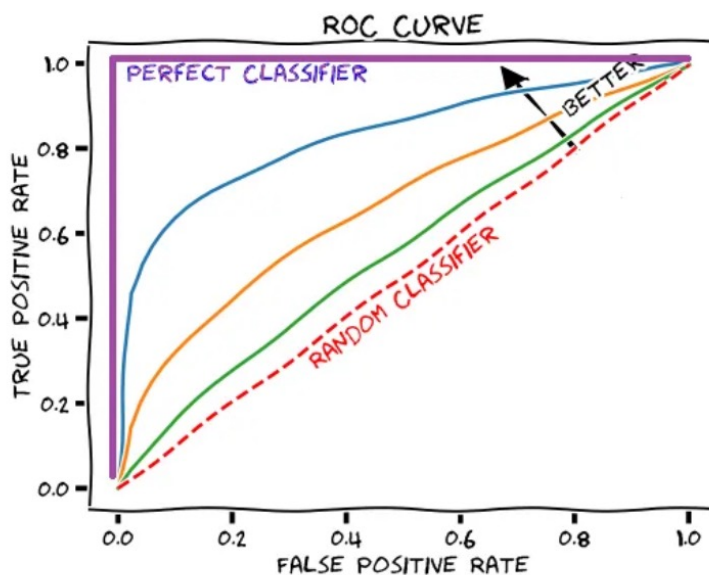
• Fórmula:

$$F1 = 2 \times \frac{\text{Precisión} \times \text{Sensibilidad}}{\text{Precisión} + \text{Sensibilidad}}$$

- Interpretación: Media armónica entre precisión y sensibilidad. Es útil cuando hay un desbalance entre clases.
- Valor deseado: Lo más cercano a 1 posible.

- **Curva ROC y Área bajo la Curva (AUC-ROC):**

- Interpretación: La curva ROC grafica la sensibilidad frente a (1 - especificidad) para diferentes umbrales de clasificación. El AUC-ROC mide la capacidad del modelo para distinguir entre clases.
- Valor deseado: Un AUC-ROC de 0.5 indica un modelo no mejor que el azar, mientras que un valor de 1 indica un modelo perfecto.



En modelos de clasificación multiclase, métricas como exactitud, precisión, sensibilidad, especificidad y F1-score se calculan individualmente por clase y pueden promediarse (macro o ponderado). Otras medidas útiles incluyen el AUC-ROC multiclase (OvR u OvO) y el coeficiente Kappa, que evalúa concordancia ajustada por azar, especialmente útil con clases desbalanceadas.

**Métricas para Modelos de Regresión**

En problemas de regresión, cuyo resultado consiste en un número (valores continuos), las métricas más comunes para evaluar la performance de un modelo son:

- **Error Cuadrático Medio (MSE):**
  - Fórmula:
  - Interpretación: Mide el promedio de los errores al cuadrado entre los valores reales y los predichos.
  - Valor deseado: Lo más cercano a 0 posible.
  - No se suele utilizar en la práctica ya que al elevar los errores al cuadrado, el error no tiene la misma magnitud ni unidad que la variable predicha.
- **Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE):**
  - Fórmula:
  - Interpretación: Tanto MSE como RMSE son útiles cuando los errores grandes son especialmente indeseables. RMSE da más peso a los errores grandes debido al cuadrado de las diferencias. Está en las mismas unidades que la unidad predicha, por lo cual su interpretación es más sencilla y suele ser el score más utilizado.
  - Valor deseado: Lo más cercano a 0 posible.
  - Ejemplo: si el MSE fue 100, la raíz sería 10. Esto significa que, en promedio, te equivocaste por 10 unidades al medir el nivel de glucosa en esta evaluación del modelo.

Tanto MSE como RMSE son útiles cuando los errores grandes son especialmente indeseables. RMSE da más peso a los errores grandes debido al cuadrado de las diferencias.

Ejemplo: Si el MSE fue 100, la raíz sería 10. Esto significa que, en promedio, te equivocaste por 10 unidades al medir el nivel de glucosa en esta evaluación del modelo.

- **Error Absoluto Medio (MAE):**
  - Fórmula:
  - Interpretación: Mide el promedio de los errores absolutos.
  - Valor deseado: Lo más cercano a 0 posible.
  - Es más robusto a los valores atípicos y ofrece una medida más directa de la cantidad "promedio" en que las predicciones se desvían de los valores reales. (5).
- **Coefficiente de Determinación ( $R^2$ ):**
  - Fórmula:
  - Interpretación: Proporción de la varianza en la variable dependiente que es predecible a partir de las variables independientes. Proporciona una medida de cuán bien las predicciones del modelo se aproximan a la variabilidad de los datos observados en el modelo entrenado.
  - Valor deseado: Lo más cercano a 1 posible. Un valor de  $R^2$  cercano a 1 indica que el modelo explica una gran proporción de la variabilidad en la variable objetivo1.

### Métricas para Modelos de Segmentación

En problemas de segmentación la evaluación puede ser realizada con métricas denominadas geométricas, que buscan comparar la similitud o diferencia entre la imagen que debiera haber predicho el modelo y la que realmente generó. Las métricas de similitud geométrica más comunes (6) son:

- **Coefficiente Dice (F1-Score para segmentación):**
  - Fórmula:
  - Interpretación: Mide la superposición entre la segmentación predicha y la real.
  - Valor deseado: Lo más cercano a 1 posible.
- **Índice de Jaccard:**
  - Fórmula:
  - Interpretación: Similar al Coeficiente Dice, pero menos sensible a superposiciones pequeñas.
  - Valor deseado: Lo más cercano a 1 posible.
- **Distancia de Hausdorff**
  - Interpretación: mide la mayor de las distancias mínimas entre puntos de dos conjuntos de datos (en este caso la segmentación predicha y la real). Es una métrica enfocada en la diferencia de los bordes y no en la superposición (a diferencia del coeficiente Dice y el índice de Jaccard).
  - Valor deseado: Lo más cercano a 0 posible.

Además de la similitud geométrica, los modelos de segmentación pueden ser evaluados en base a los resultados de las cuantificaciones derivadas de sus predicciones. Por ejemplo, un modelo para medir volumen del ventrículo izquierdo puede ser evaluado con métricas como: diferencia de medias, correlación, concordancia y correlación intraclase.

### Evaluación de modelos de lenguaje de procesamiento del lenguaje natural

Para evaluar el rendimiento general de un modelo de LLM se utilizan *benchmarks* amplios, es decir, pruebas estandarizadas que cubren múltiples temas. Por ejemplo, **MMLU** (*Massive Multitask Language Understanding*) es un benchmark con preguntas de opción múltiple en 57 materias diferentes, desde ciencias y matemáticas hasta humanidades, abarcando niveles desde primaria hasta nivel profesional. (7) Otro ejemplo es **GSM8K** (*Grade School Math 8K*), un conjunto de 8.500 problemas de matemáticas de escuela primaria diseñados para medir la capacidad de razonamiento aritmético paso a paso de los modelos. (8) Estos benchmarks generales sirven para medir las habilidades amplias del LLM (conocimiento general y lógica), pero no necesariamente reflejan su competencia en un dominio específico como la medicina.

En el ámbito de la salud, se emplean benchmarks específicos que contienen preguntas y tareas directamente relacionadas con temas médicos. En este caso el benchmark más robusto es el *MultiMedQA* introducido por Google, que combina seis conjuntos de datos de preguntas médicas (incluyendo preguntas de exámenes médicos profesionales, de investigación biomédica y consultas de pacientes), además de un nuevo conjunto de preguntas médicas buscadas en la web (*HealthSearchQA*) (9) Este tipo de evaluación especializada, utilizada por ejemplo para el modelo **Med-PaLM** de Google, permite medir con mayor precisión cómo responde el LLM a cuestiones clínicas reales, como interpretar resultados, diagnosticar a partir de síntomas o contestar dudas de pacientes, ámbitos donde el lenguaje y el contexto son muy específicos.

La exactitud, medida por un número o porcentaje de preguntas contestadas correctamente por el modelo, es una métrica central en la evaluación cuantitativa de los LLMs. Al interpretarla, es esencial considerar dos conceptos fundamentales. En primer lugar, esta exactitud siempre debe ser contextualizada mediante la comparación con el desempeño humano, evaluando qué porcentaje de respuestas correctas obtiene una población representativa de profesionales o expertos en la misma tarea, dado que el rendimiento humano constituye un estándar crítico para interpretar los resultados del modelo. En segundo lugar, se debe considerar la variabilidad intrínseca en el rendimiento del modelo a través de múltiples pruebas o repeticiones, ya que las respuestas pueden variar según pequeños cambios en el contexto o la formulación de las preguntas. Esta variabilidad exige realizar varios tests paralelos para obtener una medición robusta y confiable. Finalmente, resulta útil y relevante comparar sistemáticamente la exactitud obtenida con versiones previas del mismo modelo o con modelos similares desarrollados por otras empresas o grupos de investigación, lo cual permite evaluar objetivamente la evolución del desempeño del LLM y posicionarlo claramente en el panorama actual del procesamiento del lenguaje natural en salud.

Más allá de la exactitud numérica en una prueba, en medicina interesa *qué tan buena* es la respuesta generada por el modelo en términos clínicos. Por eso, se han definido métricas cualitativas adicionales para evaluar LLMs médicos, las cuales suelen requerir la revisión por expertos humanos. Algunos aspectos clave son:

- **Coherencia:** que la respuesta esté bien estructurada, sea clara y tenga un hilo lógico fácil de seguir para el personal de salud y pacientes. Una respuesta coherente indica que el modelo entendió la pregunta y explica su razonamiento de forma ordenada.
- **Precisión factual:** que la información médica proporcionada sea correcta y verificable según el conocimiento científico vigente. Esto implica ausencia de errores médicos o afirmaciones sin fundamento; por ejemplo, que cite dosis, diagnósticos o datos epidemiológicos acertados y acordes al consenso médico (10)
- **Utilidad clínica:** que la respuesta aportada realmente sea útil en un contexto clínico, es decir, que ayude en la toma de decisiones médicas o en la educación del paciente. Una respuesta con alta utilidad clínica responde a la pregunta planteada de forma pertinente y accionable (por ejemplo, sugiriendo posibles pasos a seguir o consideraciones relevantes para el caso).

Además de las anteriores, a menudo se consideran otros criterios como la **completitud** (que no omita información importante), la **ausencia de sesgos o contenido inapropiado** y la **alineación con prácticas seguras**. Por ejemplo, en la evaluación de Med-PaLM se incluyeron ejes como la concordancia con el consenso científico, la ausencia de potencial daño en las recomendaciones y la utilidad percibida de la respuesta por profesionales de la salud humanos. (9) Estas métricas específicas buscan reflejar la calidad real de las respuestas de un LLM en un escenario clínico, algo que porcentajes crudos de aciertos no capturan por sí solos.

### Seguridad en modelos de procesamiento de lenguaje natural:

Un aspecto crítico al usar LLMs en salud es garantizar su **seguridad**, es decir, que no generen contenido dañino o inapropiado aunque se les intente manipular. El término “*jailbreak*” se refiere precisamente a técnicas con las que un usuario malintencionado puede “engañar” al modelo para que **salte sus restricciones de seguridad**

y produzca respuestas que normalmente tendría prohibido dar. (11) Por ejemplo, mediante indicaciones astutas, alguien podría inducir a un LLM a revelar información confidencial, a dar consejos médicos peligrosos o a usar un lenguaje inapropiado, cosas que el modelo no haría bajo instrucciones normales. En el contexto médico, un *jailbreak* es especialmente preocupante porque podría lograr que el modelo brinde **información errónea o no ética** (p. ej., recomendar un tratamiento contraindicado o sin evidencia) que el sistema debería haber rechazado).

Para reducir estos riesgos, los desarrolladores implementan múltiples **medidas de seguridad**. Primero, entrenan a los modelos con técnicas de **refuerzo y filtros** para que reconozcan peticiones inapropiadas y se nieguen a responder si el contenido es indebido (por ejemplo, si alguien pide instrucciones para un uso indebido de medicamentos, el modelo debería rechazarlo). También se recurre a **pruebas adversariales** (*red teaming*), donde se ponen a prueba deliberadamente los límites del LLM con intentos de *jailbreak*, detectando vulnerabilidades antes de su uso público. Otras estrategias incluyen filtros automáticos que monitorean las salidas del modelo en busca de lenguaje o consejos peligrosos. En general, la mitigación del *jailbreak* requiere un enfoque integral con **vigilancia continua**: sistemas de seguridad robustos, pruebas periódicas y actualizaciones del modelo para cerrar brechas. (12) Esto ayuda a asegurar que, incluso ante usuarios maliciosos, el LLM mantenga comportamientos alineados con la ética y la seguridad clínica.

### Alucinaciones en modelos de procesamiento del lenguaje natural:

Otro desafío de los LLMs en general (no solo en el ámbito de la salud) son las *alucinaciones*, término que describe cuando el modelo genera con gran confianza **información que no es correcta ni está basada en hechos reales**. En la práctica, los LLMs pueden producir una respuesta que *suen*a plausible y detallada, pero que en realidad contiene datos inventados o errores factuales. (13) Por ejemplo, podría mencionar un estudio clínico que no existe, ofrecer una estadística incorrecta sobre una enfermedad, o recomendar un fármaco inexistente. Este fenómeno ocurre porque el modelo no “sabe” en el sentido humano, sino que **predice palabras según patrones** aprendidos de sus datos de entrenamiento. Si en su entrenamiento hubo lagunas de información o contenidos ambiguos, el LLM tiende a rellenar esos vacíos con su mejor conjetura estadística, generando así información incorrecta sin darse cuenta. La **ambigüedad en la pregunta** o instrucciones del usuario también puede contribuir: si la consulta es vaga, el modelo puede divagar y salirse de los hechos.

En el campo de la salud, las alucinaciones son especialmente preocupantes. A diferencia de otras áreas donde una respuesta inexacta puede no tener mayores consecuencias, una afirmación médica incorrecta puede **afectar decisiones clínicas o la seguridad del paciente**. (14) Por ejemplo, información falsa pero formulada de forma convincente podría llevar a un médico a considerar un diagnóstico equivocado o a un paciente a seguir un consejo inapropiado. Por este motivo, se están explorando varias **estrategias para mitigar las alucinaciones** en los LLMs. Una línea de trabajo es mejorar la formación del modelo con datos médicos de alta calidad y actualizados, e incluso ajustarlos para que cuando no estén seguros, expresen dudas en lugar de inventar respuestas. Otra estrategia es integrar al LLM con herramientas de **búsqueda y verificación**: por ejemplo, que el modelo pueda consultar bases de datos médicas o literatura científica en tiempo real para respaldar sus respuestas, en lugar de depender solo de su conocimiento interno. También se emplean técnicas de verificación factual automática y controles de consistencia: el sistema revisa lo que el LLM responde y lo compara con fuentes confiables o con otras formulaciones de la pregunta, detectando posibles contradicciones. En resumen, minimizar las alucinaciones requiere combinar mejores datos, ajustes en el comportamiento del modelo y apoyo de herramientas externas. Mientras tanto, **siempre se recomienda la supervisión humana**: un médico debe validar la información crucial que ofrezca un LLM antes de aplicarla, usando su propio juicio clínico y fuentes médicas oficiales, de modo que las “alucinaciones” del modelo no se traduzcan en errores en la atención de los pacientes.

### Consideraciones Éticas y Clínicas sobre Sesgos en Modelos de IA en Salud

Los modelos de inteligencia artificial en medicina pueden perpetuar desigualdades al entrenarse con datos sesgados que no representan adecuadamente a todas las poblaciones. Por ejemplo, modelos de riesgo cardiovascular, como los derivados del estudio Framingham (15) han mostrado menor precisión al estimar riesgos en pacientes afroamericanos debido a su desarrollo con datos principalmente caucásicos, generando diagnósticos tardíos o insuficientes. Similarmente, modelos que predicen insuficiencia cardíaca suelen fallar más en mujeres debido a su infrarrepresentación en estudios previos. Para mitigar estos sesgos, es fundamental asegurar la diversidad en los datos de entrenamiento y utilizar técnicas que limiten la influencia de variables sensibles como género o etnia. A nivel regulatorio, agencias como la FDA en Estados Unidos y organismos internacionales como la OMS han establecido recomendaciones para promover la transparencia, equidad y monitoreo constante del desempeño de estos modelos, garantizando así que beneficien equitativamente a todos los grupos poblacionales, evitando discriminación algorítmica en la práctica clínica. (16)

## Conclusión

La evaluación de modelos de IA en cardiología requiere un enfoque riguroso y contextualizado. Las métricas deben seleccionarse en función del tipo de modelo y del problema clínico, y su interpretación debe considerar las consecuencias de los errores. Además, la validación y las consideraciones éticas son fundamentales para garantizar que los modelos sean seguros y útiles en la práctica médica.

## Recomendaciones sobre Evaluación de Modelos de AI:

- **Evaluación de la Performance de Modelos de IA. Recomendación de Clase I, Nivel de evidencia C.**
  - o La evaluación de la performance de un modelo de IA debe realizarse a partir de los resultados del dataset de testeo, con datos que el modelo nunca vio durante el entrenamiento. Esto garantiza una medida real de la performance, independiente de los resultados obtenidos en los datos de entrenamiento y validación.
- **Métricas para Problemas de Clasificación. Recomendación de Clase I, Nivel de evidencia C.**
  - o Para problemas de clasificación, se deben utilizar métricas de accuracy, precision, recall, F1 y matriz de confusión:
    - o **Accuracy:** Porcentaje de predicciones correctas.
    - o **Precisión:** Proporción de verdaderos positivos entre los positivos predichos.
    - o **Recall:** Proporción de verdaderos positivos entre los positivos reales.
    - o **F1 Score:** Media armónica de precisión y recall.
    - o **Matriz de Confusión:** Representación visual de las predicciones correctas e incorrectas.
- **Métricas para Problemas de Regresión. Recomendación de Clase I, Nivel de evidencia C.**
  - o Para problemas de regresión, se deben utilizar las métricas de MAE, MSE y RMSE:
    - o **MAE (Mean Absolute Error):** Promedio de los errores absolutos.
    - o **MSE (Mean Squared Error):** Promedio de los errores al cuadrado.
    - o **RMSE (Root Mean Squared Error):** Raíz cuadrada del MSE, da mayor peso a los grandes errores.
- **Uso de Accuracy en Variables Desbalanceadas. Recomendación de Clase III, Nivel de evidencia C.**
  - o Se desaconseja la utilización de accuracy como único parámetro de performance en casos donde la variable a predecir esté desbalanceada, ya que puede generar una falsa sensación de éxito. En estos casos, es recomendable utilizar métricas adicionales como AUC-ROC, balance de precisión y recall, y el F1 Score.
- **Evaluaciones en Modelos de LLMs. Recomendación de Clase I, Nivel de evidencia C.**
  - o En modelos LLMs, las evaluaciones deben estar realizadas por humanos o, en su defecto, por LLMs que han demostrado tener evidencia comparable a la evaluación humana en ese tipo de tareas. Es importante validar las evaluaciones automáticas con estudios comparativos respecto a la evaluación humana para asegurar su precisión

Recomendaciones sobre Evaluación de Modelos de AI	Clase	Nivel de evidencia
La evaluación de la performance de un modelo de IA debe realizarse a partir de los resultados del dataset de testeo, con datos que el modelo nunca vio durante el entrenamiento. Esto garantiza una medida real de la performance, independiente de los resultados obtenidos en los datos de entrenamiento y validación	I	C
Para problemas de clasificación, se deben utilizar métricas de accuracy, precision, recall, F1 y matriz de confusión	I	C
Para problemas de regresión, se deben utilizar las métricas de MAE, MSE y RMSE	I	C
Se desaconseja la utilización de accuracy como único parámetro de performance en casos donde la variable a predecir esté desbalanceada, ya que puede generar una falsa sensación de éxito. En estos casos, es recomendable utilizar métricas adicionales como AUC-ROC, balance de precisión y recall, y el F1 Score.	III	C
En modelos LLMs, las evaluaciones deben estar realizadas por humanos o, en su defecto, por LLMs que han demostrado tener evidencia comparable a la evaluación humana en ese tipo de tareas. Es importante validar las evaluaciones automáticas con estudios comparativos respecto a la evaluación humana para asegurar su precisión.	I	C

## BIBLIOGRAFÍA

1. Peter Bruce, Andrew Bruce, Peter Gedeck - Practical Statistics for Data Scientists 50+ Essential Concepts Using R and Python-O'Reilly Media (2020)
2. Vollmer S, Mateen BA, Bohner G, et al. Machine learning and artificial intelligence research for patient benefit: 20 critical questions. BMJ. 2020;368:l6927. <https://doi.org/10.1136/bmj.l6927>.
3. Gurcan F, Soylu A. Learning from Imbalanced Data: Integration of Advanced Resampling Techniques and Machine Learning Models for Enhanced Cancer Diagnosis and Prognosis. Cancers (Basel) 2024;16):3417. <https://doi.org/10.3390/cancers16193417>
4. Aggarwal, C.C. (2024) Probability and Statistics for Machine Learning: A Textbook. Cham: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-53282-5>

5. Willmott CJ, Matsuura K. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Clim Res* 2005;30:79-82 <https://doi.org/10.3354/cr030079>
6. Eelbode T, Bertels J, Berman M, Vandermeulen D, Maes F, Bisschops R, et al. Optimization for Medical Image Segmentation: Theory and Practice When Evaluating With Dice Score or Jaccard Index. *IEEE Trans Med Imaging* 2020;39:3679-90. <https://doi.org/10.1109/TMI.2020.3002417>
7. Hendrycks D, Burns C, Basart S, Zou A, Mazeika M, Song D, et al. Measuring Massive Multitask Language Understanding. *ArXiv* 2020;arXiv:2009.03300.
8. Cobbe K, Kosaraju V, Bavarian M, Chen M, Jun H, Kaiser L, et al. Training Verifiers to Solve Math Word Problems. *ArXiv* 2021;abs/2110.14168.
9. Singhal K, Azizi S, Tu T, Mahdavi SS, Wei J, Chung HW, et al. Large language models encode clinical knowledge. *Nature* 2023;620:172-80. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06291-2>
10. Singhal K, Tu T, Gottweis J, Sayres R, Wulczyn E, Hou L, et al. Towards Expert-Level Medical Question Answering with Large Language Models. *ArXiv* 2023;abs/2305.09617. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.09617>.
11. Mondillo G, Colosimo S, Perrotta A, Frattolillo V, Indolfi C, Miraglia del Giudice M, et al. Jailbreaking large language models: navigating the crossroads of innovation, ethics, and health risks. *Journal Of Medical Artificial Intelligence* 2023;8. <https://doi.org/10.21037/jmai-24-170>
12. Rao A, Vashistha S, Naik A, Aditya S, Choudhury M. Tricking LLMs into Disobedience: Understanding, Analyzing, and Preventing Jailbreaks. *ArXiv* 2023;abs/2305.14965. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.14965>.
13. Aditya G. Understanding and Addressing AI Hallucinations in Healthcare and Life Sciences. *International Journal of Health Sciences* 2024;7:1-11. <https://doi.org/10.47941/ijhs.1862>
14. Kim Y, Jeong H, Chen S, Stella Li S, Lu M, et al. Medical Hallucination in Foundation Models and Their Impact on Healthcare. *medRxiv* 2025.02.28.25323115; <https://doi.org/10.1101/2025.02.28.25323115>
15. Celi LA, Cellini J, Charpignon ML, Dee EC, Dernoncourt F, Eber R, et al; for MIT Critical Data. Sources of bias in artificial intelligence that perpetuate healthcare disparities-A global review. *PLOS Digit Health* 2022;1:e0000022. <https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000022>
16. Jain LR, Menon V. AI Algorithmic Bias: Understanding its Causes, Ethical and Social Implications. *ICTAI* 2023;460-7. <https://doi.org/10.1109/ICTAI59109.2023.00073>

## Marco Legal y Ético para el uso de Inteligencia Artificial en Cardiología

### Introducción

La implementación de IA en cardiología ha revolucionado el diagnóstico y tratamiento de enfermedades cardiovasculares, aunque también presenta importantes desafíos éticos y legales para asegurar un uso seguro, transparente y equitativo. (11)

Dado que el uso de la IA es relativamente reciente, su marco regulatorio evoluciona rápidamente, impulsado por organismos internacionales como la OMS, la Unión Europea (UE) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (1, 6,7) A nivel local, cada país debe adaptar estas regulaciones internacionales a su contexto, como ocurre en Argentina a través de la "Guía para Entidades Públicas y Privadas en Materia de Transparencia y Protección de Datos Personales para una Inteligencia Artificial Responsable". (10) Regulaciones sobre protección de datos personales como GDPR (UE), HIPAA (EE.UU.) y la Ley argentina de Protección de Datos Personales también respaldan este marco legal existente.

### Principios Éticos de la OMS para la IA en Salud

La OMS establece seis principios esenciales que se recomienda implementar (6)

- Proteger la autonomía humana: Mantener supervisión humana sobre las decisiones médicas tomadas por IA, así como garantizar privacidad y confidencialidad.
- Seguridad y eficacia: Los sistemas de IA deben ser precisos, seguros y sometidos a controles continuos de calidad y mejora.
- Transparencia e inteligibilidad: Los algoritmos deben ser comprensibles y auditables. Es clave conocer los datos con que fueron entrenados y cómo se toman las decisiones.
- Responsabilidad y rendición de cuentas: Debe haber supervisión humana clara y mecanismos definidos para identificar responsables ante posibles daños causados por la IA, desde desarrolladores hasta usuarios finales.
- Equidad e inclusividad: La IA debe garantizar acceso equitativo y evitar sesgos mediante entrenamientos con datos representativos.
- Sostenibilidad: Las tecnologías deben integrarse al sistema de salud minimizando su impacto ambiental, optimizando recursos energéticos y capacitando continuamente a los profesionales de la salud.

### Contexto Internacional y Local

La relevancia global de la IA en salud impulsó regulaciones clave como la "IA Act" de la Unión Europea, que clasifica la IA médica como tecnología de "alto riesgo", imponiendo auditorías y estrictos controles sobre privacidad y transparencia. (8) Argentina, alineada a estas iniciativas internacionales, publicó en 2023 la guía local mencionada anteriormente, asegurando principios de privacidad, transparencia y supervisión continua durante todo el ciclo de vida de la IA. (10)

### Entes regulatorios

Es importante destacar que los sistemas de IA utilizados para diagnóstico, pronóstico, tratamiento o soporte a la decisión clínica en cardiología son considerados como dispositivos médicos ante los principales entes reguladores (FDA12 / CE Mark - Agencia Europea de Medicamentos EMA). Asimismo, estos sistemas se clasifican en categorías de riesgo, donde la mayoría de aplicaciones cardiológicas se consideran al menos Clase II (riesgo moderado a medio-alto). Esta clasificación implica requisitos regulatorios más estrictos, incluyendo evaluaciones clínicas y certificaciones específicas antes de su implementación en la práctica clínica. (9,12)

### Desafíos Actuales y Futuros

La rápida evolución de la IA plantea desafíos éticos, legales y técnicos significativos, como:

- Responsabilidad compartida ante errores en diagnósticos realizados por IA, donde tradicionalmente la responsabilidad recae exclusivamente sobre los profesionales médicos, pero esta responsabilidad debería ser compartida incluyendo a desarrolladores, fabricantes, instituciones de salud y usuarios finales, según el análisis de cada caso. (11)
- Impacto en la relación médico-paciente y la importancia de mantener supervisión humana en decisiones médicas críticas. (11)

En síntesis, la IA representa una gran oportunidad en cardiología, pero requiere una implementación responsable que equilibre innovación, seguridad y respeto por los derechos fundamentales de pacientes y profesionales.

Recomendaciones sobre principios éticos y regulatorios para IA en cardiología	Clase	Nivel de evidencia
Se sugiere implementar los principios de la OMS para el desarrollo e implementación de modelos de IA: protección de autonomía humana, bienestar y seguridad, transparencia, responsabilidad, inclusividad y sostenibilidad. (6)	I	C
Se sugiere que los modelos de IA para uso diagnóstico, asistencia en la decisión clínica, medición de signos vitales y todo aquel que puede interpretarse como un dispositivo médico deben tener certificación de FDA y/o CE Mark II para su uso en pacientes en la práctica clínica. (9,12)	I	C
Se desaconseja el uso de modelos de IA como dispositivo médico si no cuentan con una certificación emitida por un ente independiente validado. (9,11,12)	III	C

### BIBLIOGRAFÍA

1. OECD. Recommendations of the Council on Artificial Intelligence. Paris: OECD; 2019.
2. Global Solutions Initiative. Economy, Employment, and Education in the Digital Age. Berlin: GSI; 2021.
3. China Daily. Governance Principles for the New Generation Artificial Intelligence. China Daily; 2019.
4. Singapore Computer Society. AI Ethics & Governance Body of Knowledge. Singapore: SCS; 2020.
5. Department of Health and Social Care. Code of Conduct for Data-Driven Health and Care Technology. London: DHSC; 2019.
6. World Health Organization. Ethics and Governance of Artificial Intelligence for Health. Geneva: WHO; 2022.
7. UNESCO. Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial. Geneva: UNESCO; 2021.
8. Diario Oficial de la Unión Europea. Reglamento de Inteligencia Artificial (AI Act). Bruselas: UE; 2024.
9. Unión Europea. Reglamento (UE) 2017/745 relativo a los productos sanitarios. Diario Oficial de la Unión Europea. 2017; L117:1-175.
10. Agencia de Acceso a la Información Pública. Guía para Entidades Públicas y Privadas en Materia de Transparencia y Protección de Datos Personales para una Inteligencia Artificial Responsable. Buenos Aires: AAIP; 2023.
11. Gerke S, Minssen T, Cohen G. Ethical and Legal Challenges of Artificial Intelligence-Driven Healthcare. Elsevier; 2020.
12. Food and Drug Administration. Artificial Intelligence and Machine Learning in Software as a Medical Device. Silver Spring: FDA; 2023

### 3.2 - Teleconsulta

#### Introducción

La teleconsulta en cardiología se ha convertido en una pieza central del modelo de atención contemporáneo, no por “moda digital”, sino porque responde a un problema viejo con herramientas nuevas (garantizar acceso oportuno, continuidad del cuidado y toma de decisiones clínicas de calidad cuando la presencialidad no siempre es posible, eficiente o necesaria). En un contexto de alta carga de enfermedad cardiovascular, sistemas de salud tensionados y pacientes cada vez más crónicos, la teleconsulta permite sostener seguimiento, educación, ajuste terapéutico y coordinación entre niveles de atención, reduciendo tiempos de espera, traslados evitables y fragmentación de la información clínica.

Sin embargo, su valor real depende menos de la plataforma y más de las reglas del juego: seguridad y confi-

dencialidad de datos, calidad asistencial, registro en historia clínica, consentimiento informado, trazabilidad, y un marco normativo que proteja a pacientes y profesionales. Por eso, este capítulo aborda la teleconsulta como lo que es: un acto médico completo, con indicaciones y límites claros. Se revisan su definición y evolución en la práctica cardiológica, sus beneficios clínicos y organizacionales (incluyendo el impacto potencial en hospitalizaciones y costos, y su aporte a la sostenibilidad), y sus modalidades (sincrónica, asincrónica e interprofesional). Además, se desarrollan escenarios específicos como la teleconsulta de primera vez, el empoderamiento del paciente, la personalización del seguimiento mediante integración con historia clínica e inteligencia artificial, y el uso en contextos de urgencia como herramienta inicial y protocolizada, sin sustituir la atención presencial cuando ésta es imprescindible.

### 3.2.1 Definición de teleconsulta en cardiología

La teleconsulta es una modalidad de atención médica a distancia que utiliza tecnologías de la información y comunicación (TICs) para conectar a profesionales de la salud con sus pacientes sin necesidad de un encuentro presencial. (1). Forma parte del ecosistema de la salud digital y se ha consolidado como una herramienta clave en la telemedicina, facilitando el acceso oportuno y equitativo a la atención médica. (2)

Este modelo permite la evaluación, el diagnóstico, el seguimiento y la toma de decisiones clínicas mediante el uso de videoconferencias, plataformas de telemedicina, aplicaciones móviles y registros electrónicos interoperables. (3) Su implementación ha demostrado beneficios en la reducción de tiempos de espera, optimización de recursos y mejora en la adherencia terapéutica, especialmente en pacientes con enfermedades crónicas como las cardiovasculares. (4)

Para su adecuada aplicación, la teleconsulta debe garantizar seguridad, confidencialidad y calidad asistencial, cumpliendo con normativas nacionales e internacionales, como las establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) (1,5)

En Argentina, su regulación ha evolucionado con la Ley de Receta Digital (27.553) y las normativas de tele-salud vigentes. (6). La teleconsulta no reemplaza la atención presencial, sino que la complementa, integrándose en un modelo híbrido que mejora la eficiencia del sistema de salud y promueve la continuidad del cuidado. (7)

### 3.2.2 Importancia y evolución de la teleconsulta en la práctica cardiológica

La teleconsulta ha ganado un rol protagónico en la cardiología al facilitar el acceso a la atención especializada, permitiendo el seguimiento proactivo de pacientes con enfermedades cardiovasculares sin la necesidad de traslados innecesarios. (1,2,8)

Su evolución ha estado marcada por el avance en la tecnología de la comunicación (TICs) y dispositivos de monitoreo remoto, como los sensores portátiles y relojes inteligentes, que permiten el control en tiempo real de parámetros como la presión arterial y el ritmo cardíaco. (3,4,10) Además, la pandemia de COVID-19 aceleró su adopción a nivel mundial, consolidándola como una herramienta eficaz para la evaluación clínica y la optimización de la gestión hospitalaria. (5,10)

En Argentina, su implementación ha sido variable y aún enfrenta desafíos relacionados con la equidad en el acceso a tecnologías y la capacitación profesional. (12) No obstante, su integración en modelos híbridos de atención está redefiniendo la práctica cardiológica, optimizando tiempos de respuesta y reduciendo costos para el sistema de salud. (2,4,8).

### 3.2.3 Beneficios de la teleconsulta en cardiología

#### Accesibilidad y continuidad del cuidado

Accesibilidad en telemedicina cardiovascular: La posibilidad de brindar atención especializada de manera oportuna, especialmente para pacientes en zonas rurales o con dificultades de movilidad. (4) Superando barreras geográficas y optimizando recursos.

Favorece la colaboración en red, permitiendo una integración efectiva con el sistema sanitario e incorporando al médico local como mediador o interconsultante. Esto optimiza el seguimiento, la adherencia al tratamiento y la toma de decisiones en tiempo real. (5)

#### Prevención de descompensaciones y hospitalizaciones

La teleconsulta asociada a los datos obtenidos del monitoreo remoto a través de dispositivos portátiles, como tensiómetros digitales y sensores de ritmo cardíaco, permite una detección temprana de anomalías en pacientes con insuficiencia cardíaca, hipertensión o arritmias<sup>4</sup>. Esto contribuye a una reducción significativa en las hospitalizaciones y reingresos, al optimizar la toma de decisiones médicas de forma anticipada. (5)

#### Optimización del tiempo, reducción de costos y beneficios ecológicos

La teleconsulta evita desplazamientos innecesarios, reduciendo costos tanto para el paciente como para el sistema de salud (4). Además, permite optimizar los tiempos de consulta, mejorando la eficiencia del flujo de trabajo

en los centros de salud y hospitales. (5)

La teleconsulta cardiovascular ofrece beneficios ecológicos al reducir la necesidad de traslados de pacientes y profesionales de la salud, disminuyendo así la huella de carbono asociada al uso de vehículos y transporte público. Además, optimiza los recursos hospitalarios al permitir un mejor manejo de la demanda sin generar desplazamientos innecesarios, lo que también reduce el consumo de energía en los centros médicos. Según el World Heart Federation Roadmap for Digital Health in Cardiology, el uso de tecnologías digitales en la salud cardiovascular no solo mejora el acceso y la eficiencia del tratamiento, sino que también contribuye a la sostenibilidad del sistema sanitario al minimizar el impacto ambiental. (20)

### 3.2.4 Teleconsulta de primera vez

Se considera la teleconsulta de primera vez como una herramienta valiosa para mejorar la accesibilidad y eficiencia de los servicios de salud, como complemento a la atención presencial. Esto es especialmente relevante para la atención de primera vez, donde la interacción inicial puede realizarse a distancia para evaluar la necesidad de una visita presencial. (1)

Es imprescindible que la atención sea brindada por profesionales calificados, utilizando herramientas seguras que garanticen la confidencialidad, la protección de los datos personales y la adecuada comunicación con el paciente. (1,3)

El profesional interviniente es quien tiene la potestad de determinar si la atención puede continuar por vía remota o si debe ser suspendida y derivada a una consulta presencial. En cualquier momento de la teleconsulta, el profesional podrá interrumpirla si considera que no se reúnen las condiciones adecuadas para garantizar la seguridad del paciente o la calidad de la atención. (1)

La guía OMS insiste en la necesidad de proteger la confidencialidad de los datos de los pacientes durante las teleconsultas. Esto es crucial para la confianza de los usuarios y garantizar que la información sensible no sea vulnerada. (1)

El éxito de la telemedicina depende del contexto en el que se implementa, incluyendo la infraestructura disponible, las necesidades específicas de la población y la facilidad de uso de la tecnología. En el caso de la atención de primera vez, es importante adaptar las herramientas y protocolos a las condiciones locales. (1-3)

Se recomienda formar adecuadamente a los profesionales de la salud para que puedan adoptar y utilizar eficazmente las tecnologías digitales en la atención de primera vez. Esto incluye el uso de dispositivos móviles, historias clínicas digitales, plataformas digitales y herramientas de comunicación a distancia. (1-3)

La telemedicina puede ampliar el acceso a los servicios de salud, especialmente para personas en zonas remotas o con limitaciones de movilidad. Sin embargo, es necesario abordar las desigualdades en el acceso a la tecnología para garantizar que todos los grupos puedan beneficiarse y así reducir la brecha digital. (1)

La atención de urgencias y emergencias no debe ser resuelta mediante teleconsulta de primera vez, salvo que no exista otra alternativa inmediata y segura de atención presencial, y se trate de una estrategia transitoria para orientar o contener al paciente hasta su derivación. (1-3)

### 3.2.5 Educación y empoderamiento del paciente

A través de la teleconsulta, los pacientes pueden recibir información detallada sobre su condición, hábitos saludables y tratamiento, fomentando un rol más activo en su autocuidado. (4) Esto es clave en la prevención de complicaciones y la promoción de cambios en el estilo de vida, como la adherencia a la dieta y el ejercicio. (5)

### 3.2.6 Personalización del seguimiento médico

La integración de la teleconsulta con la historia clínica electrónica y herramientas de inteligencia artificial permite un seguimiento personalizado, adaptado a las necesidades específicas de cada paciente. (9)

### 3.2.7 Teleconsulta en situaciones de urgencia

La teleconsulta en contextos de urgencia cardiovascular ofrece múltiples aplicaciones. Puede emplearse para el triage inicial ante una solicitud de atención, ya sea realizada por pacientes, familiares, profesionales de enfermería, técnicos o personal prehospitalario. También puede surgir a partir de una interconsulta remota entre profesionales, facilitando decisiones clínicas ágiles. (11,14)

La teleconsulta, en contexto de urgencia, realizada por videollamada o vía telefónica, permite establecer un primer contacto clave, siendo el primer eslabón en el algoritmo de atención. Esta interacción temprana permite evaluar la situación clínica, contener al paciente, y decidir si se requiere atención presencial inmediata o activación del sistema de emergencias. Por ejemplo, ante una alerta generada por dispositivos de monitoreo remoto (wearables) que detectan arritmias o hipoglucemias, la comunicación entre paciente y profesional puede activarse de forma inmediata, posibilitando una reevaluación precoz y, si corresponde, la preactivación del equipo de emergencia o la unidad de hemodinamia, optimizando así los tiempos de derivación y tratamiento. (11-15)

Ejemplos de aplicación:

- Síndromes coronarios agudos: La teleconsulta como parte de estrategias de telemedicina ha demostrado mejorar la adherencia a protocolos y reducir tiempos de reperfusión en infartos agudos de miocardio. (15, 18, 19)
- Insuficiencia cardíaca: La telemonitorización combinada con teleconsultas de seguimiento ha mostrado beneficios en la reducción de hospitalizaciones, mejoría en calidad de vida y control clínico. (12,16,17)
- Emergencias hipertensivas: Estudios comparativos han evidenciado que el abordaje inicial mediante teleconsulta puede mejorar la adherencia a las guías clínicas frente a modelos tradicionales. (13-18)

Nota: Las teleconsultas en urgencias no reemplazan la atención presencial, pero pueden ser una herramienta válida en etapas iniciales, cuando no existe otra alternativa inmediata. Siempre deben estar lideradas por profesionales habilitados, y su uso debe enmarcarse en protocolos establecidos que garanticen calidad, seguridad y trazabilidad.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Organización Mundial de la Salud. Ethics and governance of artificial intelligence for health. Ginebra: OMS; 2024.
2. Tromp J, Jindal D, Redfern J, Bhatt A, Séverin T, Banerjee A, et al. World Heart Federation Roadmap for Digital Health in Cardiology. *Glob Heart* 2022;17:61. <https://doi.org/10.5334/gh.1141>
3. Meskó B. Prompt Engineering as an Important Emerging Skill for Medical Professionals: Tutorial. *J Med Internet Res* 2023;25:e50638. <https://doi.org/10.2196/50638>
4. Mazon P, Iglesias-Alvarez D, Rey Aldana D, et al. Eficacia y seguridad de una consulta electrónica en los pacientes con enfermedad cardiovascular. *Rev Esp Cardiol*. 2021;4017-3.
5. Diálogo Empresarial de las Américas. Recomendaciones políticas y regulatorias para la salud digital en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo (BID); 2021.
6. Ley 27.553. Receta Electrónica o Digital. Argentina; 2020. Disponible en: <https://www.boletinoficial.gob.ar/>
7. Friedrich GR, Ardenghi JR. Telemedicina: aprovechando las tecnologías para favorecer el impacto social. *EJIS – Electronic Journal of Information Systems*. 2006;9(3):1-12.
8. Filipini E, Benincasa F, Agustoni O. Telemedicina en Argentina y críticas. Buenos Aires: Hospital Militar Central; 2020.
9. Organización Panamericana de la Salud. Marco normativo para la telemedicina en América Latina. OPS; 2021.
10. Ministerio de Salud de Argentina. Estrategia Nacional de Salud Digital. Buenos Aires; 2022.
11. Donnellan E, Watts A. Tele-emergency medicine: a systematic review of the impact of telemedicine on emergency medicine on quality of care, time to treatment, and accessibility versus traditional care. *\*Emerg Med J\**. 2024;41(Suppl 2):A5.2.
12. Gagneux-Brunon A, Flocard F, Botelho-Nevers E. Telemedicine: a new tool for managing patients with heart failure. *\*Rev Med Suisse\**. 2016.
13. Brokmann JC, Rossaint R, Müller M, Fitzner C, Villa L, Beckers SK, et al. Blood pressure management and guideline adherence in hypertensive emergencies and urgencies: A comparison between telemedically supported and conventional out-of-hospital care. *J Clin Hypertens (Greenwich)* 2017;19:704-12. <https://doi.org/10.1111/jch.13026>
14. Koehler F, Koehler K, Deckwart O, Prescher S, Wegscheider K, Kirwan BA, et al. Efficacy of telemedical interventional management in patients with heart failure (TIM-HF2): a randomised, controlled, parallel-group, unmasked trial. *Lancet* 2018;392:1047-57. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31880-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31880-4)
15. Burgos LM, Candiello A, Ferradas SS, Ramirez AG, Ordoñez S, Mondragón I, et al. Implementation of a cardiovascular emergency telephone line in response to lockdown due to COVID-19 pandemic. *J Emerg Manag* 2021 Special Issue on COVID-19;18:115-7. <https://doi.org/10.5055/jem.0523>
16. Burgos LM, Benzadón M, Candiello A, Cabral MH, Conde D, Alberto de Lima A, et al. Telehealth in Heart Failure Care during COVID-19 Pandemic Lockdown in Argentina. *Int J Heart Fail* 2020;2:247-53. <https://doi.org/10.36628/ijhf.2020.0025>
17. Nouri S, Khoong EC, Lyles CR, Karliner L. Addressing Equity in Telemedicine for Chronic Disease Management During the Covid-19 Pandemic. *N Eng J Med Catalyst* 2020, May 4. DOI: 10.1056/CAT.20.0123
18. Suárez Fernández C, Armario P, Cepeda JM, López Carmona MD, Miramontes González JP, Said-Criado I. Recommendations for the care of patients with cardiovascular disease in health emergency situations: a call to action. *Curr Med Res Opin* 2023;39:827-32. <https://doi.org/10.1080/03007995.2023.2201100>
19. <https://www.escardio.org/The-ESC/Press-Office/Press-releases/whatsapp-use-by-argentina-ambulances-associated-with-faster-heart-attack-treatment>
20. Tromp J, Jindal D, Redfern J, Bhatt A, Séverin T, Banerjee A, et al. World Heart Federation Roadmap for Digital Health in Cardiology. *Glob Heart* 2022;17:61. <https://doi.org/10.5334/gh.1141>

## Modalidades de Teleconsulta en Cardiología

La teleconsulta en cardiología no se limita a la interacción en tiempo real entre médico y paciente. Existen diversas modalidades que permiten adaptar la atención a las necesidades individuales y a la infraestructura disponible.

A continuación, se describen las principales modalidades de teleconsulta utilizadas en cardiología.

### Teleconsulta Síncrona (en tiempo real)

Es la modalidad en la que el paciente y el profesional de la salud interactúan en tiempo real a través de videoconferencias, llamadas telefónicas o plataformas digitales de salud. Este tipo de consulta permite una evaluación

clínica inmediata, facilitando la toma de decisiones en tiempo real y mejorando la experiencia del paciente<sup>2</sup>.

Ejemplos de su aplicación en cardiología incluyen:

- Evaluación de síntomas agudos, como dolor torácico o arritmias.
- Ajuste de medicación en pacientes con insuficiencia cardiaca.
- Educación del paciente sobre cambios en el estilo de vida y adherencia terapéutica.

### Teleconsulta asincrónica (diferida)

En esta modalidad, la información médica del paciente, incluyendo imágenes, electrocardiogramas y otros datos clínicos, es recopilada y enviada a un especialista para su evaluación en un momento posterior. No requiere la presencia simultánea del paciente y el profesional, lo que facilita el acceso a la opinión de expertos sin necesidad de traslados<sup>3</sup>.

Ejemplos en cardiología incluyen:

- Interpretación remota de electrocardiogramas (ECG).
- Segunda opinión médica para casos complejos.
- Evaluación de estudios de imagen cardiaca, como ecocardiogramas o resonancias magnéticas cardíacas.

### Teleconsulta Interprofesional (teleinterconsulta)

Facilita la comunicación entre diferentes profesionales de la salud sin la participación directa del paciente. Se utiliza para la gestión de casos clínicos complejos, optimización del tratamiento y mejora de la coordinación entre niveles de atención<sup>5</sup>.

Ejemplos incluyen:

- Comunicación entre médicos de atención primaria y cardiólogos para la gestión de pacientes con factores de riesgo cardiovascular.
- Discusión de casos clínicos en equipos multidisciplinarios (Heart Team).
- Coordinación de tratamientos entre cardiólogos, y equipo multidisciplinario para pacientes con enfermedades sistémicas, crónicas.

---

## BIBLIOGRAFÍA

1. Organización Mundial de la Salud (OMS). Ethics and governance of artificial intelligence for health. Guidance on large multi-modal models. Ginebra: OMS; 2024.
2. Filipini E, Benincasa F, Agustoni O. Telemedicina en Argentina y críticas. Buenos Aires: Hospital Militar Central; 2020.
3. Tromp J, Jindal D, Redfern J, Bhatt A, Séverin T, Banerjee A, et al. World Heart Federation Roadmap for Digital Health in Cardiology. *Glob Heart* 2022;17:61. <https://doi.org/10.5334/gh.1141>
4. Mazon P, Iglesias-Alvarez D, Rey Aldana D, et al. Eficacia y seguridad de una consulta electrónica (e-consulta) en los pacientes con enfermedad cardiovascular. *Rev Esp Cardiol*. 2021;4017-3.
5. Meskó B. A Guide to Digital Health. The Medical Futurist Institute; 2023.
6. Diálogo Empresarial de las Américas. Recomendaciones políticas y regulatorias para la salud digital en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo (BID); 2021.
7. Friedrich GR, Ardenghi JR. Telemedicina: aprovechando las tecnologías para favorecer el impacto social. *EJIS – Electronic Journal of Information Systems* 2006;9:1-12. <https://doi.org/10.21529/RESI.2006.0503006>

---

## Requisitos tecnológicos para la optimización de las teleconsultas en cardiología

El desarrollo y expansión de la telemedicina en cardiología han demostrado ser herramientas claves para mejorar el acceso a la atención, optimizar la continuidad del cuidado y reducir la carga asistencial en los sistemas de salud. Para garantizar un desempeño eficaz y seguro de las teleconsultas, es fundamental contar con una infraestructura tecnológica sólida basada en tecnologías de la información y la comunicación (TICs). A continuación, se detallan los principales requerimientos tecnológicos para su implementación exitosa.

### Infraestructura de conectividad y accesibilidad

El acceso a internet de banda ancha es un pilar esencial para la teleconsulta efectiva, permitiendo la transmisión en tiempo real de datos clínicos, imágenes y videollamadas de alta calidad. (1) En zonas rurales o con conectividad limitada, es necesario considerar opciones como redes móviles (4G/5G), enlaces satelitales y tecnologías inalámbricas para reducir la brecha digital. (2)

### Interoperabilidad y sistemas de información

Los sistemas de teleconsulta deben integrarse con los registros electrónicos de salud y las plataformas hospita-

larias para facilitar la gestión de la historia clínica, la prescripción electrónica y la continuidad del tratamiento. (3) La interoperabilidad entre diferentes plataformas y estándares es clave para permitir la comunicación fluida entre los distintos niveles de atención y especialidades.

### Seguridad y protección de Datos

La telemedicina debe garantizar altos estándares de ciberseguridad para la protección de la información médica sensible, cumpliendo con normativas internacionales y regionales sobre privacidad de datos. (4) La encriptación de extremo a extremo, la autenticación multifactor y los protocolos de acceso seguro son esenciales para prevenir vulnerabilidades y ataques informáticos.

### Plataformas y Herramientas de comunicación

Las teleconsultas requieren interfaces de usuario intuitivas y accesibles para profesionales y pacientes. Las plataformas deben ofrecer videollamadas en alta definición, mensajería segura, almacenamiento de imágenes médicas y herramientas de telemonitorización. (5) Además, la inteligencia artificial y el análisis de datos pueden facilitar la toma de decisiones clínicas basadas en evidencia. (6)

### Equipos biomédicos y telemonitorización

La monitorización remota de pacientes con enfermedades cardiovasculares a través de dispositivos como electrocardiógrafos portátiles, monitores de presión arterial y wearables, permite un seguimiento más preciso y continuo. (7) Estos dispositivos deben estar integrados con los sistemas de salud y contar con algoritmos que alerten a los profesionales en caso de parámetros anormales.

### Capacitación y alfabetización digital

Para garantizar el uso eficiente de las TICs en telemedicina, es fundamental la capacitación continua de los profesionales de la salud en el manejo de plataformas digitales, ciberseguridad y análisis de datos. Del mismo modo, los pacientes deben recibir educación digital para interactuar adecuadamente con las herramientas de teleconsulta. (8)

---

## BIBLIOGRAFÍA

1. Friedrich GR, Ardenghi JR. Telemedicina: aprovechando las tecnologías para favorecer el impacto social. *EJIS – Electronic Journal of Information Systems*. 2006;9(3):1-12.
2. Filipini, E., Benincasa, F., Agustoni, O. Telemedicina: El uso de Tecnologías Disruptivas que impulsan la humanización en el arte de la salud. *SISIAC*. Obtenido de <https://sisiac.org/share/Telemedicina.pdf>
3. Tromp J, Jindal D, Redfern J, et al. World Heart Federation Roadmap for Digital Health in Cardiology. *Global Heart*. 2022;17(1):61. DOI: 10.5334/gh.1141.
4. Diálogo Empresarial de las Américas. Recomendaciones políticas y regulatorias para la salud digital en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo (BID); 2021.
5. Meskó B. A Guide to Digital Health. The Medical Futurist Institute; 2023.
6. Organización Mundial de la Salud (OMS). Ethics and governance of artificial intelligence for health. Guidance on large multi-modal models. Ginebra: OMS; 2024.
7. Mazon P, Iglesias-Alvarez D, Rey Aldana D, et al. Eficacia y seguridad de una consulta electrónica (e-consulta) en los pacientes con enfermedad cardiovascular. *Rev Esp Cardiol*. 2021;4017-3.
8. Meskó B. A Guide to Digital Health. The Medical Futurist Institute; 2023.
9. Tromp J, Jindal D, Redfern J, et al. World Heart Federation Roadmap for Digital Health in Cardiology. *Global Heart*. 2022;17(1):61. DOI: 10.5334/gh.1141.

---

## Buenas Prácticas en la Teleconsulta: Recomendaciones Fundamentales

La teleconsulta se ha convertido en una herramienta clave dentro de la atención médica moderna, ofreciendo acceso a la salud en contextos donde la consulta presencial puede ser difícil o ineficiente. Sin embargo, su implementación debe regirse por principios que garanticen su efectividad, seguridad y complementariedad con la atención tradicional.

Uno de los aspectos esenciales en la práctica de la teleconsulta es su rol como complemento de la consulta presencial y no como un sustituto absoluto. Si bien permite mejorar la accesibilidad y optimizar el tiempo del equipo médico, hay situaciones en las que una evaluación física es insustituible. En este sentido, la teleconsulta de primera vez debe ir acompañada de una evaluación presencial posterior, ya que algunos datos clínicos, como la palpación, no pueden ser obtenidos a través de medios digitales. (12-15) La duración de estas primeras consultas debe ser suficiente para recopilar de manera completa la historia clínica del paciente y garantizar que la

información registrada en la Historia Clínica Electrónica (HCE) sea precisa y útil para el seguimiento. (13-16)

La teleconsulta también puede dividirse en dos modalidades: sincrónica y asincrónica. La sincrónica, que se realiza en tiempo real mediante videollamada o llamada telefónica, es la forma más utilizada en la práctica clínica. La asincrónica, en la que la información es enviada y respondida en diferentes momentos, puede ser útil para ciertos escenarios, como la consulta entre profesionales o la evaluación de estudios previos antes de una consulta forma. (12)

El acceso a la teleconsulta debe garantizarse para la mayor cantidad de pacientes posible, incluyendo aquellos con dificultades para interpretar información médica, problemas auditivos o limitaciones para comunicarse verbalmente. En estos casos, se pueden adoptar estrategias como el uso de intérpretes, asistentes familiares o tecnologías de apoyo que permitan una comunicación efectiva sin excluir a estos pacientes de los beneficios de la telemedicina. Y asegurar la atención en comunidades con acceso limitado a internet: Se debe promover la implementación de modelos híbridos que combinen teleconsulta con estrategias de atención presencial en centros de salud

El seguimiento de pacientes es una de las áreas donde la teleconsulta ha demostrado mayor eficacia. Su uso es altamente recomendado para la devolución de resultados de estudios, educación del paciente y control de enfermedades crónicas, siempre y cuando no haya surgido algún síntoma nuevo que sugiera un cambio en el estado de salud del paciente y que amerite una evaluación en persona. (17) Además, su implementación debe estar acompañada de una infraestructura adecuada, con conectividad estable, buena iluminación y un sistema de audio de calidad, factores que influyen directamente en la claridad de la comunicación y en la generación de empatía en la relación médico-paciente. (15)

Por otro lado, la teleconsulta ha demostrado ser una herramienta valiosa en la toma de decisiones médicas compartidas, especialmente en la consulta entre especialistas. Su uso es altamente recomendable para la discusión de casos clínicos complejos y la conformación de equipos multidisciplinarios, como los Heart Teams, permitiendo que distintos profesionales colaboren en la planificación del tratamiento más adecuado para el paciente. (17)

Respecto de la ética y la relación médico paciente, se debe garantizar la calidad de la comunicación en la teleconsulta: Se recomienda que los profesionales de la salud reciban capacitación en comunicación digital efectiva, asegurando una interacción empática y clara con el paciente, a pesar de la distancia.

Respetar la autonomía del paciente: Es importante que en la teleconsulta se informe adecuadamente al paciente sobre sus opciones de tratamiento, riesgos y beneficios, asegurando un consentimiento informado dinámico, no solo en términos legales sino también en la comprensión del paciente.

El avance de la telemedicina ha generado la necesidad de adaptar el marco legal para garantizar que los servicios de teleconsulta sean seguros, confiables y jurídicamente válidos. La implementación de normativas claras no solo protege los derechos de los pacientes y profesionales de la salud, sino que también facilita la integración de la teleconsulta en los sistemas de salud de manera estructurada y sostenible.

Uno de los aspectos clave en la regulación de la teleconsulta es la utilización de la firma electrónica para la confección de documentos médicos, tales como derivaciones, aptos médicos y certificados de salud. La firma electrónica garantiza la autenticidad, integridad y validez legal de estos documentos, permitiendo su uso en trámites administrativos y en la continuidad de la atención médica. Su implementación reduce la necesidad de desplazamientos innecesarios, facilita la interoperabilidad de la documentación entre distintos niveles de atención y agiliza los procesos en instituciones de salud pública y privada. (14)

En la misma línea, se recomienda la utilización de la receta digital para la prescripción de medicamentos y pedidos médicos. La receta digital no solo optimiza la gestión de tratamientos farmacológicos, sino que también reduce el riesgo de errores en la interpretación de prescripciones y permite un mejor control del uso de medicamentos, en especial aquellos sujetos a fiscalización. Su implementación debe estar respaldada por sistemas de autenticación segura que validen la identidad del profesional prescriptor y del paciente, asegurando el cumplimiento de las normativas vigentes en cada jurisdicción. (16)

Finalmente, la mejora continua en la teleconsulta requiere la participación activa de pacientes y profesionales en la evaluación del servicio. Al finalizar cada encuentro virtual, es recomendable obtener retroalimentación sobre la experiencia, tanto desde la perspectiva del paciente como del equipo de salud. Esto permite detectar oportunidades de mejora y ajustar los procesos para optimizar la calidad de la atención. (17)

Recomendaciones generales en la buena práctica teleconsultas cardiovasculares	Clase	Nivel de evidencia
La teleconsulta programada constituye una herramienta válida y complementaria de la consulta presencial, siempre que el paciente se encuentre clínicamente estable y no presente síntomas que comprometan su vida o requieran atención de urgencia.	I	B
Garantizar Principios éticos de la atención médica, autonomía, privacidad y calidad.	I	C
En el marco de la teleconsulta, se recomienda el uso de la receta digital con firma electrónica para emitir indicaciones terapéuticas y farmacológicas.	I	C
Se puede considerar el uso de teleconsulta de urgencia como uso complementario a la consulta presencial, en casos específicos donde se puedan disminuir tiempos y facilitar la pre-activación de sistemas de emergencia.	Ila	C
Para reducir la brecha digital, en pacientes vulnerables, o con limitaciones a la accesibilidad, se recomienda implementar la teleconsulta sincrónica institucional, donde personal capacitado pueda asistir a los pacientes en el uso de TICs	Ila	C
La teleconsulta se recomienda como herramienta de 2da opinión entre distintos colegas y subespecialistas e incluso en la confección de Heart Team.	Ila	C
No se recomienda la teleconsulta como evaluación única de pacientes con síntomas compatibles con riesgo de vida.	III	C

Recomendaciones	Clase	Nivel de evidencia
La teleconsulta es un acto médico, por lo cual los profesionales deben mantener los mismos principios éticos, normas de privacidad, registros en historia clínica electrónica y seguridad de los datos como en las consultas presenciales.	I	C
Desarrollar y apoyar la implementación de programas de alfabetización digital para proveedores de la salud para asegurar que tengan la capacitación adecuada para el uso de sistemas de TC y de HCE	I	C

La teleconsulta, es un acto médico, debe mantener los mismos estándares éticos, legales y clínicos que la consulta presencial. Los profesionales de la salud deben garantizar la confidencialidad de la información, la seguridad de los datos y el cumplimiento de normativas que protejan tanto al paciente como al sistema de salud.

Un principio fundamental es que la teleconsulta debe ser abordada con el mismo rigor que una consulta presencial. Esto implica que el profesional debe cumplir con las normas de privacidad y confidencialidad de la información, asegurando que todos los datos obtenidos durante la consulta sean resguardados conforme a la legislación vigente. (12,15) La historia clínica debe completarse con el mismo nivel de detalle, documentando el motivo de consulta, los antecedentes relevantes, la evaluación clínica y las indicaciones médicas, de manera que el registro sea útil para futuras consultas y seguimientos. (13)

Por otro lado, la interacción médico-paciente en la teleconsulta debe conservar los principios de comunicación efectiva y empatía. A pesar de la distancia física, es fundamental que el profesional mantenga una actitud atenta y comprensiva, asegurándose de que el paciente comprenda toda la información proporcionada. La claridad en las indicaciones y la posibilidad de resolver dudas en el momento de la consulta virtual son factores que contribuyen a una mejor experiencia y a un mayor compromiso del paciente con su tratamiento. (15)

Además, la capacitación del profesional en el uso de plataformas digitales es clave para garantizar la calidad de la teleconsulta. Un sistema de salud digital eficiente requiere que los médicos y otros profesionales estén familiarizados con las herramientas disponibles, incluyendo la historia clínica electrónica interoperable y los medios de comunicación utilizados en la telemedicina. (12, 16) La alfabetización digital del personal de salud no solo mejora la experiencia del paciente, sino que también optimiza los tiempos de consulta, permitiendo que el médico se enfoque en la atención y no en dificultades técnicas.

Para que la teleconsulta sea una herramienta ágil y efectiva, es necesario que los profesionales de la salud reciban capacitación previa en el uso de plataformas digitales y en la gestión de la Historia Clínica Electrónica (HCE) interoperable. Un ecosistema de salud digital bien estructurado no solo optimiza tiempos, sino que también evita errores administrativos y facilita la toma de decisiones clínicas basadas en información accesible y organizada. (16) En este sentido, el desarrollo de programas de alfabetización digital dirigidos a los proveedores de salud es una estrategia clave para garantizar que todos los profesionales puedan utilizar de manera eficiente las herramientas de telemedicina. (12)

Recomendaciones técnico-administrativas de las teleconsultas	Clase	Nivel de evidencia
La Teleconsulta debe ser considerada un acto médico por lo cual los prestadores de salud deben garantizar el pago de honorarios acordes.	I	C
Las teleconsultas deben desarrollarse en un ámbito de confidencialidad, con adecuada conectividad, iluminación y sistema de audio que favorezca la correcta comunicación y la empatía en la relación médico-paciente.	I	C
Se recomienda que durante el enrolamiento del paciente, se realice la aceptación del paciente de los beneficios y potenciales limitaciones de la TC mediante la firma de un consentimiento informado, según ley nro 265329.	I	C

El éxito de la teleconsulta no solo depende del acto médico en sí, sino también de las condiciones técnicas y administrativas que la rodean. Para que esta herramienta se desarrolle con calidad y seguridad, es fundamental establecer estándares que regulen su funcionamiento, asegurando una experiencia eficiente tanto para el paciente como para el profesional de la salud.

Uno de los aspectos clave en la regulación de la teleconsulta es su reconocimiento como acto médico formal, lo que implica que los prestadores de salud deben garantizar una remuneración acorde a los profesionales que la realizan. Al igual que la consulta presencial, la teleconsulta requiere tiempo, dedicación y responsabilidad, por lo que su valor no debe ser subestimado dentro de los sistemas de salud públicos y privados- (13)

Además, la calidad de la consulta virtual está directamente relacionada con las condiciones del entorno en el que se realiza. La confidencialidad es un principio fundamental que debe garantizarse en todo momento, asegurando que el paciente se sienta cómodo al compartir información médica sensible. Del mismo modo, una conectividad estable, una iluminación adecuada y un sistema de audio de calidad son esenciales para una comunicación fluida y efectiva, lo que impacta directamente en la relación médico-paciente y en la claridad de la consulta. (15)

Otro aspecto esencial en la regulación de la teleconsulta es el proceso de enrolamiento del paciente, donde se le debe informar claramente sobre los beneficios y posibles riesgos de este tipo de atención. Para ello, se recomienda la firma de un consentimiento informado, alineado con la Ley 26.529 sobre derechos del paciente, asegurando así que la consulta cumpla con el marco legal vigente. (13)

Desde el punto de vista de la infraestructura, la estabilidad del servicio es fundamental para evitar interrupciones en la comunicación. Se recomienda que las plataformas de teleconsulta funcionen sobre redes de fibra óptica en hogares y centros médicos, garantizando una conexión rápida y segura. En zonas remotas o con acceso limitado a internet, la mejor alternativa es el uso de tecnología satelital, permitiendo que la telemedicina llegue a comunidades con dificultades de conectividad. (14)

Por último, la organización y planificación de la consulta virtual es clave para su éxito. Se recomienda que los profesionales establezcan protocolos de trabajo previos a la teleconsulta, incluyendo la organización de la agenda, la revisión de documentos clínicos y el envío de órdenes médicas o recetas electrónicas. Una consulta bien estructurada permite optimizar tiempos, reducir errores y mejorar la calidad de la atención brindada. (15)

## BIBLIOGRAFÍA

- World Heart Federation. Roadmap for Digital Health in Cardiology. 2022.
- Organización Mundial de la Salud. Ética y gobernanza de la inteligencia artificial para la salud: Guía sobre grandes modelos multimodales. Ginebra: OMS; 2023.
- Meskó B. A Guide to Digital Health. The Medical Futurist Institute; 2022.
- Filipini E, Benincasa F, Agustoni O. Telemedicina Argentina y críticas. 2020.
- Friedrich GR, Ardenghi JR. Telemedicina: Aprovechando las tecnologías para favorecer el impacto social. *Electronic Journal of Information Systems*; 2006.
- Mazón P, Iglesias-Álvarez D, Rey Aldana D, Portela-Romero M. Eficacia y seguridad de una consulta electrónica (e-consulta) en los pacientes con enfermedad cardiovascular. *Rev Esp Cardiol*. 2021.
- Ministerio de Salud de Argentina. Recomendaciones y políticas regulatorias sobre salud digital en América Latina. 2021.
- Ley 25.326 de Protección de Datos Personales. Boletín Oficial de la República Argentina. Publicada el 30 de octubre de 2000.
- Ley 26.529 de Derechos del Paciente en su Relación con los Profesionales e Instituciones de la Salud. Boletín Oficial de la República Argentina. Publicada el 21 de octubre de 2009.
- Health Level Seven International (HL7). FHIR Standard for Healthcare Data Exchange. 2022.
- Organización Panamericana de la Salud. Marco estratégico para la implementación de la salud digital en las Américas. OPS; 2021.
- American Telemedicine Association. Core Operational Guidelines for Telehealth Services Involving Provider-Patient Interactions. 2020.
- European Society of Cardiology. Position Paper on Digital Health and Telemedicine in Cardiovascular Care. *Eur Heart J*. 2021;42(25):2516-37.
- Dorsey ER, Topol EJ. State of Telehealth. *N Engl J Med*. 2020;382(18):1677-9.

15. Shaw J, Jamieson T, Agarwal P, Griffin B, Wong I, Bhatia RS. Virtual care policy recommendations for patient-centered primary care: Findings of a consensus policy dialogue using a nominal group technique. *J Telemed Telecare*. 2021;27:5-12.
16. Bashshur RL, Shannon GW, Krupinski EA, Grigsby J. The Empirical Foundations of Telemedicine Interventions in Primary Care. *Telemed J E Health*. 2016;22:342-75.
17. Greenhalgh T, Rosen R, Shaw SE, Byng R, Faulkner S, Finlay T, et al. Planning and evaluating remote consultation services: A new conceptual framework incorporating complexity and practical ethics. *Front Digit Health*. 2021;3:726095.
18. World Heart Federation. Roadmap for Digital Health in Cardiology. 2022.
19. Organización Mundial de la Salud. Ética y gobernanza de la inteligencia artificial para la salud: Guía sobre grandes modelos multi-modales. Ginebra: OMS; 2023.
20. Meskó B. A Guide to Digital Health. The Medical Futurist Institute; 2022.
21. Filipini E, Benincasa F, Agustoni O. Telemedicina Argentina y críticas. 2020.
22. Friedrich GR, Ardenghi JR. Telemedicina: Aprovechando las tecnologías para favorecer el impacto social. *Electronic Journal of Information Systems*; 2006.
23. Mazón P, Iglesias-Álvarez D, Rey Aldana D, Portela-Romero M. Eficacia y seguridad de una consulta electrónica (e-consulta) en los pacientes con enfermedad cardiovascular. *Rev Esp Cardiol*. 2021.
24. Ministerio de Salud de Argentina. Recomendaciones y políticas regulatorias sobre salud digital en América Latina. 2021.
25. Ley 25.326 de Protección de Datos Personales. Boletín Oficial de la República Argentina. Publicada el 30 de octubre de 2000.
26. Ley 26.529 de Derechos del Paciente en su Relación con los Profesionales e Instituciones de la Salud. Boletín Oficial de la República Argentina. Publicada el 21 de octubre de 2009.
27. Health Level Seven International (HL7). FHIR Standard for Healthcare Data Exchange. 2022.
28. Organización Panamericana de la Salud. Marco estratégico para la implementación de la salud digital en las Américas. OPS; 2021.
29. American Telemedicine Association. Core Operational Guidelines for Telehealth Services Involving Provider-Patient Interactions. 2020.
30. European Society of Cardiology. Position Paper on Digital Health and Telemedicine in Cardiovascular Care. *Eur Heart J*. 2021;42:2516-37.
31. Dorsey ER, Topol EJ. State of Telehealth. *N Engl J Med*. 2020;382(18):1677-9.
32. Shaw J, Jamieson T, Agarwal P, et al. Virtual care policy recommendations for patient-centered primary care: Findings of a consensus policy dialogue using a nominal group technique. *J Telemed Telecare*. 2021;27(1):5-12.
33. Bashshur RL, Shannon GW, Krupinski EA, Grigsby J. The Empirical Foundations of Telemedicine Interventions in Primary Care. *Telemed J E Health*. 2016;22(5):342-75.
34. Greenhalgh T, Rosen R, Shaw SE, Byng R, Faulkner S, Finlay T, et al. Planning and evaluating remote consultation services: A new conceptual framework incorporating complexity and practical ethics. *Front Digit Health*. 2021;3:726095.
35. Nouri S, Khoong EC, Lyles CR, Karliner L. Abordar la equidad en la telemedicina para el tratamiento de enfermedades crónicas durante la pandemia de COVID-19. *NEJM Catalyst Innov Care Deliv*. 4 de mayo de 2020. doi: 10.1056/CAT.20.0123.

## El Futuro de la Teleconsulta: avances tecnológicos, Inteligencia Artificial, Chatbots y Big Data

La teleconsulta ha transformado la prestación de servicios de salud, facilitando el acceso oportuno a la atención médica y mejorando la gestión de enfermedades crónicas. A medida que avanzan las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), el futuro de la teleconsulta se perfila aún más prometedor con la incorporación de \*inteligencia artificial (IA), chatbots, big data y wearables

Estos desarrollos permitirán un diagnóstico más preciso, una mejor personalización de los tratamientos y una optimización de los recursos sanitarios. En este artículo, analizamos cómo estas tecnologías están redefiniendo la teleconsulta y su impacto en la atención médica global.

### Expansión wearables en telemedicina. M-Health

Los wearables están revolucionando la teleconsulta mediante dispositivos médicos conectados que recopilan, transmiten y analizan datos de los pacientes en tiempo real. (2) Esto permite una monitorización continua y una intervención médica más rápida, reduciendo hospitalizaciones y mejorando la eficiencia del sistema de salud.

Algunos dispositivos clave incluyen:

- Smartwatches y sensores biométricos: monitoreo de ritmo cardíaco, presión arterial y niveles de oxígeno en sangre, estetoscopios electrónicos. (3)
- Monitores de glucosa continuos: uso en diabetes para el ajuste inmediato del tratamiento. (3)
- Sensores implantables para insuficiencia cardíaca: detectan signos tempranos de descompensación. (3)

Estos dispositivos permitirán que la teleconsulta sea más proactiva en la identificación de enfermedades, en lugar de limitarse a la evaluación de síntomas ya manifestados.

### Plataformas de Teleconsulta con Inteligencia Artificial

Las plataformas de teleconsulta han evolucionado de simples sistemas de videoconferencia a plataformas integradas con inteligencia artificial (IA). Estas plataformas pueden:

- Analizar la historia clínica del paciente y sugerir diagnósticos probables. (6)
- Priorizar consultas según la gravedad del cuadro clínico. (6)
- Automatizar la gestión de turnos y seguimiento de pacientes crónicos. (6)

### Inteligencia artificial y su impacto en la teleconsulta

Los sistemas de aprendizaje automático y redes neuronales profundas están mejorando la precisión diagnóstica

en diversas áreas médicas. En teleconsulta, la IA puede analizar:

- Electrocardiogramas para detectar arritmias con mayor precisión que los médicos generales. (2,4)
- Radiografías y tomografías para evaluar signos tempranos de neumonía o cáncer. (2,4)
- Patrones en la voz del paciente para detectar enfermedades neurológicas o trastornos psiquiátricos. (2,4)

### Automatización con chatbots médicos

Los chatbots están revolucionando la teleconsulta al ofrecer atención inicial sin necesidad de un médico presente. Estos sistemas basados en IA pueden:

- Realizar anamnesis automatizada, recopilando síntomas y antecedentes del paciente. (2)
- Ofrecer recomendaciones preliminares y derivar los casos urgentes a especialistas. (2)
- Recordar a los pacientes la toma de medicación y seguimiento de estudios. (2)

Estudios han demostrado que los chatbots pueden reducir en un 30-40% la carga de trabajo de los médicos en sistemas de teleconsulta, mejorando la accesibilidad y reduciendo costos. (2)

### Big data e inteligencia artificial en la teleconsulta

Análisis Predictivo para la prevención de enfermedades

El "big data" permitirá que los sistemas de salud analicen millones de teleconsultas y encuentren patrones predictivos en la evolución de enfermedades. Estos modelos predictivos permitirán un enfoque más preventivo en la teleconsulta, reduciendo la carga hospitalaria y los costos en salud.

### Integración de big data con la historia clínica electrónica

Uno de los mayores desafíos en la teleconsulta es la fragmentación de la información del paciente. La integración de big data con la historia clínica electrónica (HCE) permitirá:

- Acceso inmediato a estudios previos y antecedentes clínicos. (2,5)
- Comparación de los datos actuales del paciente con tendencias históricas. (2,3,5)
- Uso de IA para generar alertas sobre interacciones medicamentosas o riesgos clínicos. (2,4,5)

### Desafíos y perspectivas futuras

A pesar de los avances, la evolución de la teleconsulta enfrenta desafíos como:

- Regulación y seguridad de datos: es necesario un marco normativo claro para garantizar la privacidad del paciente y la interoperabilidad entre plataformas. (2,5)
- Brecha digital: no todos los pacientes tienen acceso a dispositivos inteligentes o internet de calidad. (2,5)
- Capacitación de profesionales: los médicos deben adaptarse a nuevas herramientas digitales y algoritmos de IA. (2,5)

---

## BIBLIOGRAFÍA

1. Organización Mundial de la Salud. Ethics and governance of artificial intelligence for health. Ginebra: OMS; 2024.
2. Tromp J, Jindal D, Redfern J, et al. World Heart Federation Roadmap for Digital Health in Cardiology. *Global Heart*. 2022;17(1):61.
3. Meskó B. A Guide to Digital Health. The Medical Futurist Institute; 2023.
4. Mazon P, Iglesias-Alvarez D, Rey Aldana D, et al. Eficacia y seguridad de una consulta electrónica en los pacientes con enfermedad cardiovascular. *Rev Esp Cardiol*. 2021;4017-3.
5. Ministerio de Salud de Argentina. Estrategia Nacional de Salud Digital. Buenos Aires; 2022.

---

## Evaluación del Impacto de la Teleconsulta en la Salud Pública

Medición del impacto en la equidad del acceso a la salud: Se recomienda que los sistemas de salud recopilen datos sobre el uso de la teleconsulta en distintos grupos poblacionales, identificando posibles brechas en su acceso y proponiendo soluciones para reducir desigualdades. (1)

Incorporación de teleconsulta en emergencias sanitarias y desastres naturales: Se recomienda que la telemedicina forme parte de los planes nacionales de respuesta ante emergencias, permitiendo la atención a distancia en situaciones donde el acceso a los servicios de salud está comprometido. (1)

---

## BIBLIOGRAFÍA

1. Ministerio de Salud de Argentina. Estrategia Nacional de Salud Digital. Buenos Aires; 2022.

## Conclusión final

La teleconsulta se ha consolidado como una herramienta clave en la atención cardiovascular, optimizando el acceso, la calidad y la eficiencia del cuidado. Su impacto es significativo en la reducción de eventos adversos y en la mejora de la calidad de vida de los pacientes, especialmente en el manejo de enfermedades crónicas.

Más que una solución tecnológica, la teleconsulta representa un modelo de atención que debe estar respaldado por una infraestructura segura, capacitación continua del equipo médico y estrategias de integración con la consulta presencial. Su éxito depende de la adopción de tecnologías interoperables, la protección de datos sensibles y la formación de profesionales y pacientes en su uso adecuado.

Para garantizar su evolución y sostenibilidad, es fundamental fortalecer el marco normativo, impulsando la firma electrónica, la receta digital y regulaciones claras para su aplicación en segundas opiniones médicas. La inversión en infraestructura tecnológica y el desarrollo de políticas que promuevan la equidad en el acceso aseguran que la teleconsulta continúe siendo una alternativa efectiva, ética y accesible.

En definitiva, la teleconsulta no solo transforma la forma en que se presta atención médica, sino que redefine la relación entre pacientes y profesionales de la salud. Su correcta implementación permitirá que siga siendo un pilar fundamental en la evolución de la medicina digital, garantizando un modelo de atención más inclusivo, con impacto ecológico, reducción de costos, mejorando el seguimiento y control del paciente.

## 3.3 - Telemonitoreo

### Introducción

El monitoreo remoto de pacientes (MRP) es una práctica médica innovadora que utiliza herramientas digitales avanzadas para recopilar y procesar datos de salud de los pacientes fuera del entorno clínico tradicional. (1) Esta metodología permite a los profesionales de la salud supervisar a los pacientes a distancia, facilitando la detección de cambios en su estado de salud y permitiendo intervenciones oportunas cuando sea necesario.

El MRP en pacientes con patologías cardiovasculares presenta numerosos beneficios potenciales. Entre ellos se destacan la detección temprana de eventos cardíacos adversos, la optimización del tratamiento farmacológico a distancia, el incremento en la adherencia terapéutica y la titulación más rápida del tratamiento. (2) Estos posibles beneficios no solo podrían mejorar la calidad y cantidad de vida de los pacientes, sino también contribuir a un uso más eficiente de los recursos del sistema de salud.

Esta práctica se basa en el uso de herramientas digitales, como teléfonos celulares y otros dispositivos médicos, que los pacientes pueden utilizar para recopilar información sobre su estado de salud. Entre estos dispositivos se incluyen los dispositivos portables, como relojes inteligentes, pulseras de actividad, y diversos sensores cardíacos portátiles, que permiten registrar y transmitir datos fisiológicos.

El MRP es una tecnología emergente que está transformando la atención de las enfermedades cardiovasculares, lo que hace fundamental establecer un consenso sobre su utilidad y aplicación. Este capítulo tiene como objetivo definir directrices claras y basadas en evidencia para su implementación en cardiología. A través de ellas, buscamos promover una atención de calidad, segura y accesible, que maximice los posibles beneficios del MRP en la práctica clínica.

### 3.3.1 MRP: componentes principales

**Dispositivos de Monitoreo:** La herramienta más comúnmente utilizada por los pacientes para el monitoreo remoto de su salud es el teléfono celular. Además, tienen a su disposición dispositivos adicionales como relojes y bandas inteligentes, que les permiten recopilar datos fisiológicos de manera conveniente. Por último, existen otros dispositivos especializados, como monitores de ritmo cardíaco, medidores de presión arterial, dispositivos de electrocardiograma portátil, entre otros, que también pueden ser utilizados para este fin.

**Conectividad:** La capacidad de transmitir los datos recopilados desde los dispositivos de monitoreo al sistema de salud es esencial para el MRP. Esto se logra mediante tecnologías inalámbricas, como Bluetooth o redes celulares, que permiten la transferencia segura y eficiente de datos a través de internet.

**Plataforma de Gestión de Datos:** Una plataforma de gestión de datos es fundamental para almacenar, procesar y analizar los datos recopilados de los pacientes. Estas plataformas pueden variar en complejidad, desde aplicaciones móviles simples hasta sistemas integrados al sistema de información hospitalarios. Es deseable que estas plataformas interoperen con el resto de los servicios informativos del ecosistema sanitario para asegurar una mejor continuidad del cuidado.

**Equipo de Salud:** Este componente es esencial para gestionar la información recibida e interactuar con el paciente o su familia cuando sea pertinente. El equipo de salud, compuesto por médicos, enfermeras y otros profesionales de la salud, utiliza los datos recopilados para realizar evaluaciones clínicas, ajustar tratamientos y brindar educación y apoyo al paciente y su familia.

### 3.3.2 MRP: recopilación de Información fisiológica y síntomas

Para realizar un monitoreo efectivo, es crucial recopilar información fisiológica y síntomas relevantes. Esto puede lograrse de diversas maneras:

- **Cuestionarios Electrónicos:** Los cuestionarios electrónicos pueden ser enviados de manera periódica a los pacientes para evaluar su estado de salud y recopilar información relevante sobre síntomas, calidad de vida y adherencia al tratamiento.
- **Dispositivos portables o “Wearables”:** Los dispositivos portables como los relojes inteligentes, las pulseiras de actividad y los parches biométricos pueden recopilar datos fisiológicos como la frecuencia cardíaca, la actividad física y el sueño de manera continua y no invasiva.
- **Aplicaciones Móviles:** Las aplicaciones móviles pueden ser utilizadas para registrar síntomas específicos, como dolor torácico, fatiga o dificultad para respirar. Además, estas aplicaciones pueden incluir características de recordatorio de medicamentos y seguimiento de hábitos de vida saludables.

El monitoreo remoto también se puede dividir en monitoreo activo y pasivo. Mientras que el monitoreo pasivo es típico de los dispositivos implantables invasivos que envían datos de forma esporádica o continua al médico receptor, el telemonitoreo activo a través de dispositivos no invasivos implica una acción (por ejemplo, una videollamada) o una automedición (por ejemplo, la medición de la presión arterial) por parte de los propios pacientes.

El uso combinado de estos métodos de recopilación de datos fisiológicos y síntomas permite una monitorización integral y personalizada de la salud de los pacientes, facilitando la detección temprana de cambios en su condición y la intervención oportuna por parte del equipo de salud.

### 3.3.3 MRP: Principales aplicaciones en cardiología

A continuación, se describen las principales recomendaciones al momento de realizar el monitoreo remoto de pacientes independientemente de la patología específica en la cual se decida aplicarlo.

- **Especialización del Equipo de Salud. Recomendación de Clase I, Nivel de evidencia C.**
  - o Se recomienda que el monitoreo remoto esté a cargo de un equipo de salud especializado en la patología que padecen los pacientes. Esta especialización garantiza una atención más precisa y efectiva, así como una mejor interpretación de los datos recopilados.
- **Uso de dispositivos validados. Recomendación de Clase I, Nivel de evidencia C.**
  - o Se recomienda que la recopilación de datos fisiológicos se realice utilizando dispositivos validados por el ente regulatorio correspondiente, que garantice un nivel médico de las mediciones. Esto asegura la fiabilidad y precisión de los datos recopilados, lo que es crucial para una adecuada toma de decisiones clínicas.
- **Monitoreo remoto basado en la evidencia. Recomendación de Clase I, Nivel de evidencia C.**
  - o El monitoreo remoto de pacientes debe ser considerado no solo como una herramienta de seguimiento, sino como una verdadera estrategia terapéutica digital. Para respaldar su eficacia y seguridad, es crucial que el monitoreo remoto sea evaluado mediante estudios clínicos rigurosos. Estos estudios no solo proporcionan información sobre la utilidad del monitoreo remoto en la mejora de los resultados clínicos, sino que también ayudan a identificar posibles riesgos y limitaciones. Por lo tanto, antes de implementar el monitoreo remoto en la práctica clínica, es necesario contar con evidencia científica sólida que respalde su efectividad y seguridad en diferentes contextos y poblaciones de pacientes. Por esto, se recomienda que la estrategia aplicada esté basada en la mejor evidencia científica disponible para la patología en la que se aplique.

Recomendaciones técnico-administrativas de las teleconsultas	Clase	Nivel de evidencia
Se recomienda que el monitoreo remoto sea realizado por un equipo de salud especializado en la patología del paciente.	I	C
Se recomienda que la recopilación de datos fisiológicos se realice mediante dispositivos validados por el ente regulador, que garanticen mediciones con precisión y calidad a nivel médico.	I	C
Se recomienda que la estrategia aplicada a cada patología debe estar basada en la mejor evidencia disponible.	I	C

### 3.3.4 MRP: escenarios específicos

El MRP ofrece oportunidades significativas en el manejo de enfermedades cardiovasculares, proporcionando una vigilancia continua y personalizada que puede ser especialmente beneficiosa en ciertos escenarios. A continuación, se desarrollan las principales aplicaciones del MRP por patologías o escenarios específicos.

### Monitoreo remoto de pacientes con insuficiencia cardíaca

La insuficiencia cardíaca (IC) es un síndrome crónico, complejo y progresivo que se caracteriza por presentar elevada morbilidad y mortalidad. (3) Además, los pacientes con IC presentan una capacidad funcional reducida y una calidad de vida deteriorada. La prevalencia de la IC varía entre el 1% y el 3% en la población adulta general y se proyecta que aumente sustancialmente debido a la disponibilidad de mejores herramientas de diagnóstico que aseguran una detección adecuada y tratamientos médicos que mejoran la supervivencia de los pacientes que la padecen. (4)

La IC impone una alta carga económica sobre el sistema de salud. En primer lugar, el cuidado adecuado de los pacientes que sufren esta enfermedad requiere un seguimiento ambulatorio estrecho. Durante este seguimiento el paciente debe adquirir conocimiento y comprensión de la enfermedad que permita lograr cambios significativos y sostenidos en el estilo de vida y una adecuada adherencia terapéutica para mejorar su pronóstico. (4) En segundo término, a pesar de los esfuerzos nombrados durante el seguimiento ambulatorio, la IC es la principal causa de hospitalizaciones en mayores de 65 años. Además, cada internación implica un mayor riesgo de reingreso, ya que el 50% de los pacientes se rehospitalizará dentro del año del evento índice. (5) En nuestro país, el registro ARGEN-IC reporta una tasa de reinternación a 30 días del 16%, e identificó mayor riesgo de padecerla en aquellos pacientes que no tuvieron un control luego del alta. En este contexto, existe una gran necesidad de desarrollar estrategias efectivas para reducir las readmisiones por IC y mejorar la atención y cuidado ambulatorio de los pacientes con esta enfermedad.

El monitoreo y el seguimiento son una parte esencial en el manejo general de la IC. El MRP se centra en fomentar el autocuidado, la adherencia y la titulación de la medicación modificadora de pronóstico en la IC. (6) Otra función del MRP es la de detectar precozmente las descompensaciones (empeoramiento de la IC), permitiendo así un inicio rápido del tratamiento y evitar hospitalizaciones. (7) Para el MRP se pueden utilizar dispositivos no invasivos o invasivos para recopilar datos de salud, como signos vitales y otros datos diagnósticos.

La mayoría de las investigaciones con monitoreo hemodinámico remoto se han centrado en pacientes que han tenido hospitalizaciones por IC y que se encuentran en alto riesgo de descompensación, con el objetivo que un monitoreo más intensivo pueda identificar la descompensación de manera temprana, apoyar la adherencia a los cambios en el estilo de vida y la medicación, y promover intervenciones para evitar la congestión y nuevos eventos. (8)

### Tipos y evidencia sobre los beneficios de las tecnologías de telemonitoreo en insuficiencia cardíaca

#### Monitoreo no invasivo

Los primeros abordajes del monitoreo remoto en insuficiencia cardíaca utilizaban la llamada telefónica convencional como forma de comunicación y recolección de datos. Los pacientes eran llamados por un miembro del equipo de IC para discutir sus síntomas y revisar su cumplimiento con las medidas de estilo de vida y el tratamiento farmacológico. (9) El ensayo DIAL, publicado en 2005, fue uno de los primeros ensayos aleatorizados que analizaron el papel de la intervención telefónica en comparación con el cuidado habitual en 1518 pacientes ambulatorios con IC crónica estable y tratamiento farmacológico óptimo. (10) Este estudio preliminar demostró ser efectivo en la reducción de las hospitalizaciones por insuficiencia cardíaca. Sin embargo, ese mismo año, uno de los mayores ensayos aleatorizados sobre monitoreo telefónico de insuficiencia cardíaca (Tele-HF) en Estados Unidos no respaldó este enfoque. (11) El soporte telefónico para los pacientes en un programa de insuficiencia cardíaca sigue siendo fundamental en muchos servicios de IC, pero generalmente se dirige a pacientes de mayor riesgo, como aquellos que han regresado recientemente a casa después de una hospitalización por IC que viven a una considerable distancia del centro.

Actualmente, el dispositivo más frecuentemente utilizado para recopilar la información necesaria para realizar el MRP es el teléfono celular, generalmente empleando plataformas digitales especialmente diseñadas para este fin. Estos datos pueden ser tomados e ingresados de forma manual por el paciente o transmitidos de forma automática por los mismos dispositivos que realizan la medición. El equipo de atención médica revisa estos datos regularmente, analizando tendencias durante varios días, y puede recibir alertas si alguna variable excede los límites preestablecidos. Las acciones clínicas basadas en estos datos se toman a discreción de los profesionales de la salud, siguiendo protocolos o guías locales. (12)

Uno de los estudios aleatorizados más tempranos fue el estudio Trans-European Network – Home-Care Management System (TEN-HMS) (13) Este estudio incluyó a 426 pacientes con IC con fracción de eyección reducida, asignados aleatoriamente en una proporción de 2:2:1 a telemonitoreo domiciliario con sistemas autónomos, soporte telefónico de enfermería o cuidado habitual. Aunque el resultado primario de días perdidos por muerte o hospitalización no mostró diferencias significativas entre los grupos, el grupo de telemonitoreo domiciliario presentó reducción en la duración de las estancias hospitalarias, y los pacientes que recibieron soporte telefónico o telemonitoreo experimentaron tasas de mortalidad más bajas en comparación con el cuidado habitual. El primer estudio Telemedical Interventional Monitoring in HF (TIM-HF), gestionado centralmente desde Berlín, no mostró mejoría en los resultados entre los 710 pacientes aleatorizados seguidos durante al menos

12 meses (14) Sin embargo, un estudio posterior más amplio que involucró a 1,571 pacientes, quienes habían sido hospitalizados por insuficiencia cardíaca en el año anterior y no tenían depresión mayor, utilizó un sistema inalámbrico para transmitir diariamente signos vitales y estado de salud. Este estudio reportó una reducción estadísticamente significativa en los días perdidos debido a ingresos hospitalarios cardiovasculares no planificados o muerte en comparación con el grupo control (17.8 versus 24.2 días por año,  $p=0.046$ ). Además, se observó una disminución significativa en la mortalidad por todas las causas, aunque no en la mortalidad cardiovascular. (15) Con un mayor nivel de complejidad, existen otros dispositivos no invasivos utilizados para el telemonitoreo en pacientes con IC que han demostrado ser eficaces. Algunos de ellos se basan en una tecnología no invasiva que mide el contenido de agua pulmonar. La utilización de esta tecnología permite el monitoreo continuo y preciso de los pacientes, facilitando intervenciones tempranas y reduciendo las hospitalizaciones recurrentes al detectar cambios del líquido pulmonar en tiempo real. (16) Otra alternativa consiste en utilizar datos recolectados por dispositivos como desfibriladores y resincronizadores como impedancia torácica, frecuencia cardíaca, sonidos cardíacos, frecuencia respiratoria y el volumen tidal relativo. A partir de esta información se desarrolló de forma prospectiva un índice de riesgo para pacientes con IC en seguimiento ambulatorio denominado MultiSENSE. El mismo, demostró una sensibilidad del 70% y una especificidad del 85.7% para la predicción de eventos de insuficiencia cardíaca. (17)

Los resultados de numerosos ensayos clínicos randomizados sugieren que la estrategia de telemonitoreo no invasivo parece ser sumamente beneficiosa para los pacientes, sin embargo todavía la evidencia no es concluyente por la gran heterogeneidad de diseño y de las estrategias aplicadas en cada uno de los estudios publicados. Los metaanálisis, incluyeron estudios más pequeños, sugieren beneficios en la mortalidad y una disminución en las hospitalizaciones relacionadas con la IC.

En la Revisión Cochrane realizada por Inglis et al. en 2017, se incluyeron 41 estudios sobre soporte telefónico estructurado o telemonitoreo no invasivo en pacientes con IC. Encontraron que las intervenciones de telemonitoreo mejoraron la calidad de vida, redujeron los costos y fueron aceptables para los pacientes. (18) El telemonitoreo no invasivo redujo la mortalidad por todas las causas (RR 0.80, IC del 95% 0.68 a 0.94; participantes = 3740; estudios = 17;  $I^2 = 24%$ , GRADE: evidencia de calidad moderada) y las hospitalizaciones relacionadas con la IC (RR 0.71, IC del 95% 0.60 a 0.83; participantes = 2148; estudios = 8;  $I^2 = 20%$ , GRADE: evidencia de calidad moderada). Además, observaron mejoras en las prescripciones de medicamentos, el conocimiento del paciente, el autocuidado y las clases funcionales.

En un metaanálisis que constituye la visión más completa, contemporánea y amplia hasta la fecha sobre el RMP en IC crónica, que incluye todos los tipos de modalidades disponibles, se incluyeron 65 estudios de monitoreo no invasivo y 27 estudios de monitoreo invasivo, con un total de 36,549 pacientes con insuficiencia cardíaca. El seguimiento medio fue de 11.5 meses. Se observó una reducción significativa del 16% en la mortalidad por todas las causas en los pacientes que utilizaron telemonitoreo en comparación con el estándar de atención (odds ratio agrupado: 0.84, intervalo de confianza del 95%: 0.77–0.93,  $I^2: 24%$ ). Además, se encontró una reducción significativa del 19% en la primera hospitalización por insuficiencia cardíaca (OR: 0.81, IC del 95%: 0.74–0.88,  $I^2: 22%$ ) y una reducción del 15% en el total de hospitalizaciones por insuficiencia cardíaca (índice de tasa de incidencia agrupada: 0.85, IC del 95%: 0.76–0.96,  $I^2: 70%$ ). (19)

### Monitoreo invasivo

El monitoreo de presión hemodinámica ha demostrado ser más preciso para la detección de congestión pulmonar inminente y tiene una recomendación de clase IIb(B) en las guías de insuficiencia cardíaca de la Sociedad Europea de Cardiología para pacientes sintomáticos con IC con fracción de eyección reducida. (20)

Con respecto al monitoreo a través de dispositivos invasivos, el que cuenta con mayor evidencia es el CardioMEMS, un dispositivo inalámbrico que se implanta en la arteria pulmonar y permite recolectar datos de la situación hemodinámica del paciente. El dispositivo está actualmente aprobado por la FDA para pacientes con síntomas de clase II y III de la NYHA y con niveles elevados de péptidos natriuréticos o una hospitalización por IC en el año anterior. (21)

El estudio CHAMPION de 2007-09 comparó el cuidado habitual con el monitoreo diario de presión de la arteria pulmonar usando un sistema hemodinámico inalámbrico para pacientes con clase III de la NYHA y una hospitalización por insuficiencia cardíaca en el año anterior. Durante un seguimiento promedio de 13 meses, las hospitalizaciones por insuficiencia cardíaca se redujeron en un 48% en el grupo de intervención (IC del 95% [0.40–0.69];  $p<0.001$ ). (22) Esto se acompaña además de una mejora en la calidad de vida en esta población, como demostraron Brugts y colaboradores. (23)

El estudio de seguimiento GUIDE-HF de 2018-21, que amplió los criterios de inclusión a pacientes con clase II-IV de la NYHA y a aquellos sin una hospitalización reciente, se vio desafortunadamente afectado por el impacto de la pandemia de COVID-19. (24) (Este estudio reclutó e implantó a 1,000 pacientes entre marzo de 2018 y diciembre de 2019, con un seguimiento de 12 meses. Aunque en el período de seguimiento previo a la COVID-19 hubo una diferencia significativa en las hospitalizaciones y visitas por insuficiencia cardíaca entre

los grupos de monitoreo remoto y cuidado habitual (HR 0.81; IC del 95% [0.66–1.00];  $p=0.05$ ), este efecto no se mantuvo en el período posterior a la COVID-19 (resultados generales: HR 0.88; IC del 95% [0.74–1.05];  $p=0.16$ ). Los autores concluyeron que este resultado neutral probablemente se debió a una caída significativa en la tasa de hospitalizaciones en el grupo de control durante la pandemia de COVID-19 (21%).

El estudio post-mercado del sistema hemodinámico inalámbrico de monitoreo de presión pulmonar CardioMEMS HF (COAST) también se vio afectado por la pandemia de COVID-19. Sin embargo, los resultados preliminares del período de seguimiento previo a la COVID-19, publicados en diciembre de 2021, fueron prometedores, con tasas de hospitalización por insuficiencia cardíaca en el grupo de intervención un 82% más bajas que en el grupo de control. (25) Más recientemente se publicó el ensayo MONITOR-HF (26). Este fue un estudio abierto, aleatorizado, realizado en 25 centros en los Países Bajos en que se incluyeron pacientes con IC crónica de clase III y una hospitalización previa por insuficiencia cardíaca, independientemente de la fracción de eyección. Los pacientes fueron asignados aleatoriamente (1:1) al monitoreo hemodinámico inalámbrico o al cuidado estándar. A los 12 meses, el cambio promedio en la puntuación resumen general del KCCQ fue de +7 puntos en el grupo de monitoreo y -0.2 puntos en el grupo de cuidado habitual ( $p=0.013$ ). Durante un seguimiento medio de 1.8 años, hubo 117 hospitalizaciones o visitas urgentes por insuficiencia cardíaca en el grupo de monitoreo y 212 en el grupo de cuidado habitual, lo que representa una reducción del 44% con el monitoreo (razón de riesgo 0.56; intervalo de confianza del 95% 0.38–0.84;  $p<0.01$ ).

Recomendaciones de monitoreo remoto en pacientes con IC	Clase	Nivel de evidencia
El telemonitoreo no invasivo debe ser considerado para los pacientes con insuficiencia cardíaca, independientemente de su FEVI, con empeoramiento del cuadro en los últimos 12 meses.	IIa	B
El telemonitoreo no invasivo puede ser considerado para los pacientes con insuficiencia cardíaca, independientemente de su FEVI, sin un empeoramiento del cuadro en los últimos 12 meses.	IIb	C
El telemonitoreo puede considerarse para titular remotamente medicación en pacientes con insuficiencia cardíaca y fracción de eyección reducida.	IIb	B
El monitoreo de las presiones de la arteria pulmonar utilizando un sistema hemodinámico implantable inalámbrico puede considerarse en pacientes sintomáticos con IC que han sido hospitalizados previamente por IC para reducir el riesgo de hospitalización recurrente por IC.	IIb	B
No se recomienda el uso de telemonitoreo en pacientes que NO sean aptos digitalmente o tengan una muy baja adherencia prevista.	III	B

### Monitoreo remoto de pacientes en hipertensión arterial

La hipertensión arterial (HTA) es una de las condiciones crónicas más frecuentes en la población mundial. A pesar de los numerosos avances terapéuticos y diagnósticos en las últimas décadas, sigue siendo una patología subdiagnosticada y subtratada. Este panorama plantea un desafío importante para los sistemas de salud, especialmente en el contexto del manejo ambulatorio, donde las tecnologías de monitoreo remoto pueden ofrecer nuevas oportunidades para mejorar la detección y el control de la HTA.

Numerosos estudios clínicos aleatorizados han demostrado que el monitoreo remoto emerge como una estrategia prometedora en el manejo de la hipertensión arterial. (27) Estas investigaciones sugieren que la implementación de esta estrategia puede aumentar significativamente el porcentaje de pacientes que logran un adecuado control de su presión arterial. Con base en esta evidencia, es fundamental establecer recomendaciones claras para el monitoreo remoto en la hipertensión arterial, con el objetivo de mejorar los resultados clínicos y la calidad de vida de los pacientes.

### Identificación de candidatos aptos

Para aplicar esta estrategia exitosamente es clave identificar a aquellos pacientes con hipertensión arterial que pueden beneficiarse del monitoreo remoto. Esto incluye aquellos con dificultades para controlar su presión arterial con tratamientos convencionales, así como aquellos con factores de riesgo adicionales o comorbilidades que puedan complicar su manejo. Además, es imprescindible que los pacientes sean aptos digitalmente y estén capacitados en cómo medir la presión arterial de manera adecuada. Esto incluye evaluar su familiaridad con el uso de dispositivos de medición de la presión arterial y brindarles la educación necesaria para realizar mediciones precisas y consistentes.

### Selección de dispositivos adecuados y metodología de medición de la presión arterial

Es crucial elegir dispositivos de monitoreo remoto confiables y validados para medir la presión arterial de mane-

ra precisa. Por el momento, la modalidad de monitoreo recomendada es la medición por tensiómetro digital con brazalete braquial. Este dispositivo puede estar conectado a la plataforma digital, permitiendo la transmisión directa de los valores obtenidos, o puede requerir la carga manual de los datos. Ambas modalidades son válidas y efectivas para el monitoreo remoto de la presión arterial. La elección entre una u otra modalidad puede depender de la disponibilidad de recursos tecnológicos y de las preferencias del paciente y del equipo de salud. Al momento de la redacción de las recomendaciones actuales, la evidencia resulta insuficiente para la utilización de los métodos sin manguito de medición "latido a latido". De todos modos, algunas metodologías ya presentan evidencia de validación adecuada, y su utilización presenta el dilema de la necesidad eventual de la reevaluación de todo el espectro de conocimiento de la enfermedad hipertensiva y de la hemodinamia del sistema cardiovascular. Del mismo modo, también resulta insuficiente la evidencia sobre la utilización de la inteligencia artificial aplicada los datos del monitoreo ambulatorio de la PA al manejo de los pacientes con hipertensión arterial.

### Integración con la atención clínica tradicional

El monitoreo remoto debe integrarse de manera efectiva con la atención clínica tradicional, permitiendo una comunicación fluida entre el paciente y el equipo de salud. Los datos recopilados a través del monitoreo remoto deben ser revisados regularmente por profesionales de la salud, quienes pueden realizar ajustes en el tratamiento según sea necesario.

### Educación y empoderamiento del paciente

Es fundamental proporcionar a los pacientes la información y las herramientas necesarias para participar activamente en su propio cuidado. Esto incluye educarlos sobre la metodología apropiada para realizar las mediciones.

### Evidencias sobre los beneficios del uso de MRP en hipertensión arterial

En 2013 se publicó un ensayo controlado aleatorizado y multicéntrico en 20 consultorios de atención primaria en el sureste de Escocia, con el objetivo de determinar si una intervención de telemonitoreo de la presión arterial automedida en el hogar supervisada por el equipo de salud, podría reducir la presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD) diurna en pacientes con hipertensión no controlada. (28) Participaron 401 personas de 29 a 95 años con presión arterial diurna media  $\geq 135/85$  mm Hg pero  $\leq 210/135$  mm Hg. Durante seis meses, los pacientes realizaron automediciones de la presión arterial y transmitieron las lecturas a un sitio web seguro para su revisión por el personal médico, con apoyo automatizado opcional para la toma de decisiones. Se asignaron al azar 200 participantes a la intervención y 201 a la atención habitual. La intervención redujo la PAS diurna en 4,3 mm Hg (IC 95%: 2,0 a 6,5;  $P = 0,0002$ ) y la PAD diurna en 2,3 mm Hg (IC 95%: 0,9 a 3,6;  $P = 0,001$ ), con valores más altos en el grupo de atención habitual. La intervención también se asoció con un aumento medio de una consulta con un médico generalista y 0,6 consultas con enfermeras. El telemonitoreo resultó ser eficaz para reducir la presión arterial en pacientes con hipertensión no controlada en centros de atención primaria.

El ensayo HOME BP (Home and Online Management and Evaluation of Blood Pressure) fue un estudio controlado aleatorizado en 76 consultorios generales del Reino Unido, diseñado para probar una intervención digital para el manejo de la hipertensión en atención primaria, combinando el autocontrol de la presión arterial con el autocontrol guiado. (29) Participaron 622 personas con hipertensión tratada pero mal controlada ( $>140/90$  mm Hg) y acceso a Internet, asignadas aleatoriamente al autocontrol con una intervención digital (305 participantes) o a la atención habitual (317 participantes). La intervención digital ofreció retroalimentación de los resultados de la presión arterial y consejos opcionales sobre el estilo de vida y apoyo motivacional. Después de un año, la presión arterial media disminuyó de 151,7/86,4 a 138,4/80,2 mm Hg en el grupo de intervención y de 151,6/85,3 a 141,8/79,8 mm Hg en el grupo de atención habitual, con una diferencia significativa en la presión arterial sistólica de -3,4 mm Hg (IC 95%: -6,1 a -0,8 mm Hg) y en la diastólica de -0,5 mm Hg (-1,9 a 0,9 mm Hg), favorable al grupo de telemonitoreo, con bajos costos incrementales.

En un estudio retrospectivo sobre la atención de adultos mayores y el uso del MRP en beneficiarios de Medicare mayores a 65 años con un diagnóstico de hipertensión ambulatoria entre julio de 2018 y septiembre de 2020, se comparó una muestra emparejada que tenía 16339 y 63.333 usuarios y no usuarios de MRP, respectivamente. (30) Las incidencias acumuladas de mortalidad fueron 2,9% (MRP) y 4,3% (no MRP), con un HR de 0,66 (IC 95%: 0,60-0,74). Los usuarios de MRP tuvieron menores riesgos de hospitalizaciones por cualquier causa (HR 0,78, IC 95% 0,75-0,82), relacionadas con enfermedades cardiovasculares (HR 0,79, IC 95% 0,73-0,87) y no relacionadas con enfermedades cardiovasculares (HR 0,79, IC 95% 0,75-0,83). Los usuarios de RPM tuvieron mayores riesgos de consultas ambulatorias por cualquier causa (HR 1,10, IC 95% 1,08-1,11) y relacionadas con enfermedades cardiovasculares (HR 2,17, IC 95% 2,13-2,19), mientras que un riesgo ligeramente menor de consultas ambulatorias no relacionadas con enfermedades cardiovasculares (HR 0,94 IC 95% 0,93-0,96).

En otro estudio diseñado para pacientes con presión arterial elevada asintomática, dados de alta del servicio de emergencias se utilizó la telemedicina para la continuidad de la atención mediante telemonitoreo de la presión arterial en el hogar durante 3 meses posterior al alta, y se los remitió a clínicas especializadas en hipertensión (31) Los participantes monitorearon su presión arterial dos veces por la mañana y por la noche, y transmitieron las lecturas a través de Bluetooth todos los días a un teléfono celular con una aplicación. Un médico de monitoreo recibió estos datos y monitoreó la condición del paciente diariamente ajustando los medicamentos antihipertensivos. La proporción de participantes que completaron  $\geq 80\%$  de las mediciones de presión arterial en el hogar al mes y a los 3 meses fue del 67% y del 41%, respectivamente. La proporción de individuos que lograron controlar la presión arterial sistólica y diastólica en el hogar a los 3 meses fue del 71,4% y del 85,7%, respectivamente. La presión arterial sistólica y diastólica media en el hogar mejoró en -13/-5 mmHg después del inicio del programa. La mayoría de los pacientes (76%) estuvieron muy satisfechos con el programa y el 76% encontró que las herramientas de salud digital eran fáciles de usar.

Cheng y colaboradores evaluaron un modelo de gestión comunitaria de la hipertensión basado en el control inteligente de la presión arterial en el hogar mediante tecnología IoT. (32) Se aleatorizaron a 459 pacientes de seis comunidades en un grupo control que recibió atención estándar y un grupo de intervención que participó en un programa de monitoreo remoto durante 6 meses. Los datos se recopilaron a través de encuestas, registros en la nube y gestión comunitaria antes y después de la intervención. El estudio mostró una reducción significativa en la presión arterial sistólica de 9,88 mm Hg y en la diastólica de 6,55 mm Hg. Además, los residentes rurales experimentaron una mayor disminución en la presión arterial sistólica (14,85 mm Hg) y diastólica (6,59 mm Hg) en comparación con los urbanos, cuya presión diastólica disminuyó en 6,05 mm Hg.

Una intervención de salud móvil adaptada culturalmente, enfocada en el autocontrol de la PA, actividad física, ingesta de sodio y adherencia a la medicación, se probó en afroamericanos con hipertensión no controlada reclutados en servicios de emergencia y entornos comunitarios. (33) En un ensayo controlado aleatorizado de 1 año, se comparó la intervención con un grupo de control de atención habitual mejorada. Los participantes, de 25 a 70 años, recibieron un dispositivo de medición de PA y materiales educativos. La aleatorización de 162 participantes se realizó entre 2 y 4 semanas después de la inscripción, tras confirmar la hipertensión no controlada. Se realizaron visitas de seguimiento a las 13, 26, 39 y 52 semanas. Al cabo de un año, ambos grupos mostraron disminuciones significativas en la PA sistólica (telemonitoreo: -22,5 mm Hg, control: -24,1 mm Hg) sin diferencias significativas entre ellos ( $p = 0,99$ ).

Un ensayo aleatorizado multicéntrico de 3071 participantes comparó 2 intervenciones en pacientes adultos con hipertensión nivel I-II (PA  $\geq 150/95$  mm Hg); atención con visitas presenciales al médico y/o asistentes médicos; y atención de telesalud utilizando las mejores prácticas y agregando telemonitoreo de la PA en el hogar con atención en el hogar coordinada por un farmacéutico clínico o un enfermero practicante. (34) La PA disminuyó significativamente durante los 12 meses de seguimiento en ambos grupos, de 157/92 a 139/82 mm Hg en los pacientes de atención en la clínica (-18/-10 mm Hg) y de 157/91 a 139/81 mm Hg en los pacientes de atención de telesalud (-19/-10 mm Hg), sin diferencia significativa en el cambio de presión arterial sistólica entre los grupos (-0,8 mmHg, IC del 95% -2,84 a 1,32).

En un trabajo reciente, se realizó una revisión sistemática y un meta-análisis para evaluar el efecto de las intervenciones basadas en salud móvil, en el control de la presión arterial (PA) en adultos (35). El análisis incluyó 50 estudios y reveló que las intervenciones con m-Health lograron una reducción significativa de la presión arterial sistólica en 3,5 mmHg (IC 95% -4,3 a -2,7;  $p < 0,001$ ) y de la presión arterial diastólica en 1,8 mmHg (IC 95% -2,3 a -1,4;  $p < 0,001$ ), en comparación con la atención habitual. Los efectos fueron más pronunciados en hombres y en adultos mayores, en intervenciones que duraron entre 6 y 8 semanas, incluyeron recordatorios de medicación y permitieron la inserción de valores de PA.

En el meta-análisis de datos de pacientes individuales (IPD) realizado por Tucker y colaboradores se evaluó la eficacia del automonitoreo de la presión arterial (PA) en la reducción y control de la hipertensión. (36) Se analizaron datos de 25 ensayos aleatorizados, que incluyeron 7,138 participantes. Los resultados mostraron que el automonitoreo de la PA, cuando se combina con intervenciones de apoyo intensivo (como la titulación sistemática de medicamentos, educación o asesoramiento sobre estilo de vida), reduce significativamente la presión arterial sistólica en 3.2 mmHg en comparación con la atención habitual a los 12 meses. Sin embargo, el automonitoreo sin apoyo adicional no mostró efectos significativos en la reducción de la PA. Los beneficios fueron más notables en pacientes con menor número de medicamentos antihipertensivos y con niveles iniciales de PA sistólica más altos.

En otro metaanálisis se analizó si el seguimiento remoto por parte de los farmacéuticos mejora los niveles de PA y revelar los factores que hacen que la intervención sea efectiva. (37) Se incluyeron ensayos que involucraron a pacientes hipertensos, y farmacéuticos que usaran herramientas de comunicación remota para realizar un encuentro de seguimiento. La PAS fue el resultado principal del metaanálisis. Trece estudios (3969 participantes) fueron incluidos. La diferencia media de la PAS entre el grupo de intervención y el grupo de control fue de -7,35 mmHg ( $P < 0,0001$ ). Los análisis de subgrupos mostraron una mayor reducción de la PAS en la "cohorte

de seguimiento programado regularmente” (-8,89 mmHg) en comparación con la “cohorte de seguimiento según sea necesario” (-3,23 mmHg,  $P < 0,0001$ ). Los resultados revelaron que el seguimiento remoto por parte de farmacéuticos redujo los niveles de PAS en pacientes hipertensos y que el seguimiento remoto programado puede contribuir a la eficacia.

En resumen, la evidencia sugiere que la telemonitorización de la presión arterial, cuando está acompañada por supervisión del equipo de salud, puede ser efectiva para reducir la presión arterial en pacientes con hipertensión no controlada y mejorar los resultados clínicos. Intervenciones digitales y el monitoreo remoto también han demostrado beneficios, como la reducción significativa de la presión arterial y menores tasas de hospitalización en algunos estudios. Sin embargo, el automonitoreo de la presión arterial por sí solo, sin la supervisión adecuada del equipo de salud, no parece mostrar beneficios claros en términos de reducción de la presión arterial o control de la hipertensión. Por lo tanto, es crucial que las estrategias de telemonitorización incluyan apoyo y supervisión para maximizar su efectividad.

### Recomendaciones para el Monitoreo Remoto en Hipertensión arterial

Condiciones requeridas para la utilización de Monitoreo remoto de pacientes con sospecha o diagnóstico de hipertensión arterial:

- Paciente asintomático
- Educación y capacitación previa sobre la técnica adecuada de automedición
- Utilización de dispositivos validados
- Capacidad del entorno del sistema de salud de brindar respuesta supervisada

Recomendaciones en pacientes con HTA	Clase	Nivel de evidencia
El monitoreo domiciliario de la presión arterial con telemonitoreo supervisado asincrónico con feedback/ intervención por parte del equipo de salud puede ser considerado como método de seguimiento de eficacia terapéutica del tratamiento antihipertensivo en pacientes aptos digitalmente, que utilicen equipos validados y sepan tomar adecuadamente la presión.	IIa	B
La utilización de monitoreo domiciliario de la presión arterial no supervisado (automonitoreo) con utilización de algoritmos de intervención digital estandarizada como método de seguimiento de eficacia terapéutica del tratamiento antihipertensivo puede ser considerada cuando la forma supervisada no sea posible.	IIb	B
El uso de monitoreo domiciliario de la presión arterial no supervisado (automonitoreo) con utilización de algoritmos de intervención digital por inteligencia artificial como método de seguimiento de eficacia terapéutica del tratamiento antihipertensivo no es recomendada.	III	C

### Monitoreo remoto de pacientes en rehabilitación cardiovascular (Tele-rehabilitación)

La rehabilitación cardiovascular (RCV) es una intervención fundamental para pacientes con enfermedades cardiovasculares, diseñada para mejorar la recuperación, reducir el riesgo de futuros eventos cardíacos y aumentar la calidad de vida. (40) Tradicionalmente, se lleva a cabo en centros especializados, pero con el avance de la tecnología han surgido dos enfoques adicionales: la tele-rehabilitación con y sin monitoreo remoto de parámetros fisiológicos en tiempo real. (40)

#### Tele-rehabilitación con monitoreo remoto

El monitoreo remoto permite a los profesionales de la salud seguir de cerca los parámetros de los pacientes en tiempo real, facilitando un enfoque personalizado y ajustable según las necesidades inmediatas del paciente. Esto se realiza a través de dispositivos que miden la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la actividad física y otros indicadores críticos.

Las potenciales ventajas del telemonitoreo en rehabilitación son múltiples. En primer lugar, mejora el acceso al permitir que pacientes de áreas distantes o con limitaciones de movilidad accedan a programas de rehabilitación cardiovascular. Además, facilita el seguimiento en tiempo real, lo que posibilita la supervisión continua y la intervención temprana en caso de anomalías en los parámetros fisiológicos monitoreados. También ofrece una mayor personalización del tratamiento, permitiendo ajustes en el plan de ejercicios y en el tratamiento basado en datos en tiempo real. Finalmente, contribuye a una mejora en la adherencia, ya que los pacientes suelen sentirse más seguros y apoyados, lo que fortalece su compromiso con el programa.

### Tele-rehabilitación sin monitoreo remoto

La tele-rehabilitación sin monitoreo implica la entrega de programas de rehabilitación cardiovascular a través de plataformas digitales, donde los pacientes realizan sus actividades y ejercicios en casa sin la supervisión en tiempo real de un profesional de la salud. Estos programas suelen incluir vídeos de ejercicios, guías educativas y sesiones de asesoramiento a través de videollamadas.

Esto presenta varias ventajas. En primer lugar, ofrece flexibilidad al permitir que los pacientes realicen los ejercicios en sus propios horarios y a su propio ritmo, lo que puede mejorar la adherencia al programa. Además, presenta una reducción de costos, ya que, al no requerir dispositivos de monitoreo en tiempo real, resulta ser una opción más económica tanto para los pacientes como para los sistemas de salud. También facilita la educación continua, proporcionando acceso a recursos educativos que ayudan a los pacientes a entender mejor su condición y cómo manejarla. Finalmente, mejora el acceso al permitir que más pacientes puedan participar en programas de rehabilitación. Sin embargo, esta modalidad también tiene desventajas y riesgos. La ausencia de monitoreo en tiempo real puede dificultar la detección temprana de eventos adversos, como arritmias o síntomas de descompensación, lo que podría retrasar intervenciones necesarias. Asimismo, la falta de supervisión directa puede llevar a una ejecución incorrecta de los ejercicios, aumentando el riesgo de lesiones o reduciendo su efectividad. Otro desafío es la menor interacción con el equipo de salud, lo que podría afectar la motivación y el compromiso del paciente a largo plazo. Finalmente, la efectividad de estos programas depende en gran medida del acceso y la alfabetización digital de los pacientes, lo que podría generar inequidades en su implementación.

### Evidencia en tele-rehabilitación cardíaca

La tele-rehabilitación (TR) ha emergido como una alternativa viable a la rehabilitación convencional, ofreciendo beneficios comparables e incluso superiores en algunos aspectos.

Una revisión sistemática realizada por Frederix et al. (2015) analizó 37 ensayos clínicos que compararon TR con rehabilitación convencional. Los resultados indicaron que TR tiene un impacto favorable en la reducción de eventos adversos y una mayor adherencia a la actividad física. La revisión concluyó que TR es igualmente efectiva en cuanto a la capacidad funcional y el perfil lipídico, con una ventaja en términos de adherencia a las recomendaciones de actividad física. (41)

En otro estudio, Huang et al. (2015) revisaron 9 ensayos con un total de 1,546 pacientes y encontraron que la TR es comparable a la rehabilitación convencional en términos de mortalidad, capacidad de ejercicio, perfil lipídico, calidad de vida y presión arterial. No se observaron diferencias estadísticamente significativas en los resultados clínicos. (42) Sin embargo, se reportó una mayor tasa de adherencia a la TR, y no se encontraron diferencias significativas en la calidad de vida.

Rawstorn et al. (2016) realizaron una revisión de 11 ensayos y encontraron que la TR es efectiva para mejorar el nivel de actividad física y la adherencia al ejercicio, mientras que los resultados en términos de capacidad aeróbica máxima y factores de riesgo cardiovascular modificables fueron comparables entre TR y rehabilitación convencional. (43) Además, un metaanálisis de Wu et al. (2018), que incluyó 6 ensayos con 1,195 pacientes, demostró que TR y los programas de rehabilitación estándar tienen una mejora similar en la capacidad funcional. No se observaron diferencias significativas en la duración del ejercicio, presión arterial sistólica y diastólica, o calidad de vida relacionada con la salud. (44)

En el contexto de la insuficiencia cardíaca, Piotrowicz et al. (2010) encontraron que TR es igual de efectiva en la mejora de la calidad de vida y la capacidad funcional. (45) La adherencia a TR fue superior a la de rehabilitación convencional, sugiriendo una mayor aceptación y eficacia. En un estudio posterior, Piotrowicz et al. (2016) demostraron que la TR es efectiva para mejorar la capacidad física y la reversión de la depresión en pacientes con insuficiencia cardíaca, mostrando un impacto positivo en la capacidad funcional y en la reducción de los síntomas depresivos. (46) Más recientemente, Piotrowicz et al. (2019) encontraron que la TR es comparable con la atención estándar en términos de días vividos fuera del hospital, mortalidad y hospitalizaciones, aunque los beneficios de TR en términos de calidad de vida y adherencia al tratamiento no fueron superiores a los de la atención convencional. (47)

En conclusión, la evidencia disponible respalda la eficacia de la tele-rehabilitación como una alternativa viable y efectiva a la rehabilitación cardíaca convencional. Los estudios muestran que TR ofrece beneficios comparables en términos de capacidad funcional, adherencia al ejercicio y reducción de eventos adversos. Aunque la TR puede tener ventajas en términos de adherencia y coste-efectividad, se requiere más investigación, especialmente en subgrupos específicos y a largo plazo, para consolidar su rol en la rehabilitación cardíaca y abordar las lagunas existentes en la evidencia.

Recomendaciones en tele-rehabilitación cardíaca	Clase	Nivel de evidencia
En pacientes de bajo riesgo la tele rehabilitación con o sin telemonitoreo puede ser considerada una opción válida a la presencial.	Ila	B
Se recomienda estratificar el riesgo de los pacientes antes del ingreso a la tele-rehabilitación.	I	B
Cuando se opta por tele-rehabilitación con monitoreo remoto de parámetros fisiológicos se sugiere monitorear la frecuencia cardíaca.	Ila	C
Se recomienda utilizar una plataforma digital especialmente diseñada para tele-rehabilitación monitoreada.	Ila	C
Podría considerarse la presencia de un acompañante junto con el paciente que realiza la tele-rehabilitación.	Ilb	C

## DISPOSITIVOS PORTÁTILES (WEARABLES)

### Introducción

Los dispositivos portátiles, también conocidos como wearables, han emergido como herramientas significativas en la monitorización y gestión de la salud cardiovascular. Estos dispositivos, que pueden llevarse como accesorios, prendas o incluso implantarse, permiten registrar de manera continua diversas variables fisiológicas y transmitirlos a otros dispositivos para su análisis y seguimiento. Su utilidad principal radica en la prevención y diagnóstico temprano de enfermedades, el telemonitoreo continuo de patologías crónicas, y la promoción de estilos de vida saludables.

Aunque el concepto de wearables existe desde hace varias décadas, su desarrollo y aplicación práctica han experimentado un notable avance con la llegada de los teléfonos inteligentes, los relojes inteligentes (smartwatches) y otros dispositivos portátiles. Actualmente, los más utilizados son los relojes inteligentes y las pulseras de actividad, aunque también existen opciones como anillos, parches, gafas y ropa inteligente. Estos dispositivos están equipados con sensores biométricos y de movimiento que permiten medir múltiples variables de salud: sensores ópticos (fotopleletismografía) para el ritmo y frecuencia cardíaca, presión arterial, saturación de oxígeno en sangre, calidad del sueño, consumo máximo de oxígeno y temperatura corporal; sensores eléctricos para realizar electrocardiogramas; sensores de glucosa; y acelerómetros y giroscopios para el conteo de pasos, intensidad de actividad física, gasto calórico, y evaluación de la calidad del sueño.

En el contexto de la salud cardiovascular, los wearables han demostrado ser útiles en la promoción y adherencia a la actividad física saludable; en el diagnóstico y monitoreo de factores de riesgo como la hipertensión arterial y la diabetes mellitus; en la prevención, diagnóstico y monitoreo continuo de arritmias; y en el manejo de la insuficiencia cardíaca, enfermedad cardiovascular y vascular periférica. Además, en los últimos años, la integración de la inteligencia artificial y los algoritmos de aprendizaje automático ha mejorado la interpretación de la enorme cantidad de datos generados por estos dispositivos, facilitando su uso para el telemonitoreo remoto y las intervenciones adaptativas en tiempo real.

### Principales aplicaciones de los dispositivos portátiles

#### Medición de actividad física

Los dispositivos portátiles o wearables, como pulseras de actividad, relojes inteligentes y podómetros, se han popularizado como herramientas para medir la actividad física diaria, especialmente el número de pasos. Para ello, emplean sensores como acelerómetros y giroscopios, que detectan el movimiento y estiman la cantidad de pasos realizados. La precisión de esta medición varía según la tecnología del dispositivo y su ubicación en el cuerpo, pero en general, ofrecen una aproximación fiable de la actividad física realizada. (38)

Existe una amplia evidencia que respalda el uso de dispositivos portátiles para medir pasos como una herramienta útil para mejorar la salud cardiovascular. (48) Diversos estudios han demostrado que el conteo de pasos está asociado con una menor tasa de eventos cardiovasculares y una reducción en la mortalidad por todas las causas. (49) El uso regular de dispositivos portátiles para monitorizar la actividad física puede ayudar a las personas a aumentar su nivel de actividad, lo que contribuye a la mejora de los factores de riesgo cardiovascular y, en consecuencia, a una mayor longevidad.

Recomendaciones uso de dispositivos portables para medir pasos	Clase	Nivel de evidencia
En personas con factores de riesgo o enfermedad cardiovascular, los dispositivos portables o wearables deben ser considerados para monitorear la actividad física diaria principalmente en forma de pasos caminados.	Ila	B
En personas sin factores de riesgo o enfermedad cardiovascular, los dispositivos wearables podrían ser considerados para monitorear la actividad física diaria, principalmente en forma de pasos caminados.	Ilb	B

## Medición del sueño

Existe una creciente evidencia que sugiere que la duración del sueño es un factor de riesgo importante para la salud cardiovascular. Dormir menos de 7 horas por día o tener una mala calidad de sueño se ha asociado con un mayor riesgo de hipertensión, enfermedad coronaria, insuficiencia cardíaca y mortalidad cardiovascular. En este contexto, los dispositivos portátiles han emergido como una herramienta útil para medir y monitorizar los patrones de sueño en la población general y en pacientes con enfermedades cardiovasculares. (50)

Los wearables que pueden medir el sueño incluyen relojes inteligentes, pulseras de actividad, anillos inteligentes y algunos tipos de ropa inteligente. Estos dispositivos suelen utilizar sensores ópticos, como la fotopletimografía, para medir la frecuencia cardíaca, y acelerómetros para detectar el movimiento del cuerpo, lo que les permite estimar las fases del sueño (ligero, profundo, REM) y la duración total del sueño. Aunque la precisión de estos dispositivos es menor en comparación al gold standard (la polisomnografía), estudios recientes han demostrado que pueden proporcionar una estimación razonablemente precisa de la duración del sueño y los patrones de movimiento nocturno. (51,52) Aunque varios estudios demuestran la fiabilidad de estos dispositivos para medir la calidad del sueño, aún no hay estudios que evalúen directamente el impacto de estos sobre los eventos cardiovasculares.

Parece razonable promover el uso de wearables como una herramienta complementaria en el manejo integral de pacientes cardiovasculares, especialmente en aquellos con condiciones que podrían beneficiarse de la mejora en la duración y calidad del sueño. Los profesionales de la salud deben ser conscientes de las limitaciones de estos dispositivos y utilizar los datos obtenidos para guiar intervenciones personalizadas, junto con otras estrategias de manejo clínico.

Recomendaciones uso de dispositivos portables para medir el sueño	Clase	Nivel de evidencia
Integrar el monitoreo del sueño mediante dispositivos validados en la práctica clínica debe ser considerado para pacientes con enfermedad cardiovascular	Ila	C

## Detección de arritmias

El uso de dispositivos portátiles para la detección y manejo de arritmias cardíacas está emergiendo como una herramienta valiosa en la cardiología moderna. Estos dispositivos permiten un monitoreo continuo y no invasivo, lo cual es crucial para la detección temprana y el tratamiento adecuado de las arritmias. (53) Los dispositivos portátiles utilizan principalmente dos métodos para el monitoreo de arritmias cardíacas: el registro electrocardiográfico directo (ECG) y la detección de la onda de pulso mediante fotopletimografía (FPG). Los dispositivos más comunes incluyen camisetitas o cinturones portátiles, ECG portátiles monocanal, parches cutáneos y dispositivos inteligentes como relojes, pulseras o anillos. Algunos wearables, como los relojes inteligentes, integran ambas tecnologías, lo que los posiciona como una alternativa prometedora para el monitoreo continuo de la frecuencia y el ritmo cardíaco, con la capacidad de confirmar el diagnóstico mediante un ECG. (53)

## Evidencia científica

El escenario donde los dispositivos portátiles han demostrado mayor valor es en el diagnóstico de la fibrilación auricular (FA). La FA es la arritmia sostenida más frecuente, y está vinculada a un aumento en el riesgo de insuficiencia cardíaca, accidente cerebrovascular (ACV) y mortalidad cardiovascular y total.

Se han publicado múltiples estudios que validan la utilidad de estos wearables para la detección de FA tanto en población sana como en pacientes con riesgo cardiovascular y embólico aumentado, así como en aquellos con insuficiencia cardíaca y ACV. (54-57) Entre estos escenarios, es particularmente relevante el diagnóstico de FA en pacientes con ACV de origen desconocido. Diversos estudios han demostrado la efectividad de utilizar wearables en este contexto. (58,59) Un metanálisis publicado en 2015 mostró que la proporción de pacientes con diagnóstico de FA después de un ACV aumenta significativamente al utilizar wearables tras el alta. (60) En 2024, un estudio comparativo encontró que el uso de parches cutáneos frente a hollers implantables en pacientes post-ACV se asoció con una disminución significativa en la tasa de reinternación, menor costo para el sistema de salud y una tendencia a mayor supervivencia. (61)

La detección de FA también es relevante en pacientes con riesgo embólico aumentado sin antecedentes de ACV previo, ya que hasta un tercio de las personas con FA son asintomáticas. El estudio REHEARSE-AF demostró que el registro esporádico con un teléfono inteligente y un ECG monocanal aumenta 3,9 veces la detección de FA en pacientes mayores de 65 años. (62) El estudio "mHealth Screening to Prevent Strokes" (mSToPS) encontró que la detección de FA en pacientes asintomáticos de alto riesgo con un parche cutáneo aumentó la tasa de nuevos diagnósticos de FA y el inicio de anticoagulación al año. (63) A los 3 años de seguimiento, los

individuos que participaron en el grupo de screening de FA tuvieron una tasa más baja de eventos clínicos en comparación con el grupo de rutina. (64)

El monitoreo continuo con wearables tiene el potencial de cambiar la definición de la fibrilación auricular, abriendo nuevas fronteras en las estrategias de anticoagulación y control del ritmo. Estudios recientes sugieren que los dispositivos portátiles pueden empoderar a los pacientes con FA mediante un enfoque de anticoagulación y tratamiento antiarrítmico personalizado tras los episodios de FA. (65) También, los wearables son útiles para evaluar la carga arrítmica y la tasa de recurrencia de FA durante el tratamiento. (66,67)

De la evidencia se desprende que los wearables tienen una tasa de detección de FA paroxística comparable al Holter convencional o al implantable; sin embargo, los ensayos son heterogéneos y se necesita más evidencia sobre la confiabilidad y validez clínica. A pesar de la falta de estudios concluyentes, existe evidencia significativa de que la monitorización cardíaca prolongada aumenta la detección de FA, siendo el Holter implantable el estándar de oro. Por esto, el desarrollo de wearables con monitoreo continuo prolongado, como parches cutáneos o relojes inteligentes, parece ser prometedor para la detección de FA subclínica.

### Otras arritmias

El ECG de 12 derivaciones representa el estándar de oro para el diagnóstico de arritmias, pero tiene limitaciones en disponibilidad y no puede diagnosticar arritmias paroxísticas si el registro se realiza durante períodos asintomáticos. Los dispositivos digitales basados en ECG pueden superar estas limitaciones de disponibilidad. Aunque la mayoría de estos dispositivos proporcionan un ECG con menos de 12 derivaciones, un ECG de una sola derivación puede ser suficiente para diagnosticar algunos tipos de arritmias.

Consideraciones al usar dispositivos digitales: (1) Muchos dispositivos no registran el ritmo cardíaco de forma continua; en este caso, los registros deben ser iniciados por el usuario y, en caso de compromiso hemodinámico, esto podría no ser posible. (2) Iniciar un registro requiere varios segundos seguidos de un registro de al menos 30 s, lo que limita la capacidad para diagnosticar arritmias breves. (3) Antes de tomar decisiones terapéuticas basadas en registros digitales (como iniciar anticoagulación por FA presunta o considerar un desfibrilador cardioversor implantable para taquicardia ventricular presunta), es crucial confirmar la arritmia descartando artefactos o ruido. La calidad del registro es clave para minimizar falsos positivos, por lo que se deben tomar medidas para reducir el desplazamiento de la línea base y los artefactos.

Los registros de fotopletomografía pueden ser útiles en pacientes sintomáticos con una probabilidad muy baja de que los síntomas sean causados por arritmias, para documentar un ritmo y una frecuencia cardíaca normales. Cualquier arritmia detectada mediante PPG debe ser confirmada por un ECG de 12 derivaciones, si es posible, o por un dispositivo basado en ECG cuando no esté disponible un ECG de 12 derivaciones o la duración de la arritmia no permita un registro basado en ECG. Sin embargo, incluso un ritmo y frecuencia cardíaca normales en un registro de PPG no excluye completamente una arritmia auricular (como aleteo auricular o taquicardia auricular focal con conducción regular) y deberían ser confirmados por un ECG en caso de duda.

Las arritmias paroxísticas, como taquicardias por reentrada nodal o extrasístoles, habitualmente cursan con estudios electrocardiográficos normales y pueden ser diagnosticadas con wearables. Sin embargo, como describe esta revisión publicada en 2024, la evidencia en estas arritmias es menor. El estudio IPED fue un ensayo multicéntrico aleatorizado que reclutó a pacientes con palpitaciones y presíncope sin etiología clara. A los 90 días, se detectó un ritmo sintomático en el 55,6% del grupo con wearables frente al 9,5% del grupo control, con un tiempo medio de detección de 9,5 días en el grupo de interés en comparación con 42,9 días en el grupo control. (68)

Actualmente, pocos dispositivos están aprobados para la monitorización del intervalo QT y faltan estudios clínicos que evalúen la respuesta a fármacos antiarrítmicos, por lo que deben usarse con precaución para controlar estos pacientes. Otras canalopatías tienen menos evidencia. (69,70)

Recomendaciones uso de dispositivos portables para la detección de arritmias	Clase	Nivel de evidencia
Se recomienda utilizar dispositivos validados con registro electrocardiográfico para el diagnóstico y monitoreo de arritmias cuando el holter convencional no logró realizar diagnóstico (por limitación temporaria) en pacientes con alta sospecha de arritmia cardiaca	I	B
Los dispositivos como relojes inteligentes y parches cutáneos pueden ser utilizados ante la sospecha de arritmias asintomáticas	IIb	C
Los dispositivos de electrocardiograma monocanal, parches cutáneos y relojes inteligentes con capacidad de registro electrocardiográfico pueden ser utilizados para realizar de manera confiable la detección de fibrilación auricular	IIa	B
En pacientes con ACV de origen indeterminado, los wearables con monitoreo continuo como parches o relojes inteligentes se pueden considerar para aumentar la tasa de detección de fibrilación auricular	IIa	B
Se puede considerar el uso de wearables para la monitorización de TV y FV en pacientes con cardiopatía estructural, así como en la estratificación del riesgo y seguimiento a largo plazo de pacientes con canalopatías	IIb	C
Los dispositivos wearables pueden ser útiles para el control del tratamiento antiarrítmico	IIb	B
La detección de arritmias mediante dispositivos portátiles sin capacidad de registro ECG (solo con fotopletimografía) no es útil para confirmar diagnóstico ni guiar el manejo terapéutico	III	C
La indicación de wearables para la detección sistemática o esporádica de fibrilación auricular no está recomendada en pacientes sin riesgo embólico	III	C

## BIBLIOGRAFÍA

- Farias FAC, Dagostini CM, Bicca YA, Falavigna VF, Falavigna A. Remote Patient Monitoring: A Systematic Review. *Telemed J E Health* 2020;26:576-83. <https://doi.org/10.1089/tmj.2019.0066>
- Cowie MR, Lam CSP. Remote monitoring and digital health tools in CVD management. *Nat Rev Cardiol* 2021;18:457-8. <https://doi.org/10.1038/s41569-021-00548-x>
- Savarese G, Lund LH. Global Public Health Burden of Heart Failure. *Card Fail Rev* 2017;3:7-11. <https://doi.org/10.15420/cfr.2016:25:2>
- Savarese G, Becher PM, Lund LH, Seferovic P, Rosano GMC, Coats AJS. Global burden of heart failure: a comprehensive and updated review of epidemiology. *Cardiovasc Res* 2023;118:3272-87. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvac013>
- Lawson CA, Zaccardi F, Squire I, Ling S, Davies MJ, Lam CSP, et al. 20-year trends in cause-specific heart failure outcomes by sex, socioeconomic status, and place of diagnosis: a population-based study. *Lancet Public Health* 2019;4:e406-e420. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(19\)30108-2](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(19)30108-2)
- Delaney C, Apostolidis B, Bartos S, Morrison H, Smith L, Fortinsky R. A randomized trial of telemonitoring and self-care education in heart failure patients following home care discharge. *Home Health Care Manag Pract* 2013;25:187-95. <https://doi.org/10.1177/1084822312475137>
- Ferreira JP, Kraus S, Mitchell S, Perel P, Piñeiro D, Chioncel O, et al. World Heart Federation Roadmap for Heart Failure. *Glob Heart* 2019;14:197-214. <https://doi.org/10.1016/j.gheart.2019.07.004>
- Brahmbhatt DH, Cowie MR. Remote Management of Heart Failure: An Overview of Telemonitoring Technologies. *Card Fail Rev* 2019;5:86-92. <https://doi.org/10.15420/cfr.2019.5.3>
- McDonagh TA, Blue L, Clark AL, Dahlström U, Ekman I, Lainscak M, et al; European Society of Cardiology Heart Failure Association Committee on Patient Care. European Society of Cardiology Heart Failure Association Standards for delivering heart failure care. *Eur J Heart Fail* 2011;13:235-41. <https://doi.org/10.1093/eurjhf/hfq221>
- Ferrante D, Varini S, Macchia A, Soifer S, Badra R, Nul D, et al; GESICA Investigators. Long-term results after a telephone intervention in chronic heart failure: DIAL (Randomized Trial of Phone Intervention in Chronic Heart Failure) follow-up. *J Am Coll Cardiol* 2010;56:372-8. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.03.049>
- Chaudhry SI, Mattera JA, Curtis JP, Spertus JA, Herrin J, Lin Z, et al. Telemonitoring in patients with heart failure. *N Engl J Med* 2010;363:2301-9. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1010029>
- Koehler F, Koehler K, Deckwart O, Prescher S, Wegscheider K, Kirwan BA, et al. Efficacy of telemedical interventional management in patients with heart failure (TIM-HF2): a randomised, controlled, parallel-group, unmasked trial. *Lancet* 2018;392:1047-57. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31880-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31880-4)
- Cleland JG, Louis AA, Rigby AS, Janssens U, Balk AH; TEN-HMS Investigators. Noninvasive home telemonitoring for patients with heart failure at high risk of recurrent admission and death: the Trans-European Network-Home-Care Management System (TEN-HMS) study. *J Am Coll Cardiol* 2005;45:1654-64. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.01.050>
- Koehler F, Winkler S, Schieber M, Sechtem U, Stangl K, Böhm M, et al; Telemedical Interventional Monitoring in Heart Failure Investigators. Impact of remote telemedical management on mortality and hospitalizations in ambulatory patients with chronic heart failure: the telemedical interventional monitoring in heart failure study. *Circulation* 2011;123:1873-80. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.111.018473>
- Koehler F, Koehler K, Deckwart O, Prescher S, Wegscheider K, Kirwan BA, et al. Efficacy of telemedical interventional management in patients with heart failure (TIM-HF2): a randomised, controlled, parallel-group, unmasked trial. *Lancet* 2018;392:1047-57. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31880-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31880-4)
- Abraham WT, Anker S, Burkhoff D, Cleland J, Gorodeski E, Jaarsma T, et al. Primary results of the sensible medical innovationslung fluid status monitor allow reducing read-mission rate of heart failure patients (SMILE) trial. *J Card Fail* 2019;25:938. <https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2019.11.007>
- Boehmer JP, Hariharan R, Devecchi FG, Smith AL, Molon G, Capucci A, et al. A Multisensor Algorithm Predicts Heart Failure Events in Patients With Implanted Devices: Results From the MultiSENSE Study. *JACC Heart Fail* 2017;5:216-25. <https://doi.org/10.1016/j.jchf.2016.12.011>
- Inglis SC, Clark RA, Dierckx R, Prieto-Merino D, Cleland JG. Structured telephone support or non-invasive telemonitoring for patients with heart failure. *Heart* 2017;103:255-7. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2015-309191>

19. Scholte NTB, Gürgöze MT, Aydin D, Theuns DAMJ, Manintveld OC, Ronner E, et al. Telemonitoring for heart failure: a meta-analysis. *Eur Heart J* 2023;44:2911-26. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad280>
20. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, Gardner RS, Baumach A, Böhm M, et al; ESC Scientific Document Group. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Eur Heart J* 2021;42:3599-726. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab368>
21. Pour-Ghaz I, Hana D, Raja J, Ibebuogu UN, Khouzam RN. CardioMEMS: where we are and where can we go? *Ann Transl Med* 2019;7:418. <https://doi.org/10.21037/atm.2019.07.53>
22. Abraham WT, Stevenson LW, Bourge RC, Lindenfeld JA, Bauman JG, Adamson PB; CHAMPION Trial Study Group. Sustained efficacy of pulmonary artery pressure to guide adjustment of chronic heart failure therapy: complete follow-up results from the CHAMPION randomised trial. *Lancet* 2016;387:453-61. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00723-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00723-0)
23. Brugts JJ, Radhoe SP, Clephas PRD, Aydin D, van Gent MWF, Szymanski MK, et al; MONITOR-HF investigators. Remote haemodynamic monitoring of pulmonary artery pressures in patients with chronic heart failure (MONITOR-HF): a randomised clinical trial. *Lancet* 2023;401:2113-23. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(23\)00923-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)00923-6)
24. Lindenfeld J, Zile MR, Desai AS, Bhatt K, Ducharme A, Horstmanshof D, et al. Haemodynamic-guided management of heart failure (GUIDE-HF): a randomised controlled trial. *Lancet* 2021;398:991-1001. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01754-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01754-2)
25. Cowie MR, Flett A, Cowburn P, Foley P, Chandrasekaran B, Loke J, et al. Real-world evidence in a national health service: results of the UK CardioMEMS HF System Post-Market Study. *ESC Heart Fail* 2022;9:48-56. <https://doi.org/10.1002/ehf2.13748>
26. Brugts JJ, Radhoe SP, Clephas PRD, Aydin D, van Gent MWF, Szymanski MK, et al; MONITOR-HF investigators. Remote haemodynamic monitoring of pulmonary artery pressures in patients with chronic heart failure (MONITOR-HF): a randomised clinical trial. *Lancet* 2023;401:2113-23. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(23\)00923-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)00923-6)
27. Omboni S. Connected Health in Hypertension Management. *Front Cardiovasc Med* 2019;6:76. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2019.00076>
28. McKinsty B, Hanley J, Wild S, Pagliari C, Paterson M, Lewis S, et al. Telemonitoring based service redesign for the management of uncontrolled hypertension: multicentre randomised controlled trial. *BMJ* 2013;346:f3030. <https://doi.org/10.1136/bmj.f3030>
29. McManus RJ, Little P, Stuart B, Morton K, Raftery J, Kelly J, et al; HOME BP investigators. Home and Online Management and Evaluation of Blood Pressure (HOME BP) using a digital intervention in poorly controlled hypertension: randomised controlled trial. *BMJ* 2021;372:m4858. <https://doi.org/10.1136/bmj.m4858>
30. Acharya M, Ali MM, Bogulski CA, Pandit AA, Mahashabde RV, Eswaran H, et al. Association of Remote Patient Monitoring with Mortality and Healthcare Utilization in Hypertensive Patients: a Medicare Claims-Based Study. *J Gen Intern Med* 2024;39:762-73. <https://doi.org/10.1007/s11606-023-08511-x>
31. Tran KC, Mak M, Kuyper LM, Bittman J, Mangat B, Lindsay H, et al. Home Blood Pressure Telemonitoring Technology for Patients With Asymptomatic Elevated Blood Pressure Discharged From the Emergency Department: Pilot Study. *JMIR Form Res* 2024;8:e49592. <https://doi.org/10.2196/49592>
32. Li C, Fan S, Li H. Study on the effectiveness of a community hypertension management model based on home smart blood pressure monitoring using IoT technology. *Front Public Health* 2024;12:1428310. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1428310>
33. Buis LR, Kim J, Sen A, Chen D, Dawood K, Kadri R, et al. The Effect of an mHealth Self-Monitoring Intervention (MI-BP) on Blood Pressure Among Black Individuals With Uncontrolled Hypertension: Randomized Controlled Trial. *JMIR Mhealth Uhealth* 2024;12:e57863. <https://doi.org/10.2196/57863>
34. Margolis KL, Bergdall AR, Crain AL, JaKa MM, Anderson JP, Solberg LI, et al. Comparing Pharmacist-Led Telehealth Care and Clinic-Based Care for Uncontrolled High Blood Pressure: The Hyperlink 3 Pragmatic Cluster-Randomized Trial. *Hypertension* 2022;79:2708-20. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.122.19816>
35. Bandeira ACN, Gama de Melo PU, Johann EB, Ritti-Dias RM, Rech CR, Gerage AM. Effect of m-Health-Based Interventions on Blood Pressure: An Updated Systematic Review with Meta-Analysis. *Telemed J E Health* 2024;30:2402-18. <https://doi.org/10.1089/tmj.2023.0545>
36. Matsumoto N, Nakai T, Sakakibara M, Aimiya Y, Sugiura S, Lee JK, et al. Remote follow-up by pharmacists for blood pressure control in patients with hypertension: a systematic review and a meta-analysis of randomized controlled trials. *Sci Rep* 2024;14:2535. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52894-8>
37. Matsumoto N, Nakai T, Sakakibara M, Aimiya Y, Sugiura S, Lee JK, et al. Remote follow-up by pharmacists for blood pressure control in patients with hypertension: a systematic review and a meta-analysis of randomized controlled trials. *Sci Rep* 2024;14:2535. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52894-8>
38. Park W, Victor J, Lee, Byungmo Ku, Tanaka H, Effect of walking speed and placement position interactions in determining the accuracy of various newer pedometers. *Journal of Exercise Science & Fitness* 2014;12:31-7. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2014.01.003>
39. Bellmann B, Lin T, Greissinger K, Rottner L, Rillig A, Zimmerling S. The Beneficial Effects of Cardiac Rehabilitation. *Cardiol Ther* 2020;9:35-44. <https://doi.org/10.1007/s40119-020-00164-9>
40. Rawstorn JC, Gant N, Direito A, Beckmann C, Maddison R. Telehealth exercise-based cardiac rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Heart* 2016;102:1183-92. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2015-308966>
41. Frederix I, Van Driessche N, Hansen D, Berger J, Bonne K, Alders T, et al. Increasing the medium-term clinical benefits of hospital-based cardiac rehabilitation by physical activity telemonitoring in coronary artery disease patients. *Eur J Prev Cardiol* 2015;22:150-8. <https://doi.org/10.1177/2047487313514018>
42. Huang K, Liu W, He D, Huang B, Xiao D, Peng Y, et al. Telehealth interventions versus center-based cardiac rehabilitation of coronary artery disease: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Prev Cardiol* 2015;22:959-71. <https://doi.org/10.1177/2047487314561168>
43. Rawstorn JC, Gant N, Direito A, Beckmann C, Maddison R. Telehealth exercise-based cardiac rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Heart* 2016;102:1183-92. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2015-308966>
44. Wu C, Li Y, Chen J. Hybrid versus traditional cardiac rehabilitation models: a systematic review and meta-analysis. *Kardiol Pol* 2018;76:1717-24. <https://doi.org/10.5603/KP.a2018.0175>
45. Piotrowicz E, Baranowski R, Bilinska M, Stepnowska M, Piotrowska M, Wójcik A, et al. A new model of home-based telemonitored cardiac rehabilitation in patients with heart failure: effectiveness, quality of life, and adherence. *Eur J Heart Fail* 2010;12:164-71. <https://doi.org/10.1093/eurjhf/hfp181>
46. Piotrowicz E, Piepoli MF, Jaarsma T, Lambrinou E, Coats AJ, Schmid JP, et al. Telerehabilitation in heart failure patients: The evidence and the pitfalls. *Int J Cardiol* 2016;220:408-13. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.06.277>
47. Piotrowicz E, Piotrowicz R, Opolski G, Pencina M, Banach M, Zar ba W. Hybrid comprehensive telerehabilitation in heart failure patients (TELEREH-HF): A randomized, multicenter, prospective, open-label, parallel group controlled trial-Study design and description of the intervention. *Am Heart J* 2019;217:148-58. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2019.08.015>
48. Heizmann AN, Chapelle C, Laporte S, Roche F, Hupin D, Le Hello C. Impact of wearable device-based interventions with feedback for increasing daily walking activity and physical capacities in cardiovascular patients: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ Open* 2023;13:e069966. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-069966>
49. Stens NA, Bakker EA, Mañas A, Buffart LM, Ortega FB, Lee DC, et al. Relationship of Daily Step Counts to All-Cause Mortality and Cardiovascular Events. *J Am Coll Cardiol* 2023;82:1483-94. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2023.07.029>

50. Javaheri S, Redline S. Sleep, slow-wave sleep, and blood pressure. *Curr Hypertens Rep* 2012;14:442-8. <https://doi.org/10.1007/s11906-012-0289-0>
51. de Zambotti M, Baker FC, Willoughby AR, Godino JG, Wing D, Patrick K, et al. Measures of sleep and cardiac functioning during sleep using a multi-sensory commercially-available wristband in adolescents. *Physiol Behav* 2016;158:143-9. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.03.006>
52. Xu Y, Ou Q, Cheng Y, Lao M, Pei G. Comparative study of a wearable intelligent sleep monitor and polysomnography monitor for the diagnosis of obstructive sleep apnea. *Sleep Breath* 2023;27:205-12. <https://doi.org/10.1007/s11325-022-02599-x>
53. Svennberg E, Tjong F, Goette A, Akoum N, Di Biase L, Bordachar P, et al. How to use digital devices to detect and manage arrhythmias: an EHRA practical guide. *Europace* 2022;24:979-1005. <https://doi.org/10.1093/europace/euac038>
54. Perez MV, Mahaffey KW, Hedlin H, Rumsfeld JS, Garcia A, Ferris T, et al; Apple Heart Study Investigators. Large-Scale Assessment of a Smartwatch to Identify Atrial Fibrillation. *N Engl J Med* 2019;381:1909-17. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1901183>
55. Lubitz SA, Faranesh AZ, Selvaggi C, Atlas SJ, McManus DD, Singer DE, et al. Detection of Atrial Fibrillation in a Large Population Using Wearable Devices: The Fitbit Heart Study. *Circulation* 2022;146:1415-24. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.122.060291>
56. William AD, Kanbour M, Callahan T, Bhargava M, Varma N, Rickard J, et al. Assessing the accuracy of an automated atrial fibrillation detection algorithm using smartphone technology: The iREAD Study. *Heart Rhythm* 2018;15:1561-5. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2018.06.037>
57. Kaura A, Sztrihla L, Chan FK, Aeron-Thomas J, Gall N, Piechowski-Jozwiak B, et al. Early prolonged ambulatory cardiac monitoring in stroke (EPACS): an open-label randomised controlled trial. *Eur J Med Res* 2019;24:25. <https://doi.org/10.1186/s40001-019-0383-8>
58. Ho JS, Ho ES, Yeo LL, Kong WK, Li TY, Tan BY, et al. Use of wearable technology in cardiac monitoring after cryptogenic stroke or embolic stroke of undetermined source: a systematic review. *Singapore Med J* 2024;65:370-9. <https://doi.org/10.4103/singaporemedj.SMJ-2022-143>
59. Pagola J, Juega J, Francisco-Pascual J, Rodriguez M, Dorado L, Martinez R, et al. Intensive 90-day textile wearable Holter monitoring: an alternative to detect paroxysmal atrial fibrillation in selected patients with cryptogenic stroke. *Heart Vessels* 2023;38:114-21. <https://doi.org/10.1007/s00380-022-02141-9>
60. Sposato LA, Cipriano LE, Saposnik G, Ruíz Vargas E, Riccio PM, Hachinski V. Diagnosis of atrial fibrillation after stroke and transient ischaemic attack: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Neurol* 2015;14:377-87. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(15\)70027-X](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(15)70027-X)
61. Norlock V, Vazquez R, Dunn A, Siegfried C, Wadhwa M, Medic G. Comparing the outcomes and costs of cardiac monitoring with implantable loop recorders and mobile cardiac outpatient telemetry following stroke using real-world evidence. *J Comp Eff Res* 2024;13:e240008. <https://doi.org/10.57264/ceer-2024-0008>
62. Halcox JPJ, Wareham K, Cardew A, Gilmore M, Barry JP, Phillips C, et al. Assessment of Remote Heart Rhythm Sampling Using the AliveCor Heart Monitor to Screen for Atrial Fibrillation: The REHEARSE-AF Study. *Circulation* 2017;136:1784-94. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.117.030583>
63. Steinhubl SR, Waalen J, Edwards AM, Ariniello LM, Mehta RR, Ebner GS, et al. Effect of a Home-Based Wearable Continuous ECG Monitoring Patch on Detection of Undiagnosed Atrial Fibrillation: The mSToPS Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2018;320:146-55. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.8102>
64. Steinhubl SR, Waalen J, Sanyal A, Edwards AM, Ariniello LM, Ebner GS, et al. Three year clinical outcomes in a nationwide, observational, siteless clinical trial of atrial fibrillation screening-mHealth Screening to Prevent Strokes (mSToPS). *PLoS One* 2021;16:e0258276. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258276>
65. Stavrakis S, Stoner JA, Kardokus J, Garabelli PJ, Po SS, Lazzara R. Intermittent vs. Continuous Anticoagulation therapy in patients with Atrial Fibrillation (iCARE-AF): a randomized pilot study. *J Interv Card Electrophysiol* 2017;48:51-60. <https://doi.org/10.1007/s10840-016-0192-8>
66. Adasuriya G, Barsky A, Kralj-Hans I, Mohan S, Gill S, Chen Z, et al. Remote monitoring of atrial fibrillation recurrence using mHealth technology (REMOTE-AF). *Eur Heart J Digit Health* 2024;5:344-55. <https://doi.org/10.1093/ehjdh/ztae011>
67. Zhao Z, Li Q, Li S, Guo Q, Bo X, Kong X, et al. Evaluation of an algorithm-guided photoplethysmography for atrial fibrillation burden using a smartwatch. *Pacing Clin Electrophysiol* 2024;47:511-7. <https://doi.org/10.1111/pace.14951>
68. Reed MJ, Grubb NR, Lang CC, O'Brien R, Simpson K, Padarenga M, et al. Multi-centre Randomised Controlled Trial of a Smartphone-based Event Recorder Alongside Standard Care Versus Standard Care for Patients Presenting to the Emergency Department with Palpitations and Pre-syncope: The IPED (Investigation of Palpitations in the ED) study. *EClinicalMedicine* 2019;8:37-46. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2019.02.005>
69. Castelletti S, Dagradi F, Goulene K, Danza AI, Baldi E, Stramba-Badiale M, et al. A wearable remote monitoring system for the identification of subjects with a prolonged QT interval or at risk for drug-induced long QT syndrome. *Int J Cardiol* 2018;266:89-94. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.03.097>
70. Garabelli P, Stavrakis S, Albert M, Koomson E, Parwani P, Chohan J, et al. Comparison of QT Interval Readings in Normal Sinus Rhythm Between a Smartphone Heart Monitor and a 12-Lead ECG for Healthy Volunteers and Inpatients Receiving Sotalol or Dofetilide. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2016;27:827-32. <https://doi.org/10.1111/jce.12976>

### 3.4 - Imágenes cardiovasculares

#### Digitalización de los servicios de imágenes cardiovasculares

La digitalización de los servicios de imágenes cardiovasculares es un proceso fundamental para la transformación digital en el ámbito de la cardiología diagnóstica. Este proceso implica la adopción de tecnologías y estándares que permiten la adquisición, almacenamiento, gestión y distribución eficiente de las imágenes médicas, así como su integración con los sistemas de información clínica. La digitalización no solo mejora la accesibilidad y la calidad de las imágenes, sino que también optimiza los flujos de trabajo, reduce los costos y promueve la colaboración interprofesional.

##### 3.4.1 Hacia un modelo "sin placas y sin papel"

El objetivo de un modelo "sin placas y sin papel" en los servicios de imágenes cardiovasculares es eliminar completamente el uso de placas de películas y documentos impresos, reemplazándolos por un flujo de trabajo completamente digital. Este enfoque implica la adquisición directa de imágenes digitales en los equipos de diagnóstico por imagen, como ecografía, tomografía computarizada (TC), resonancia magnética cardíaca (RMC), medicina nuclear y procedimientos de hemodinamia.

Las imágenes digitales se almacenan y transmiten de forma segura a través de sistemas archivo y comunicación de imágenes (PACS - picture archiving and communication system) y redes informáticas, lo que permite su visualización en estaciones de trabajo dedicadas, computadoras personales o dispositivos móviles. Además, los informes y las notas clínicas se generan y almacenan electrónicamente, eliminando la necesidad de documentos impresos.

Este modelo "sin placas y sin papel" ofrece numerosas ventajas, como un acceso más rápido y conveniente a las imágenes y los reportes, una mejor calidad de las imágenes digitales en comparación con las placas de película o papel impreso, una reducción significativa de los costos asociados con el mantenimiento y el almacenamiento de placas y/o papel fotográfico, y una mayor eficiencia en los flujos de trabajo al eliminar la necesidad de imprimir y transportar físicamente las imágenes y los informes.

### **3.4.2 DICOM como formato universal**

El estándar DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) es un formato universal para el almacenamiento, transmisión e intercambio de imágenes médicas digitales y su información asociada. Este estándar fue desarrollado por el Colegio Americano de Radiología (ACR) y la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA) para facilitar la interoperabilidad entre diferentes sistemas y equipos de imágenes médicas.

El formato DICOM define una estructura de datos estandarizada que incluye no solo la información de la imagen en sí, sino también metadatos como información del paciente, datos de adquisición, anotaciones y mediciones. Esto garantiza que las imágenes y sus datos asociados puedan ser interpretados y visualizados correctamente por diferentes sistemas y aplicaciones compatibles con DICOM.

La adopción universal del formato DICOM en los servicios de imágenes cardiovasculares es fundamental para lograr una interoperabilidad eficiente entre los diferentes equipos y sistemas involucrados en el proceso de diagnóstico por imagen. Permite la integración fluida de las imágenes y los datos clínicos en los sistemas de información hospitalarios, facilitando el acceso y la gestión de la información por parte de los profesionales de la salud.

### **3.4.3 Interoperabilidad entre los equipos, sistemas de almacenamiento, sistemas de consulta de las imágenes y reportes (portales para profesionales y pacientes)**

La interoperabilidad es un aspecto clave en la digitalización de los servicios de imágenes cardiovasculares. Implica la capacidad de diferentes equipos, sistemas y aplicaciones para comunicarse e intercambiar información de manera efectiva y sin problemas. Esta interoperabilidad debe existir entre los equipos de adquisición de imágenes (ecógrafos, tomógrafos, resonadores, equipos de medicina nuclear y de hemodinamia), los sistemas de almacenamiento offline y online (servidores PACS y almacenamiento en la nube), y los sistemas de consulta de imágenes y reportes (estaciones de trabajo, portales web para profesionales y pacientes).

La interoperabilidad se logra mediante la adopción de estándares comunes. La Red Nacional de Salud Digital de la Argentina estableció en 2018 la adopción del estándar HL7 Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR). La adopción de estándares de interoperabilidad permite que los diferentes componentes del sistema puedan intercambiar y procesar las imágenes y los datos clínicos de manera uniforme, independientemente del fabricante o la tecnología utilizada.

Los portales web para profesionales y pacientes son una parte fundamental de este ecosistema interoperable. Estos portales permiten el acceso remoto y seguro a las imágenes y los informes, facilitando la colaboración entre los profesionales de la salud y la participación de los pacientes en su propio cuidado. Los profesionales pueden consultar las imágenes y los informes desde cualquier ubicación, facilitando el diagnóstico y la toma de decisiones clínicas. Por otro lado, los pacientes pueden acceder a sus propias imágenes e informes, promoviendo una mejor comprensión de su condición y una mayor participación en su tratamiento.

### **3.4.4 Integración de las imágenes y sus reportes con la HCE**

La integración de las imágenes y sus reportes con la historia clínica electrónica (HCE) es un componente esencial de la digitalización de los servicios de imágenes cardiovasculares. Esta integración permite que las imágenes y los informes diagnósticos se vinculen directamente con el registro electrónico del paciente, brindando a los profesionales de la salud un acceso centralizado y completo a toda la información clínica relevante.

La HCE actúa como un repositorio único y seguro que consolida los datos demográficos del paciente, los antecedentes médicos, los resultados de pruebas de laboratorio, las notas clínicas y, por supuesto, las imágenes médicas y sus informes asociados. Esta integración se logra mediante la implementación de interfaces de comunicación estandarizadas entre los sistemas de información de imágenes (PACS) y la HCE.

Al tener las imágenes y los informes vinculados a la HCE, los profesionales de la salud pueden acceder fácilmente a esta información mientras revisan el historial clínico del paciente. Esto promueve una atención más integral y coordinada, ya que los médicos pueden visualizar y correlacionar los hallazgos de las imágenes con otros datos clínicos relevantes. Además, esta integración facilita el seguimiento longitudinal de los pacientes, ya

que se pueden comparar imágenes y resultados a lo largo del tiempo para monitorear la progresión de enfermedades o la respuesta al tratamiento.

### 3.4.5 Integración de los servicios de imágenes a un sistema inteligente de gestión de agenda, autorizaciones, lista de trabajo, facturación y reporte

La integración de los servicios de imágenes cardiovasculares con un sistema inteligente de gestión tiene el potencial para optimizar los flujos de trabajo y mejorar la eficiencia operativa. Este sistema inteligente debería abordar diversos aspectos como la gestión de agenda, autorizaciones, lista de trabajo, facturación y comunicación del reporte al paciente y médico solicitante.

En primer lugar, la gestión de la agenda implica la programación eficiente de las citas de los pacientes para los diferentes procedimientos de diagnóstico por imagen. Un sistema inteligente puede utilizar algoritmos de optimización basados en inteligencia artificial para maximizar el uso de los recursos como equipos y personal, y minimizar los tiempos de espera para los pacientes.

En cuanto a las autorizaciones, el sistema debería estar integrado con las entidades financiadoras y los procesos de autorización correspondientes, garantizando que los procedimientos estén debidamente aprobados antes de su realización. Esto evita retrasos innecesarios y asegura un flujo de trabajo continuo y sostenible.

La lista de trabajo es un componente clave en la dinámica interna de los servicios de diagnóstico por imágenes que permite la gestión eficiente de los estudios de imagen pendientes. Un sistema inteligente puede priorizar y asignar automáticamente los estudios a los especialistas (radiólogos o cardiólogos) disponibles, teniendo en cuenta factores como la urgencia del estudio, la especialidad requerida y la carga de trabajo actual de cada profesional.

Además, el sistema puede integrar la facturación y la generación de estadísticas de manera automatizada. Una vez que se complete un estudio de imagen, el sistema puede generar automáticamente la factura correspondiente y enviarla a la entidad financiadora o al paciente, según corresponda. Asimismo, puede generar informes estadísticos detallados sobre el uso de los recursos, los tiempos de espera, los volúmenes de trabajo y otros indicadores clave de desempeño, lo que permite una gestión más eficiente de los servicios de imágenes cardiovasculares.

La integración de todos estos componentes en un sistema inteligente y centralizado facilita la coordinación entre los diferentes departamentos y profesionales involucrados en el proceso de diagnóstico por imagen. Esto conduce a una mejor comunicación, una mayor eficiencia operativa y, en última instancia, una mejor experiencia para los pacientes.

La implementación de un sistema inteligente de gestión integrada requiere una cuidadosa planificación y una estrecha colaboración entre los profesionales clínicos, los administradores de servicios de salud y los proveedores de tecnología. Es fundamental garantizar la interoperabilidad entre los diferentes módulos del sistema y su integración con los sistemas existentes, como la historia clínica electrónica y los sistemas de facturación.

Recomendaciones sobre digitalización de los servicios de imágenes cardiovasculares	Clase	Nivel de evidencia
Se recomienda implementar un modelo "sin placas y sin papel" en los servicios de imágenes cardiovasculares, incluyendo las modalidades de ultrasonido, tomografía computada, resonancia magnética, medicina nuclear y hemodinamia	I	C
Se recomienda la adquisición directa de imágenes digitales en los equipos de diagnóstico por imagen y el almacenamiento y transmisión seguros a través de sistemas PACS	I	C
Se recomienda que los informes y notas clínicas sean generados y almacenados electrónicamente, para eliminar la necesidad de documentos impresos	I	C
Se recomienda adoptar el estándar DICOM como formato universal para el almacenamiento, transmisión e intercambio de imágenes médicas digitales en cardiología	I	C
Los sistemas PACS y las aplicaciones de visualización deben ser capaces de procesar e interpretar correctamente el formato DICOM	I	C
Se recomienda implementar una arquitectura interoperable que permita la comunicación y el intercambio de información entre todos los componentes del sistema de imágenes cardiovasculares, los sistemas de Historia Clínica Electrónica y la Red Nacional de Salud Digital	I	C
Los equipos de adquisición, sistemas PACS, estaciones de visualización y portales web deben adoptar estándares comunes como DICOM y HL7 FHIR para garantizar la interoperabilidad	I	C
Se recomienda el uso de portales web seguros para permitir el acceso remoto a imágenes y reportes por parte de profesionales y pacientes	I	C
Se recomienda implementar un sistema inteligente de gestión integrada para los servicios de imágenes cardiovasculares	I	C
Se recomienda la interoperabilidad y la integración con otros sistemas clínicos, como la historia clínica electrónica, mediante estándares HL7 FHIR	I	C

## **Inteligencia artificial en la automatización del proceso diagnóstico de enfermedades cardiovasculares**

La inteligencia artificial (IA) está revolucionando el campo de la cardiología diagnóstica, demostrando su utilidad en todas las etapas que forman parte del proceso de diagnóstico por imágenes en cardiología.

La intervención de la IA vino no solo a mejorar la calidad de las imágenes sino a mejorar múltiples métricas como son el ahorro de tiempo, la reducción de costos, mayor exactitud diagnóstica, estandarización y mayor reproducibilidad. Estos beneficios se dan a largo de todo el flujo de trabajo que conforma el proceso de diagnóstico por imágenes cardiovascular: la indicación de los estudios, el proceso administrativo de autorizaciones y asignación de turno, la adquisición de las imágenes, el preprocesado, el postprocesado, la segmentación y cuantificación, la detección de lesiones o anomalías y la generación de informes.

La IA ofrece soluciones innovadoras para mejorar la eficiencia, la precisión y la consistencia de los resultados. Al aprovechar el poder de los algoritmos de aprendizaje automático y el procesamiento de imágenes avanzado, la IA tiene el potencial de transformar la práctica clínica y mejorar la atención al paciente.

### **Adquisición de las imágenes**

La IA puede desempeñar un papel importante en la optimización de la adquisición de imágenes cardiovasculares. Los algoritmos de aprendizaje automático pueden analizar en tiempo real los datos de las imágenes adquiridas y proporcionar retroalimentación al operador para ajustar los parámetros de adquisición, como la ventana de visualización, el campo de visión o la dosis de radiación. Esto puede mejorar la calidad de las imágenes y reducir la necesidad de repetir los estudios, lo que se traduce en una mayor eficiencia y una menor exposición del paciente a la radiación.

### **Disminución de artefactos**

Uno de los desafíos en el procesamiento de imágenes médicas es la presencia de artefactos, que pueden dificultar la interpretación precisa de las imágenes. Los algoritmos de IA pueden ser entrenados para detectar y corregir diversos tipos de artefactos. En el caso del ecocardiograma, la IA puede reducir los artefactos de reverberación y de ángulo de insonación, proporcionando imágenes más claras y diagnósticos más confiables. En tomografía computada (TC) la IA puede ser utilizada para minimizar artefactos por movimiento del paciente, las interferencias de metal o los efectos de endurecimiento del haz, entre otros. Por otro lado, en RMC los algoritmos de IA pueden corregir los artefactos de movimiento debidos a respiración o arritmia, así como los artefactos de susceptibilidad magnética. En estudios como la tomografía por emisión de positrones (PET) y la tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT), la IA puede reducir los artefactos de atenuación y dispersión.

### **Reconstrucción de las imágenes**

La reconstrucción de imágenes a partir de datos de adquisición es un proceso computacionalmente intensivo. La IA puede acelerar significativamente este proceso al utilizar redes neuronales convolucionales entrenadas para reconstruir imágenes de alta calidad a partir de datos incompletos o ruidosos. Esto puede ser especialmente útil en modalidades como TC y RMC, donde la reconstrucción de imágenes puede ser un cuello de botella. Se ha explorado con éxito el uso de redes neuronales para reconstrucción de TC adquiridas con bajas dosis de radiación y/o contraste, mejorando la calidad de las imágenes resultantes. En RMC se han utilizado redes neuronales para reconstruir imágenes de alta calidad a partir de secuencias abreviadas, lo que permitió reducir el tiempo de adquisición sin comprometer la calidad diagnóstica de las imágenes.

En el campo de la medicina nuclear e imágenes SPECT y PET cardíacas, algoritmos de aprendizaje profunda optimizan el proceso iterativo, reduciendo significativamente el ruido y mejorando la resolución espacial. Redes Neuronales Convolucionales (CNN) y arquitecturas U-Net permiten reconstrucciones de alta calidad con menor dosis de radiación y tiempos de adquisición más cortos. Además, hay equipos SPECT y PET que incorporan herramientas avanzadas de IA, superando las limitaciones de los métodos convencionales, ofreciendo mejor detección de lesiones pequeñas, cuantificación más precisa de la perfusión miocárdica y reducción de los artefactos, lo que resulta en diagnósticos más precisos.

### **Segmentación y cuantificación automática**

La segmentación y cuantificación precisa de las estructuras cardiovasculares, como las cámaras cardíacas, los vasos sanguíneos y las lesiones, son tareas críticas en el diagnóstico por imágenes. Los algoritmos de IA basados en redes neuronales convolucionales y aprendizaje profundo pueden realizar estas tareas de manera automática y consistente, reduciendo la carga de trabajo manual y minimizando la variabilidad interobservador. Esto puede conducir a una mayor precisión diagnóstica y un seguimiento más preciso de la progresión de las enfermedades.

### **Detección precoz de patologías**

La IA también tiene el potencial de mejorar la detección temprana de patologías cardiovasculares al analizar patrones sutiles en las imágenes que pueden pasar desapercibidos para el ojo humano. Los algoritmos de apren-

dizaje automático pueden ser entrenados en grandes conjuntos de datos de imágenes anotadas para reconocer características específicas asociadas con enfermedades como la aterosclerosis, miocardiopatías o anomalías congénitas. Esto puede permitir la identificación temprana de estas condiciones, lo que a su vez puede conducir a intervenciones oportunas y mejores resultados para los pacientes.

Con relación a SPECT, algoritmos de aprendizaje profundo pueden superar significativamente a los métodos cuantitativos convencionales en la predicción de enfermedad coronaria obstructiva a partir de imágenes SPECT de perfusión miocárdica. En PET cardíaco, herramientas de IA aplicada a la cuantificación automática de reserva de flujo coronario representa un avance fundamental en la precisión diagnóstica y evaluación pronóstica de enfermedad coronaria.

En este sentido por ejemplo, las guías SCCT 2021 incorporan la inteligencia artificial como componente esencial en la angiografía coronaria por TC, estableciendo sinergias clave en tres niveles: diagnóstico, donde algoritmos de aprendizaje profundo optimizan la detección y caracterización automatizada de estenosis y placas coronarias con mayor precisión y reproducibilidad; prevención, mediante modelos que integran hallazgos tomográficos con datos clínicos para estratificación de riesgo personalizada; y pronóstico, a través del análisis de características subclínicas de vulnerabilidad de placa que predicen eventos cardiovasculares con mayor anticipación que métodos convencionales. Este documento representa un respaldo fundamental para la implementación de herramientas de IA en la práctica clínica estandarizada, posicionándolas como pilares emergentes de la cardiología cardiovascular de precisión

### Radiómica

La radiómica es un campo emergente que implica el análisis cuantitativo de las características radiológicas extraídas de las imágenes médicas. Mediante el uso de técnicas de aprendizaje profundo, la radiómica puede identificar patrones y características invisibles para el ojo humano, lo que puede conducir a una mejor comprensión de la biología de las enfermedades y a la identificación de biomarcadores predictivos y pronósticos. En diferentes modalidades de imagen, estas herramientas ofrecen capacidades únicas: en ecocardiografía, algoritmos analizan variaciones de strain muscular; en SPECT y PET cardíaco, extraen biomarcadores metabólicos no visibles; en resonancia magnética, cuantifican características de tejido como edema y fibrosis con resolución molecular; y en tomografía computarizada, permiten identificar placas ateroscleróticas vulnerables.

El potencial radica en la capacidad de análisis multiparamétrico: identificar la composición de placas, caracterizar heterogeneidades de perfusión, anticipar disfunciones miocárdicas antes de manifestaciones clínicas y generar perfiles predictivos individualizados. Esta tecnología integra datos de imagen con información clínica, permitiendo una estratificación precisa de riesgo cardiovascular, intervenciones preventivas personalizadas, monitoreo dinámico de enfermedades y permite una mejor comprensión de la biología de enfermedades cardiovasculares.

Esta es una técnica prometedora que se encuentra en desarrollo y son necesarios estudios para demostrar su utilidad en el diagnóstico precoz, diagnóstico diferencial y seguimiento de cada patología.

### Generación automática de informes

Otra utilidad potencial de la IA en el campo de las imágenes cardiovasculares es la generación automática de informes. Los modelos de procesamiento de lenguaje natural pueden analizar los datos obtenidos de las imágenes en conjunto con antecedentes y datos clínicos del paciente para generar informes estructurados y coherentes que describan los hallazgos y proporcionen una impresión diagnóstica en escasos segundos. Esto genera impacto positivo ya que proporciona una reducción del tiempo destinado a la elaboración de informes por parte del personal de salud y como también favorece la consistencia y la exhaustividad de estos, al tiempo que reduce los errores humanos.

Recomendaciones sobre inteligencia artificial en la automatización del proceso diagnóstico	Clase	Nivel de evidencia
Se recomienda implementar soluciones de IA para optimizar la adquisición de imágenes cardiovasculares y reducir la necesidad de repetir estudios	I	C
Se recomienda utilizar algoritmos de IA para la detección y corrección de artefactos en las imágenes, mejorando su calidad y precisión diagnóstica	I	C
Se recomienda adoptar tecnologías de IA para acelerar y mejorar el proceso de reconstrucción de imágenes, tanto en las modalidades de TC y RMC como en medicina nuclear.	I	C
Se recomienda implementar soluciones de segmentación y cuantificación automática basadas en IA para reducir la carga de trabajo manual y mejorar la consistencia diagnóstica	I	B
Se puede considerar implementar sistemas de generación automática de reportes basados en IA, siempre que se cuente con supervisión de un especialista para validar o corregir el resultado del análisis automático	IIb	C

## Generación de datasets nacionales de imágenes diagnósticas para favorecer la investigación en inteligencia artificial

El desarrollo y la aplicación efectiva de la inteligencia artificial (IA) en el campo de la cardiología diagnóstica dependen en gran medida de la disponibilidad de grandes conjuntos de datos de imágenes médicas de alta calidad. Estos datasets son esenciales para entrenar y validar los algoritmos de aprendizaje automático, de modo que puedan reconocer patrones y realizar tareas complejas como la detección de enfermedades, la segmentación de estructuras y la generación de informes.

Por lo tanto, es fundamental promover y facilitar la generación de datasets nacionales de imágenes diagnósticas cardiovasculares. Estos datasets deben ser representativos de la población local y reflejar la diversidad de casos clínicos y características demográficas. Además, deben cumplir con estándares rigurosos de calidad de datos y anotación, garantizando así su utilidad para el desarrollo de soluciones de IA confiables y precisas.

La colaboración entre instituciones médicas, sociedades científicas, autoridades de salud y empresas tecnológicas es clave para impulsar esta iniciativa. Se deben establecer protocolos y políticas que regulen la recopilación, el almacenamiento, el procesamiento y el intercambio de datos, al tiempo que se garantiza el cumplimiento de las normas éticas y de privacidad.

Es esencial fomentar la participación de los profesionales de la salud en la anotación y la validación de los datos. Su experiencia y conocimiento clínico son fundamentales para garantizar la calidad y la precisión de los datasets. Al promover la generación de datasets nacionales de imágenes diagnósticas cardiovasculares, se estimulará la investigación y el desarrollo de soluciones de IA adaptadas a las necesidades locales, lo que a su vez conducirá a una mejor atención al paciente y a resultados clínicos mejorados.

Recomendaciones sobre la generación de datasets nacionales de imágenes cardiovasculares	Clase	Nivel de evidencia
Se recomienda impulsar la creación de datasets nacionales y regionales de imágenes diagnósticas cardiovasculares para el desarrollo de soluciones de IA adaptadas a las necesidades locales	I	C
Estos datasets deben cumplir con estándares rigurosos de calidad de datos y anotación, garantizando su utilidad para el entrenamiento y validación de algoritmos de IA	I	C
Se recomienda establecer colaboraciones entre instituciones médicas, sociedades científicas, organismos del sistema científico-tecnológico nacional, autoridades de salud y empresas tecnológicas para promover esta iniciativa	I	C
Durante la construcción de datasets de imágenes cardiovasculares para el entrenamiento de modelos de IA se deben implementar protocolos y políticas que regulen la recopilación, almacenamiento, procesamiento e intercambio de datos, asegurando el cumplimiento de las normas éticas y de privacidad de los pacientes	I	C
Se recomienda fomentar la participación de los profesionales de la salud en la anotación y validación de los datos para garantizar la calidad y precisión de los datasets	I	C

## BIBLIOGRAFÍA

1. Reiner BI, Siegel EL. The cutting edge: strategies to enhance radiologist workflow in a filmless/paperless imaging department. *J Digit Imaging* 2002;15:178-90. <https://doi.org/10.1007/s10278-002-0029-0>
2. Ralston MD, Coleman RM, Beaulieu DM, Scrutchfield K, Perkins T. Progress toward paperless radiology in the digital environment: planning, implementation, and benefits. *J Digit Imaging* 2004;17:134-43. <https://doi.org/10.1007/s10278-004-1002-x>
3. Tromp J, Jindal D, Redfern J, Bhatt A, Séverin T, Banerjee A, et al. World Heart Federation Roadmap for Digital Health in Cardiology. *Glob Heart* 2022;17:61. <https://doi.org/10.5334/gh.1141>
4. Bidgood WD Jr, Horii SC. Introduction to the ACR-NEMA DICOM standard. *Radiographics* 1992;12:345-55. <https://doi.org/10.1148/radiographics.12.2.1561424>
5. Horii SC. Primer on computers and information technology. Part four: A nontechnical introduction to DICOM. *Radiographics* 1997;17:1297-309. <https://doi.org/10.1148/radiographics.17.5.9308117>
6. Mustra M, Delac K, Grgic M. Overview of the DICOM standard. 50th International Symposium ELMAR (Vol. 1, pp. 39-44). IEEE. (2008).
7. Torab-Miandoab A, Samad-Soltani T, Jodati A, Rezaei-Hachesu P. Interoperability of heterogeneous health information systems: a systematic literature review. *BMC Med Inform Decis Mak* 2023;23:18. <https://doi.org/10.1186/s12911-023-02115-5>
8. D. Bender and K. Sartipi, "HL7 FHIR: An Agile and RESTful approach to healthcare information exchange," Proceedings of the 26th IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems, Porto, Portugal, 2013, pp. 326-331. <https://doi.org/10.1109/CBMS.2013.6627810>
9. Lopez Osornio A, Speranza C. Desarrollando sistemas de información en salud integrados, documento técnico 6. (2019). Ministerio de Salud y Desarrollo Social. Presidencia de la Nación. Disponible en: <https://sumarmisiones.wordpress.com/wp-content/uploads/2019/04/serie-cusdt-6-desarrollando-sistemas-de-informacion-3b3n-de-salud-integrados.pdf>
10. Canova-Barrios C, Machuca-Contreras F. Interoperability standards in Health Information Systems: systematic review. *Seminars in Medical Writing and Education* 2022;1:7. <https://doi.org/10.56294/mw20227>

11. Organización Panamericana de la Salud. Revisión de estándares de interoperabilidad para la Salud en Latinoamérica y el Caribe. (2016)
12. Hou C, Li S, Zheng S, Liu LP, Nie F, Zhang W, et al. Quality assessment of radiomics models in carotid plaque: a systematic review. *Quant Imaging Med Surg* 2024;14:1141-54. <https://doi.org/10.21037/qims-23-712>
13. Mayerhoefer ME, Materka A, Langa G, Häggström I, Szczypki ski P, Gibbs P, et al. Introduction to Radiomics. *J Nucl Med* 2020;61:488-95. <https://doi.org/10.2967/jnumed.118.222893>
14. Huang Z, Cheng XQ, Liu HY, Bi XJ, Liu YN, Lv WZ, et al. Relation of Carotid Plaque Features Detected with Ultrasonography-Based Radiomics to Clinical Symptoms. *Transl Stroke Res* 2022;13:970-82. <https://doi.org/10.1007/s12975-021-00963-9>
15. Liu M, Chang N, Zhang S, Du Y, Zhang X, Ren W, et al. Identification of vulnerable carotid plaque with CT-based radiomics nomogram. *Clin Radiol* 2023;78:e856-e863. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2023.07.018>
16. Nanna MG, Vemulapalli S, Fordyce CB, Mark DB, Patel MR, Al-Khalidi HR, et al. The prospective randomized trial of the optimal evaluation of cardiac symptoms and revascularization: Rationale and design of the PRECISE trial. *Am Heart J* 2022;245:136-48. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2021.12.004>
17. Polidori T, De Santis D, Rucci C, Tremamunno G, Piccinni G, Pugliese L, Zerunian M, Guido G, Pucciarelli F, Bracci B, Polici M, Laghi A, Caruso D. Radiomics applications in cardiac imaging: a comprehensive review. *Radiol Med* 2023;128:922-33. <https://doi.org/10.1007/s11547-023-01658-x>
18. Fusco R, Granata V, Simonetti I, Setola SV, Iasevoli MAD, Tovecci F, et al. An Informative Review of Radiomics Studies on Cancer Imaging: The Main Findings, Challenges and Limitations of the Methodologies. *Curr Oncol* 2024;31:403-24. <https://doi.org/10.3390/curroncol31010027>
19. Bai W, Chen C, Taroni G, Duan J, Guitton F, Petersen SE, et al. Self-Supervised learning for Cardiac MR image Segmentation by anatomical position prediction. *Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention-MICCAI* 2018;541-49. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-32245-8\\_60](https://doi.org/10.1007/978-3-030-32245-8_60)
20. Ligerio M, Garcia-Ruiz A, Viaplana C, Villacampa G, Raciti MV, Landa J, et al. A CT-based Radiomics Signature Is Associated with Response to Immune Checkpoint Inhibitors in Advanced Solid Tumors. *Radiology* 2021;299:109-19. <https://doi.org/10.1148/radiol.2021200928>
21. Bernard O, Lalonde A, Zotti C, Cervenansky F, Yang X, Heng PA, et al. Deep Learning Techniques for Automatic MRI Cardiac Multi-Structures Segmentation and Diagnosis: Is the Problem Solved? *IEEE Trans Med Imaging* 2018;37:2514-25. <https://doi.org/10.1109/TMI.2018.2837502>
22. Ye K, Zhang L, Zhou H, Mo X, Shi C. Machine learning-based radiomic features of perivascular adipose tissue in coronary computed tomography angiography predicting inflammation status around atherosclerotic plaque: a retrospective cohort study. *Ann Med* 2025;57:2431606. <https://doi.org/10.1080/07853890.2024.2431606>
23. Ashrafinia S, Dalaie P, Schindler TH, Pomper MG, Rahmim A. Standardized Radiomics Analysis of Clinical Myocardial Perfusion Stress SPECT Images to Identify Coronary Artery Calcification. *Cureus* 2023;15:e43343. <https://doi.org/10.7759/cureus.43343>
24. Amini M, Pursamimi M, Hajianfar G, Salimi Y, Saberi A, Mehri-Kakavand G, et al. Machine learning-based diagnosis and risk classification of coronary artery disease using myocardial perfusion imaging SPECT: A radiomics study. *Sci Rep* 2023;13:14920. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42142-w>
25. Polidori T, De Santis D, Rucci C, Tremamunno G, Piccinni G, Pugliese L, et al. Radiomics applications in cardiac imaging: a comprehensive review. *Radiol Med* 2023;128:922-33. <https://doi.org/10.1007/s11547-023-01658-x>
26. Dey D, Slomka PJ, Leeson P, Comaniciu D, Shrestha S, Sengupta PP, et al. Artificial Intelligence in Cardiovascular Imaging: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol* 2019;73:1317-35. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.12.054>
27. Slomka PJ, Dey D, Sitek A, Motwani M, Berman DS, Germano G. Cardiac imaging: working towards fully-automated machine analysis & interpretation. *Expert Rev Med Devices* 2017;14:197-212. <https://doi.org/10.1080/17434440.2017.1300057>
28. Gjestebj, L., Yang, Q., Xi, Y., Zhou, Y., Zhang, J., & Wang, G. (2016). Deep neural network for CT image prior reconstruction. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 35(12), 2683-2695
29. Gong K, Catana C, Qi J, Li Q. PET Image Reconstruction Using Deep Image Prior. *IEEE Trans Med Imaging* 2019;38:1655-65. <https://doi.org/10.1109/TMI.2018.2888491>
30. Wolterink JM, Leiner T, Viergever MA, Išgum I. Generative Adversarial Networks for Noise Reduction in Low-Dose CT. *IEEE Trans Med Imaging* 2017;36:2536-45. <https://doi.org/10.1109/TMI.2017.2708987>
31. Han Y, Ye JC. Framing U-Net via Deep Convolutional Framelets: Application to Sparse-View CT. *IEEE Trans Med Imaging* 2018;37:1418-29. <https://doi.org/10.1109/TMI.2018.2823768>
32. Zhu B, Liu JZ, Cauley SF, Rosen BR, Rosen MS. Image reconstruction by domain-transform manifold learning. *Nature* 2018;555:487-92. <https://doi.org/10.1038/nature25988>
33. Zhuang X, Shen J. Multi-scale patch and multi-modality atlases for whole heart segmentation of MRI. *Med Image Anal* 2016;31:77-87. <https://doi.org/10.1016/j.media.2016.02.006>
34. Wolterink JM, Leiner T, de Vos BD, van Hamersvelt RW, Viergever MA, Išgum I. Automatic coronary artery calcium scoring in cardiac CT angiography using paired convolutional neural networks. *Med Image Anal* 2016;34:123-36. <https://doi.org/10.1016/j.media.2016.04.004>
35. Al'Aref SJ, Anouchou K, Singh G, Slomka PJ, Kolli KK, Kumar A, et al. Clinical applications of machine learning in cardiovascular disease and its relevance to cardiac imaging. *Eur Heart J* 2019;40:1975-86. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy404>
36. Gillies RJ, Kinahan PE, Hricak H. Radiomics: Images Are More than Pictures, They Are Data. *Radiology* 2016;278:563-77. <https://doi.org/10.1148/radiol.2015151169>
37. Kolossváry M, Kellermayer M, Merkely B, Maurovich-Horvat P. Cardiac Computed Tomography Radiomics: A Comprehensive Review on Radiomic Techniques. *J Thorac Imaging* 2018;33:26-34. <https://doi.org/10.1097/RTI.0000000000000268>
38. Pang T, Li P, Zhao L. A survey on automatic generation of medical imaging reports based on deep learning. *Biomed Eng Online* 2023;22:48. <https://doi.org/10.1186/s12938-023-01113-y>
39. Hanneman K, Playford D, Dey D, van Assen M, Mastrodicasa D, Cook TS, et al; American Heart Association Council on Cardiovascular Radiology and Intervention; and Council on Lifelong Congenital Heart Disease and Heart Health in the Young. Value Creation Through Artificial Intelligence and Cardiovascular Imaging: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation* 2024;149:e296-e311. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001202>
40. Apostolopoulos ID, Papandrianos NI, Feleki A, Moustakidis S, Papageorgiou EI. Deep learning-enhanced nuclear medicine SPECT imaging applied to cardiac studies. *EJNMMI Phys* 2023;10:6. <https://doi.org/10.1186/s40658-022-00522-7>
41. Domingues I, Pererira G, Marins P, Duarte H, Santos JAM, Abreu P. Using deep learning techniques in medical imaging: a systematic review of applications on CT and PET. *J of Artificial Intelligence* 2019;53:4093-160. <https://doi.org/10.1007/s10462-019-09788-3>
42. Betancur J, Commandeur F, Motlagh M, Sharir T, Einstein AJ, Bokhari S, et al. Deep Learning for Prediction of Obstructive Disease From Fast Myocardial Perfusion SPECT: A Multicenter Study. *JACC Cardiovasc Imaging* 2018;11:1654-63. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2018.01.020>
43. Motwani M, Leslie WD, Goertzen AL, Otaki Y, Germano G, Berman DS, et al. Fully automated analysis of attenuation-corrected SPECT for the long-term prediction of acute myocardial infarction. *J Nucl Cardiol* 2018;25:1353-60. <https://doi.org/10.1007/s12350-017-0840-0>
44. Zeleznik R, Foldyna B, Eslami P, Weiss J, Alexander I, Taron J, et al. Deep convolutional neural networks to predict cardiovascular risk

from computed tomography. *Nat Commun* 2021;12:715. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-20966-2>

45. Narula J, Chandrashekar Y, Ahmadi A, Abbasa S, Berman DS, Blankstein R, et al. SCCT 2021 Expert Consensus Document on Coronary Computed Tomographic Angiography: A Report of the Society of Cardiovascular Computed Tomography. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2021;15:192-217. <https://doi.org/10.1016/j.jcct.2020.11.001>
46. Zreik M, van Hamersvelt RW, Wolterink JM, Leiner T, Viergever MA, Isgum I. A Recurrent CNN for Automatic Detection and Classification of Coronary Artery Plaque and Stenosis in Coronary CT Angiography. *IEEE Trans Med Imaging* 2019;38:1588-98. <https://doi.org/10.1109/TMI.2018.2883807>
47. Dey D, Lin A. Machine-Learning CT-FFR and Extensive Coronary Calcium: Overcoming the Achilles Heel of Coronary Computed Tomography Angiography. *JACC Cardiovasc Imaging* 2020;13:771-3. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2019.08.011>
48. Doris MK, Otaki Y, Krishnan SK, Kwiecinski J, Rubeaux M, Alessio A, et al. Optimization of reconstruction and quantification of motion-corrected coronary PET-CT. *J Nucl Cardiol* 2020;27:494-504. <https://doi.org/10.1007/s12350-018-1317-5>
49. McGale JP, Chen DL, Trebesch S, Farwell MD, Wu AM, Cutler CS, et al. Artificial intelligence in immunotherapy PET/SPECT imaging. *Eur Radiol* 2024;34:5829-41. <https://doi.org/10.1007/s00330-024-10637-3>
50. Kohli M, Prevedello LM, Filice RW, Geis JR. Implementing Machine Learning in Radiology Practice and Research. *AJR Am J Roentgenol* 2017;208:754-60. <https://doi.org/10.2214/AJR.16.17224>
51. He J, Baxter SL, Xu J, Xu J, Zhou X, Zhang K. The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine. *Nat Med* 2019;25:30-6. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0307-0>
52. Willemink MJ, Koszek WA, Hardell C, Wu J, Fleischmann D, Harvey H, et al. Preparing Medical Imaging Data for Machine Learning. *Radiology* 2020;295:4-15. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020192224>
53. Avanzo M, Stancanello J, Pirrone G, Drigo A, Retico A. The Evolution of Artificial Intelligence in Medical Imaging: From Computer Science to Machine and Deep Learning. *Cancers (Basel)* 2024;16:3702. <https://doi.org/10.3390/cancers16213702>
54. Hesse BW, Moser RP, Riley WT. From Big Data to Knowledge in the Social Sciences. *Ann Am Acad Pol Soc Sci* 2015;659:16-32. <https://doi.org/10.1177/0002716215570007>
55. Thrall JH, Li X, Li Q, Cruz C, Do S, Dreyer K, et al. Artificial Intelligence and Machine Learning in Radiology: Opportunities, Challenges, Pitfalls, and Criteria for Success. *J Am Coll Radiol* 2018;15:504-8. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2017.12.026>
56. Li X, Zhao L, Zhang L, Wu Z, Liu Z, Jiang H, et al. Artificial General Intelligence for Medical Imaging Analysis. *IEEE Rev Biomed Eng* 2025;18:113-29. <https://doi.org/10.1109/RBME.2024.3493775>
57. Tertulino R, Antunes N, Morais H. Privacy in electronic health records: a systematic mapping study. *J Public Health* 2023;32:435-54. <https://doi.org/10.1007/s10389-022-01795-z>
58. Galbusera F, Cina A. Image annotation and curation in radiology: an overview for machine learning practitioners. *Eur Radiol Exp* 2024;8:11. <https://doi.org/10.1186/s41747-023-00408-y>
59. Shin HC, Roth HR, Gao M, Lu L, Xu Z, Nogues I, et al. Deep Convolutional Neural Networks for Computer-Aided Detection: CNN Architectures, Dataset Characteristics and Transfer Learning. *IEEE Trans Med Imaging* 2016;35:1285-98. <https://doi.org/10.1109/TMI.2016.2528162>
60. RSNA Statement on the Application on Artificial Intelligence in Radiology Update 05/09/2024. Radiological Society of North America. Link: <https://www.rsna.org/-/media/files/rsna/media/artificial-intelligence-in-radiology.pdf?rev=f145cec260b94b07abdd4f533fbf1d4b&hash=4BEEBED94BE89D564645B09D3E420738>
61. Tong L, Shi W, Isgut M, Zhong Y, Lais P, Gloster L, et al. Integrating Multi-Omics Data With EHR for Precision Medicine Using Advanced Artificial Intelligence. *IEEE Rev Biomed Eng* 2024;17:80-97. <https://doi.org/10.1109/RBME.2023.3324264>

## 3.5 - Genómica en Salud Digital

### Introducción

La salud digital se ha convertido en una herramienta facilitadora de la recopilación y el análisis de datos biomédicos a gran escala. Asimismo, los avances en la comprensión de los mecanismos moleculares de las miocardiopatías, las canalopatías, las enfermedades aneurismáticas de la aorta y las dislipemias, han transformando el campo del diagnóstico y el tratamiento de muchas enfermedades cardíacas. Toda esta información, la de los datos masivos, las imágenes cardiovasculares y la genómica, nos ha permitido avanzar en la descripción epidemiológica, el descubrimiento de nuevos biomarcadores y el desarrollo de terapias específicas, guiadas no sólo por las consecuencias clínicas, sino también por los mecanismos fisiopatológicos subyacentes a cada patología. Empezamos a entender a las enfermedades como a grandes síndromes clínicos con una forma de expresión final común y con un origen específico completamente distinto.

El uso de la genómica con el soporte de la inteligencia artificial, nos permitió avanzar muy rápidamente en el campo de la prevención y anticipación en el tratamiento de enfermedades comunes. Identificar riesgos genéticos específicos y diseñar estrategias de prevención personalizadas. Esto es crucial no sólo para enfermedades raras y complejas, sino también cada vez más para enfermedades comunes. Hoy podemos identificar variantes genéticas de riesgo y establecer perfiles de riesgo para el desarrollo de enfermedades que hasta el momento se creían puramente adquiridas. Sólo por citar un ejemplo, el estudio MI-GENES (Myocardial Infarction Genes) es una muestra de cómo la disponibilidad de información acerca de determinados polimorfismos o variantes genéticas, agregados a la estratificación clásica por factores de riesgo convencional, modifican la estimación del riesgo, la terapéutica farmacológica y no farmacológica (1,2) En los pacientes seguidos con score poligénico se observó un LDL promedio más bajo con un cambio en la estrategia de selección de estatinas, respecto de aquellos con seguimiento clínico habitual por factores de riesgo clásico.

#### 3.5.1 Hacia una visión molecular de las enfermedades cardiovasculares

La determinación de las bases de la susceptibilidad genética a las enfermedades cardiovasculares no sólo contribuye al desarrollo de herramientas de predicción, prevención y tratamiento ajustado al paciente; sino también

nos permite explorar la predicción de la respuesta a tratamientos específicos, sean farmacológicos o no. Tal como Dainis et al plantean, “al definir las enfermedades a un nivel más profundo, podemos tratar a los pacientes basándonos en una comprensión de los fundamentos moleculares de sus presentaciones, en lugar de agruparlos en categorías amplias con tratamientos únicos para todos” (3)

Se trata de una estrategia para redefinir la enfermedad usando múltiples fuentes de datos como la historia médica propia del paciente y su familia, las imágenes cardiacas, la genómica y el exposoma (llamaremos así a todo aquello implicado con el estilo de vida y ambiente personal), entre otros. De esta manera han surgido estrategias de análisis multidimensionales que nos permiten realizar diagnósticos y establecer estrategias de tratamiento más precisos.

En relación con el análisis multidimensional de las enfermedades cardiovasculares, se ha desarrollado el concepto de “imagenetics”, herramienta que utiliza la radiómica -con toda la información contenida en cada unidad de la imagen y el análisis de la textura- y los hallazgos del estudio molecular para definir más precisamente las asociaciones entre un fenotipo y la causa molecular o genética específica (3,4)

El análisis de grandes bases de datos y la revisión de innumerables cohortes de pacientes con patologías similares nos permite al día de hoy no sólo realizar diagnósticos más certeros, sino también anticipar el momento del tratamiento. Un ejemplo del cambio en umbrales y tiempos terapéuticos es el caso de las aortopatías de origen genético; pacientes con determinados genotipos se benefician con una intervención a diámetros aórticos que podrían ser considerados limítrofes en la población general. (1)

Por lo anteriormente mencionado, dentro de los beneficios del estudio genético, se destaca su utilidad en los siguientes ámbitos:

- Diagnóstico. Identificación de variantes genéticas causales de enfermedades cardíacas hereditarias.
- Pronóstico. Estratificación del riesgo de eventos cardiovasculares y seguimiento personalizado basados en el perfil genético.
- Terapéutico. Selección de terapias dirigidas según las características genéticas del paciente.
- Estudio predictivo en familiares. Identificación de portadores asintomáticos de la variante patogénica detectada en el caso índice. Se trata de pacientes potencialmente en riesgo de desarrollo de la enfermedad.
- Asesoramiento genético para la toma de decisiones reproductivas informadas.

Recomendaciones sobre la generación de datasets nacionales de imágenes cardiovasculares	Clase	Nivel de evidencia
Se recomienda asesoramiento genético y estudio genético en pacientes con diagnóstico o alta sospecha de enfermedades cardíacas hereditarias.	I	B
Se recomienda que el asesoramiento sea realizado por profesionales entrenados en cardiología genética en trabajo en equipo multidisciplinario.	I	B
Se recomienda realizar estudio genético en pacientes con diagnóstico o alta sospecha de enfermedades cardíacas hereditarias.	I	B
En caso de que el estudio genético en el caso índice sea positivo se recomienda el estudio en cascada familiar de la variante patogénica o probablemente patogénica detectada en el caso índice.	Ila	B

### 3.5.2 Sistemas de apoyo a la decisión clínica

Las herramientas digitales no sólo son útiles para el desarrollo de conocimiento sino para la implementación de éste en la práctica clínica cotidiana. Actualmente existen muchas herramientas para guiar la interpretación clínica y el estudio genético de nuestros pacientes.

Algunas facilitan la caracterización profunda del fenotipo de nuestro paciente. Existen plataformas que ayudan con una correcta interpretación de rasgos físicos dismórficos a través de una foto del paciente; mientras que otras permiten sospechar un síndrome genético a partir de un conjunto de rasgos fenotípicos o condiciones clínicas asociadas.

### 3.5.3 Big Data

El avance e implementación de la medicina de precisión implica la integración, análisis y almacenamiento de grandes volúmenes de datos; esto trae aparejada la necesidad de memorias de mayor capacidad, algoritmos y metodologías innovadoras e integradas que permitan la interacción con servidores locales y “nubes” de datos más sofisticados.

En la revolución que se está llevando adelante, el desarrollo de enfoques de Big Data ha mejorado nuestra capacidad de investigar los mecanismos biológicos funcionales y sus “fallas”, generando información clínicamente relevante. El concepto de "Big Data" aplicado al campo de la salud, hace referencia a toda la información

recolectada -desde datos biológicos y clínicos hasta ambientales y de estilo de vida, tanto de individuos como de grandes grupos- en relación con su estado de salud y con el desarrollo de condiciones clínicamente relevantes a lo largo del tiempo. (5) Las fuentes de Big Data en el sector sanitario son diversas, incluyendo registros médicos, resultados de exámenes y registros hospitalarios.

Los avances tecnológicos han impulsado la generación de datos biológicos masivos, como secuencias de ADN, ARN y proteínas, que requieren soluciones informáticas sofisticadas para su análisis. Para extraer información relevante de esta inmensa cantidad de datos, se necesitan soluciones informáticas de alto rendimiento y una infraestructura adecuada para generar y analizar sistemáticamente el Big Data. Además, los algoritmos y técnicas de aprendizaje automático avanzados, como el aprendizaje profundo (Deep learning) y la inteligencia artificial, se presentan como herramientas clave para abordar el análisis integral del Big Data desde múltiples perspectivas, con el objetivo de explicar eventos y predecir resultados en el ámbito de la salud

### Big Data y su aplicación a la genómica

La genómica es el campo de la genética humana que intenta comprender el contenido, la organización, la función y la evolución de la información molecular del ADN albergada en el genoma humano. El genoma humano contiene una vasta cantidad de información, equivalente a unos 3 mil millones de pares de bases de ADN. Cada par de bases puede ser representado por dos bits de información (ya que hay cuatro posibles bases: A, T, C y G), lo que significa que el genoma humano contiene alrededor de 6 mil millones de bits o 750 megabytes de datos sin comprimir. (6)

La secuenciación del genoma de alto rendimiento que busca generar grandes cantidades de datos genómicos, requiere de herramientas computacionales avanzadas para el análisis. Para ello, a través del aprendizaje automático y la inteligencia artificial se aplican algoritmos que permiten identificar patrones, predecir resultados y clasificar variantes genómicas como causales de ciertos trastornos clínicos. En Argentina hay en desarrollo proyectos de análisis de datos genómicos de distintas poblaciones para comprender la variación y evolución genética, tal es el caso del proyecto PoblAR (<https://www.argentina.gob.ar/ciencia/planeamiento-politicas/poblar>).

Se encuentran disponibles actualmente algunas herramientas y tecnologías populares para el tratamiento de datos genómicos en Big Data que incluyen:

- Hadoop y Spark para computación distribuida, reducir tamaño de archivos y el tiempo de procesamiento (7,8)
- Marcos de análisis genómico como GATK y SAMtools
- Bibliotecas de aprendizaje automático como TensorFlow y PyTorch (9), para el desarrollo de modelos predictivos.
- Plataformas en la nube como AWS, Google Cloud y Azure; dan infraestructura escalable para el manejo de grandes volúmenes de datos.
- Plataformas de intercambio de datos como GenBank y ENCODE, facilitan el acceso y la colaboración en la investigación genómica.

### 3.5.4 Bioinformática en cardio-genómica

Como disciplina científica, la bioinformática combina la informática, la estadística, las matemáticas y la ingeniería para analizar e interpretar datos biológicos. (10) Esta disciplina ha sido fundamental para el avance de la genómica, la proteómica y otras áreas de la biología molecular, permitiendo el descubrimiento de nuevos genes, la identificación de variantes genéticas asociadas a enfermedades y el desarrollo de terapias personalizadas.

Por otro lado, la biología computacional es una disciplina científica que aplica métodos computacionales y teóricos para comprender y modelar sistemas biológicos. Desarrolla algoritmos, modelos matemáticos y simulaciones computacionales para analizar e interpretar datos biológicos, como secuencias genómicas, estructuras de proteínas y redes de interacción molecular. (11)

### 3.5.5 Proceso bioinformático

Los análisis bioinformáticos basados en NGS (Next Generation Sequencing, una tecnología de secuenciación genómica masiva en paralelo) están diseñados para convertir señales en datos, datos en información interpretable, y la información en conocimiento procesable.

A través de un pipeline bioinformático -una serie de programas y herramientas interconectados que se ejecutan de manera secuencial para procesar y analizar datos biológicos, como los generados por la secuenciación de ADN- se automatizan tareas complejas y repetitivas, permitiendo obtener resultados de manera más eficiente y reproducible. (12)

Luego de un control de calidad que elimina aquellas lecturas incorrectas, se generan a través del análisis primario, datos crudos de secuenciación (FASTQ) de salida del secuenciador que son transformados en archivos de texto con información de la secuencia y la calidad (PRINSEQ)<sup>12</sup>. Estos datos son alineados y comparados con un genoma de referencia utilizando una herramienta bioinformática BWA (Burrows-Wheeler Aligner) (13) a través

de un proceso de análisis secundario. Para ello se pueden utilizar distintas herramientas de alineación secuencial, coordinadas genómicas donde se encuentra ubicado, presencia de alteración de la estructura (inserción, delección o soft clipping de extremos). Este proceso de análisis secundario finaliza con el “llamado de variantes”, en el cual se genera un archivo VCF que tiene la información de posición en el genoma. Posteriormente, se filtran esas variantes encontradas, eliminando errores (análisis terciario). El proceso concluye finalmente con la “anotación de las variantes identificadas”, proporcionando información sobre su impacto funcional y posible relevancia clínica. Este análisis del potencial impacto clínico de las variantes priorizadas se logra utilizando una combinación de fuentes de anotación biológica, frecuencias alélicas poblacionales, la estructura de proteínas, la predicción *in silico* o a través de modelados biológicos de la patogenicidad o toda aquella evidencia registrada en la bibliografía. (12)

Por todo lo comentado anteriormente, el presente y el futuro de la bioinformática y la genómica es prometedora. Con avances en áreas como la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y la computación en “la nube” que prometen mejorar aún más nuestra capacidad para analizar e interpretar datos biológicos. Se espera que estas tecnologías impulsen nuevas aplicaciones en medicina personalizada, diagnóstico de enfermedades y desarrollo de fármacos.

### 3.5.6 Farmacogenómica

La farmacogenómica es el campo de la genómica que estudia cómo las variaciones genéticas influyen en la respuesta de un individuo a los medicamentos. En cardiología, esta disciplina puede optimizar la efectividad y seguridad de los tratamientos farmacológicos al adaptar las dosis y seleccionar los fármacos más adecuados según el perfil genético del paciente. Conocer la influencia de ciertos polimorfismos genéticos -sea en las enzimas metabolizadoras de fármacos como en los *target* terapéuticos de éstos- tiene implicaciones clínicas de crucial importancia. Existe evidencia acerca de la modificación de respuesta a fármacos como el clopidogrel y dicumarínicos, miopatía asociada a estatinas, disfunción ventricular ante inhibidores de miosina como el mavacantem o el incremento de la cardiotoxicidad de algunos fármacos oncológicos ante la presencia de algunos polimorfismos de distintos citocromos. (14)

En algunos escenarios clínicos, y aún sin un beneficio claro del uso masivo de este análisis farmacogenético en la población general (15); ante la ausencia de alternativas posibles como los anticoagulantes directos y en presencia de eventos tromboembólicos o hemorrágicos previos, el análisis de los polimorfismos en CYP2C9 podrían asociarse el agregado del estudio farmacogenético podría ser útil para incrementar el tiempo el rango terapéutico de este tipo de anticoagulante. (16)

Se han desarrollado estudios de utilidad del tratamiento guiado por el genotipo CYP2C19 con fármacos antiplaquetarios en pacientes con síndrome coronario agudo con elevación del segmento ST sometidos a angioplastia con stent (POPular Genetics). La desescalada del esquema antiagregante con ticagrelor o prasugrel a clopidogrel guiada por la genotipificación de CYP2C19 en las 48h previas no fue inferior al tratamiento estándar con ticagrelor o prasugrel en un seguimiento a 12 meses con respecto a eventos trombóticos y resultó en una menor incidencia de hemorragia. Sin embargo, actualmente no está recomendado el uso sistemático del preanálisis de polimorfismos de CYP2C19. (17,18)

En relación a la toxicidad cardiovascular por quimioterápicos, estudios de asociación de genes candidatos y de GWAS (de todo el genoma) han dado como resultado la identificación de 40 genes candidatos y polimorfismos de un solo nucleótido asociados con la disfunción cardíaca relacionada con antraciclina. Sin embargo, actualmente no está recomendado el uso sistemático de pruebas genéticas para la evaluación del riesgo de toxicidad asociada al tratamiento del cáncer antes del inicio de la terapia del cáncer. (19) En el futuro, un enfoque personalizado del “riesgo genético individual” puede ayudar a definir la susceptibilidad individual a distintas complicaciones cardiovasculares en pacientes con cáncer, pero por el momento esto requiere más investigación.

Farmacogenética en la prescripción de estatinas. Los hallazgos de un estudio multicéntrico “SLCO1B1 Genotype Informed Statin Therapy” sugieren que el uso de estudios genéticos para guiar la prescripción de estatinas redujo el colesterol en pacientes con antecedentes de miopatía en comparación con una estrategia que no incorpora dichos estudios. Aproximadamente en el 1 al 2% de los pacientes que toman estatinas, se pueden identificar evidencias de miopatía muscular en los análisis de sangre pero un porcentaje aún menos tiene consecuencias clínicas. Aproximadamente el 15% de los pacientes tienen la variante SCLO1B1, que reduce la capacidad del hígado para depurar las estatinas de circulación e incrementa la biodisponibilidad en músculo. Sin embargo, dada la amplia heterogeneidad y disponibilidad de estatinas comercialmente disponibles hacen innecesario el uso sistemático del análisis de ciertas variantes genéticas, dado que no todas las estatinas parecieran tener la misma susceptibilidad. La simvastatina es la más afectada por estas variantes, mientras que la rosuvastatina, pravastatina y la fluvastatina parece ser relativamente inmunes al efecto de esta variante genética. (20)

### Del acceso exclusivo al masivo

El Proyecto Genoma Humano finalizado en el año 2003 permitió a la comunidad científica internacional conocer la secuencia completa de una molécula de ADN humano, lo cual jugó un rol fundamental en el crecimiento exponencial del interés por saber cómo ciertos cambios en el ADN pueden ser patológicos y causar o predisponer a padecer ciertas enfermedades.

Algunas especialidades médicas como la oncología se vieron rápidamente beneficiadas por este conocimiento y el avance es exponencial hasta nuestros días.

En el campo de la cardiología la incorporación de la información genética para el diagnóstico, pronóstico y tratamiento comenzó a avanzar más lentamente debido a varios factores entre ellos por ejemplo, el hecho de que la abrumadora prevalencia de la enfermedad coronaria, la hipertensión arterial y la diabetes se ven altamente influenciadas por factores ambientales como la dieta, el tabaquismo, el sedentarismo y el estrés siendo -incluso hasta la fecha- un desafío determinar el rol de la predisposición genética.

Por este motivo, la investigación se centró principalmente en un grupo de trastornos cardiovasculares que hoy conocemos como “enfermedades cardíacas arritmogénicas y hereditarias” siendo las más importantes las miocardiopatías, las canalopatías, las enfermedades de la aorta y las dislipemias familiares, mediante la evaluación de algunos genes “candidatos” responsables de los distintos fenotipos mencionados que fueron siendo incorporados a medida que se iba descubriendo su asociación con la enfermedad en cuestión mediante procesos largos, complejos y costosos.

Desde entonces hasta el presente este grupo de enfermedades representan el único escenario en el cual existe la posibilidad de estudiar su origen genético mediante un test de laboratorio diagnóstico.

Entre los años 2012-2013 la introducción de una tecnología para estudiar el ADN llamada secuenciación de próxima generación o “NGS” (por sus siglas en inglés Next Generation Sequencing) revolucionó el impacto de la genética en la cardiología, ya que mediante la misma fue posible estudiar en minutos lo que hasta entonces demoraba años.

Esto trajo como consecuencia que fuimos capaces de obtener grandes cantidades de información genética no solo de un individuo sino de miles y por lo tanto comparar los genomas de todos ellos, creando lo que podrían considerarse los patrones de referencia de la normalidad así como una significativa y progresiva disminución de los costos de la secuenciación.

Sin embargo, esta abrumadora disponibilidad de información se vio acompañada del desafío de la correcta interpretación de la misma. En el año 2015 la Academia Americana de Medicina Genética propuso estrictos criterios para la clasificación de las variantes genéticas con el objetivo de que la asociación causal de una variante genética con un fenotipo determinado se realice siguiendo la evidencia y el estado del arte actual para cada una de ellas.

Estos criterios incluyen una serie de reglas que van desde la frecuencia poblacional de una variante genética hasta complejos programas de predicción computacional o “in silico” cada uno de los cuales incluye parámetros específicos y estiman el impacto potencial de un cambio genético sobre la proteína que codifica o regula.

Estos programas de inteligencia artificial aplicada a la genética son importantes ya que de alguna manera “reemplazan” o “emulan” a los costosos y laboriosos estudios de laboratorio ya sea en animales o en cultivos de líneas celulares a los que se les “introduce” la mutación genética que se sospecha patogénica y se evalúa si desarrollan el fenotipo estudiado.

De todo estos procesos resulta que la clasificación de una variante genética puede ser:

1. Patogénica: suficiente evidencia de su relación causal con la condición estudiada.
2. Probablemente patogénica: menor evidencia de su relación causal con la condición estudiada pero sigue siendo fuerte.
3. De significado incierto: su relación con el fenotipo tiene una probabilidad variable.
4. Probablemente benigna: existe consenso de que no debería vincularse a enfermedad.
5. Benigna: existe consenso de que no está vinculada a enfermedad.

En suma, actualmente gracias a la NGS, existen distintos enfoques de estudio del ADN de un individuo afectado a saber: genoma completo, exoma completo, exoma clínico o paneles de genes.

La elección del tipo de estudio genético depende de la información que se busca obtener. Existen diversas opciones, desde el análisis de una única variante genética, genes aislados, paneles de genes, análisis del exoma (que incluye información codificante y zonas intrónicas flanqueantes), hasta la secuenciación completa del genoma. Cada enfoque tiene sus ventajas y limitaciones, por lo que la elección dependerá de la situación clínica y los objetivos del análisis genético.

Los estudios genéticos en cardiología requieren mantener una altísima calidad en toda la cadena desde la extracción de la muestra, la secuenciación, los procesos bioinformáticos utilizados ya que de todos depende llegar a la selección de las variantes que serán reportadas.

Los consensos sobre estudios genéticos de las distintas sociedades científicas del mundo abogan por la in-

vestigación y utilización racional de la información genética mediante el estudio a través de paneles de genes guiados siempre por el fenotipo.

La información genética es sensible, no sólo afecta al paciente sino a sus familiares porque las enfermedades arritmogénicas tienen un carácter hereditario ya sea que se trate de una variante patogénica que se haya transmitido por generaciones o bien que se trate de un cambio “de novo” en el ADN de una persona es decir que no lo heredó de sus progenitores, por lo tanto no existen antecedentes familiares de la condición que presenta, pero esa persona transmitirá ese cambio genético a sus descendientes con una probabilidad del 50% sin importar el sexo.

Una vez que el informe es entregado el médico decide la relevancia de los hallazgos. En este sentido cabe mencionar la dificultad que representa la interpretación de las variantes genéticas reportadas como de significado incierto.

Es por este desafío que las recomendaciones internacionales sugieren el manejo de esta información en grupos de trabajo multidisciplinario que incluyan un cardiólogo con experiencia en genética cardiovascular en el equipo.

Recomendaciones para la interpretación del estudio genético	Clase	Nivel de evidencia
Se recomienda que los resultados de los estudios genéticos sean informados por profesionales con experiencia en cardiología idealmente en trabajo en equipo multidisciplinario.	IIa	B
Las variantes de significado incierto pueden ser reclasificada a probablemente patogénicas o probablemente benignas mediante distintas estrategias, este proceso debe estar a cargo de profesionales con experiencia en cardiología idealmente en trabajo en equipo multidisciplinario.	IIa	B

El uso masivo de internet pone a disposición de los pacientes y sus familiares ofertas de estudios genéticos llamados “directo al consumidor” en donde una persona puede enviar una muestra de su ADN para que le realicen cualquier tipo de estudio genético desde determinación de ancestría hasta paneles cardiológicos completos, esta realidad abre un nuevo paradigma en la práctica clínica.

Finalmente, el conocimiento del perfil genético de distintas poblaciones y subpoblaciones va mucho más allá del genoma y ya es una realidad el estudio del transcriptoma, el proteoma, el metaboloma, los que junto a la epigenética y otros “omics” son parte de la gran cascada “multiómica” la cual mediante la incorporación de estos datos en programas de IA especialmente diseñados nos permitirá relacionarlos con la clínica, las imágenes cardiovasculares, los estilos de vida y los factores ambientales para que podamos llevar adelante la medicina personalizada de precisión.

### Asesoría genética interactiva

El acceso masivo a éstos estudios y la disponibilidad de tests “directos al consumidor” pueden dejar “desprotegido” al consumidor-paciente en relación a qué hacer con los resultados obtenidos. Se han desarrollado herramientas como los asistentes en línea (chatbots) para comunicación de resultados y guiar el estudio en cascada familiar. Esto sin lugar a dudas permite que los encargados del asesoramiento genéticos dediquen mucho menos tiempo a realizar actividades no directas de atención al paciente, como utilizar videos educativos previos que expliquen los beneficios o consecuencias del estudio genético y modo de toma de la muestra, registrar en la historia clínica del paciente los hallazgos del estudio genético o generar el árbol familiar, por ejemplo, mejorando la proporción de tiempo dedicado a la atención directa. Se han desarrollado estrategia de comunicación vía telefónica de los resultados negativos pero presenciales en aquellos con resultados positivos para la planificación de un seguimiento clínico acorde. (21) Si bien pareciera haber alguna preferencia por parte de algunos pacientes para la devolución impersonal y a través de estas plataformas del tipo MyCode GSC con la implementación de chatbots. (21) Consideramos que esta información, así como las implicancias de la misma, debe ser comunicada por un profesional con entendimiento en el área. (21) La interpretación del equipo de profesionales es crucial para llegar a un diagnóstico de precisión basado en la evidencia.

Recomendaciones para interpretación de estudios genéticos “directo al consumidor”	Clase	Nivel de evidencia
No se recomienda la implementación de chatbots o asesores en línea por IA para la comunicación de resultados de estudios genéticos	III	C

## CONCLUSIONES

En resumen, la integración de la genómica en la salud digital representa una evolución hacia un enfoque más personalizado, proactivo y eficiente en el cuidado de la salud. A medida que la tecnología continúa avanzando, es fundamental adoptar un enfoque ético y colaborativo para aprovechar al máximo el potencial transformador de la genómica en beneficio de todos los individuos y comunidades.

---

## BIBLIOGRAFÍA

1. Isselbacher EM, Preventza O, Hamilton Black J 3rd, Augoustides JG, Beck AW, Bolen MA, et al; Peer Review Committee Members. 2022 ACC/AHA Guideline for the Diagnosis and Management of Aortic Disease: A Report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation* 2022;146:e334-e482.
2. Knowles JW, Zarafshar S, Pavlovic A, Goldstein BA, Tsai S, Li J, et al. Impact of a Genetic Risk Score for Coronary Artery Disease on Reducing Cardiovascular Risk: A Pilot Randomized Controlled Study. *Front Cardiovasc Med* 2017;4:53. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2017.00053>
3. Dainis A, Ashley E. Cardiovascular Precision Medicine in the Genomics Era. *J Am Coll Cardiol Basic Trans Science* 2018; 3:313–26. <https://doi.org/10.1016/j.jacbs.2018.01.003>
4. Antonopoulos AS, Xintarakou A, Protonotarios A, Lazaros G, Miliou A, Tsioufis K, et al. Imagenetics for Precision Medicine in Dilated Cardiomyopathy. *Circ Genom Precis Med* 2024;17:e004301. <https://doi.org/10.1161/CIRCGEN.123.004301>
5. Auffray C, Balling R, Barroso I, Bencze L, Benson M, Bergeron J, et al. Making sense of big data in health research: Towards an EU action plan. *Genome Med* 2016;8:71. <https://doi.org/10.1186/s13073-016-0323-y>
6. Ashley EA. Towards precision medicine. *Nat Rev Genet* 2016;17:507-22. <https://doi.org/10.1038/nrg.2016.86>
7. O'Driscoll A, Daugelaite J, Sleator RD. 'Big data', Hadoop and cloud computing in genomics. *J Biomed Inform* 2013;46:774-81. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2013.07.001>
8. Ferraro Petrillo U, Sorella M, Cattaneo G, Giancarlo R, Rombo SE. Analyzing big datasets of genomic sequences: fast and scalable collection of k-mer statistics. *BMC Bioinformatics* 2019;20(Suppl 4):138. <https://doi.org/10.1186/s12859-019-2694-8>
9. Novac OC, Chirodea MC, Novac CM, Bizon N, Oproescu M, Stan OP, et al. Analysis of the Application Efficiency of TensorFlow and Py-Torch in Convolutional Neural Network. *Sensors* 2022;22:8872. <https://doi.org/10.3390/s22228872>
10. Luscombe NM, Greenbaum D, Gerstein M. What is bioinformatics? A proposed definition and overview of the field. *Methods Inf Med* 2001;40:346-58. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1634431>
11. Kitano H. Computational systems biology. *Nature* 2002;420:206-10. <https://doi.org/10.1038/nature01254>
12. Roy S, Coldren C, Karunamurthy A, Kip NS, Klee EW, Lincoln SE, et al. Standards and Guidelines for Validating Next-Generation Sequencing Bioinformatics Pipelines: A Joint Recommendation of the Association for Molecular Pathology and the College of American Pathologists. *J Mol Diagn* 2018;20:4-27. <https://doi.org/10.1016/j.jmoldx.2017.11.003>
13. Li H, Durbin R. Fast and accurate short read alignment with Burrows-Wheeler transform. *Bioinformatics* 2009;25:1754-60. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btp324>
14. Kitzmiller JP, Mikulik EB, Dauki AM, Murkherjee C, Luzum JA. Pharmacogenomics of statins: understanding susceptibility to adverse effects. *Pharmgenomics Pers Med* 2016;9:97-106. <https://doi.org/10.2147/PGPM.S86013>
15. Kimmel SE, French B, Kasner SE, Johnson JA, Anderson JL, Gage BF, et al; COAG Investigators. A pharmacogenetic versus a clinical algorithm for warfarin dosing. *N Engl J Med* 2013;369:2283-93. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1310669>
16. Pirmohamed M, Burnside G, Eriksson N, Jorgensen AL, Toh CH, Nicholson T, et al; EU-PACT Group. A randomized trial of genotype-guided dosing of warfarin. *N Engl J Med* 2013;369:2294-303. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1311386>
17. Byrne RA, Rossello X, Coughlan JJ, Barbato E, Berry C, Chieffo A, et al; ESC Scientific Document Group. 2023 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes. *Eur Heart J* 2023;44:3720-826. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad191>
18. Claassens DMF, Vos GJA, Bergmeijer TO, Hermanides RS, van 't Hof AWJ, van der Harst P, et al. A Genotype-Guided Strategy for Oral P2Y12 Inhibitors in Primary PCI. *N Engl J Med* 2019;381:1621-31. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1907096>
19. Lyon AR, López-Fernández T, Couch LS, Asteggiano R, Aznar MC, Bergler-Klein J, et al; ESC Scientific Document Group. 2022 ESC Guidelines on cardio-oncology developed in collaboration with the European Hematology Association (EHA), the European Society for Therapeutic Radiology and Oncology (ESTRO) and the International Cardio-Oncology Society (IC-OS). *Eur Heart J* 2022;43:4229-361. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac244>
20. Peyser B, Perry EP, Singh K, Gill RD, Mehan MR, Haga SB, et al. Effects of Delivering SLCO1B1 Pharmacogenetic Information in Randomized Trial and Observational Settings. *Circ Genom Precis Med* 2018;11:e002228. <https://doi.org/10.1161/CIRCGEN.118.002228>
21. Bombard Y, Ginsburg GS, Sturm AC, Zhou AY, Lemke AA. Digital health-enabled genomics: Opportunities and challenges. *Am J Hum Genet* 2022;109:1190-8. <https://doi.org/10.1016/j.ajhg.2022.05.001>

---

## 3.6 - Redes sociales

### Introducción

Las redes sociales han crecido a pasos agigantados en los últimos años y los profesionales de la salud no estamos ajenos a este fenómeno. Estas plataformas ofrecen múltiples posibilidades: desde realizar consultas online o promocionar nuestros servicios, hasta difundir contenidos vinculados a la salud y la medicina con fines educativos o preventivos.

En el contexto actual, conocer el funcionamiento de las redes sociales forma parte de nuestra práctica profesional. Ya sea para crear un perfil propio o para filtrar información con criterio, estar presentes y actualizados en este ámbito se vuelve indispensable.

Vivimos en una era de post-verdad, en la cual muchas personas desconfían de la ciencia y optan por seguir recomendaciones que se alinean con sus creencias personales. Esto ha dado lugar al surgimiento de numerosos “influencers de salud” que, sin ser profesionales ni contar con respaldo científico, logran una gran llegada al

público general. En este escenario, consideramos crucial que los profesionales de la salud ocupemos un lugar activo en redes sociales, con información veraz, clara y válida.

Las redes sociales permiten, además, el intercambio de información sanitaria, la promoción de hábitos saludables, la participación en políticas públicas, la recolección de datos de salud en tiempo real, la identificación de errores o malentendidos en el uso de medicamentos, y hasta el reclutamiento de pacientes para investigación clínica. En contextos de emergencia, su velocidad y alcance pueden ser herramientas clave para la difusión de mensajes de salud pública.

Sin embargo, también presentan importantes desafíos. La desinformación se propaga rápidamente y puede tener consecuencias graves, especialmente cuando las personas confían más en sus redes de contacto que en las fuentes oficiales. La privacidad de los pacientes se ve amenazada si no se respetan las normativas legales y éticas vigentes, lo que puede generar desconfianza en el sistema de salud. El uso problemático de las redes también impacta la salud mental, sobre todo en adolescentes y jóvenes. Además, la falta de regulación clara y la ausencia de un consenso sobre qué constituye una conducta profesional adecuada en línea son otros obstáculos aún no resueltos.

Si bien las redes sociales tienen un potencial enorme en el ámbito de la salud pública, su impacto positivo depende de factores como la confianza, el cumplimiento ético y la calidad de la información compartida. Aún persisten desafíos no resueltos que requieren mayor investigación, regulación y formación específica para los profesionales de la salud. La tarea es compleja, pero necesaria: estar presentes en redes sociales no es solo una opción, sino una responsabilidad frente a la salud de nuestras comunidades.

### 3.6.1 ¿Cómo comenzar?

El abordaje estratégico del uso profesional de redes sociales puede organizarse en una secuencia de pasos:

1. Definir objetivos: antes de comenzar, es fundamental tener claridad sobre el propósito: ¿Queremos aumentar nuestra autoridad digital? ¿Atraer pacientes al consultorio? ¿Educar y divulgar contenidos científicos? ¿Ofrecer servicios o vender cursos/libros?
2. Identificar al público objetivo: una vez definido el objetivo, debemos preguntarnos: ¿A quién me voy a dirigir? ¿Estudiantes de ciencias de la salud? ¿Cardiólogos? ¿Pacientes? Este paso es clave porque definirá el tono, el vocabulario y el tipo de contenido a generar. Intentar abarcar a todo el mundo suele ser contraproducente.
3. Elegir la red social adecuada: Cada red tiene su lógica, formato y audiencia predominante:
  - Instagram: versátil, visual, ideal para educar y conectar con público general.
  - X (ex Twitter): textos breves, mayor presencia de profesionales, útil para debates o difusión científica.
  - TikTok: videos cortos, tono informal, llegada a público joven.
  - YouTube: contenido extenso y educativo en video.
  - LinkedIn: red profesional, ideal para networking o posicionamiento académico.
  - Spotify/Podcasts: ideal para educación en audio.

Elegir una plataforma afín al objetivo y al estilo personal es clave para sostener la actividad en el tiempo.
4. Crear el perfil y marca personal: se recomienda separar la cuenta personal de la profesional, y construir una identidad clara y coherente. La bio debe ser breve, profesional y confiable, por ejemplo:  
Dr. Juan Pérez  
Cardiólogo UBA – SAC | MN XXXX  
Más info: [www.linkedin.com/juanperez](http://www.linkedin.com/juanperez)
5. Planificar el contenido: la regularidad y la coherencia son esenciales. Es útil establecer un calendario de publicaciones y variar los formatos: imágenes, textos breves, historias, reels, encuestas, etc. Algunas redes requieren mayor volumen de contenido diario (como X), mientras que otras permiten una frecuencia más baja pero sostenida (como YouTube).
6. Interactuar con la audiencia: responder mensajes, comentarios y fomentar la participación construye comunidad, mejora el alcance del perfil y genera mayor impacto.
7. Medir y ajustar: es necesario analizar qué contenidos funcionan mejor (métricas internas) y también el retorno real (ROI, por ejemplo: ¿cuántas consultas o contactos nuevos generé?). Esto permite ajustar la estrategia y seguir creciendo con sentido.

### 3.6.2 Otros aspectos importantes

Recomendamos que al abrir un perfil profesional este debe mantenerse activo mediante publicaciones periódicas y actualizadas. Así se logra que el algoritmo muestre cada vez más las publicaciones de estos perfiles. Además, debemos identificar y definir los días y horarios ideales para realizar publicaciones según el público elegido para informar ya que esto es de vital importancia para poder tener mayor cantidad de visualizaciones, reproducciones, reposteos, comentarios, likes y así poder llegar a más gente.

Debido a los continuos cambios en los diferentes algoritmos se sugiere asesoramiento con personal idóneo (“community manager”) para la optimización de tiempos y recursos.

Las publicaciones se deben realizar de la mejor calidad posible (fotos y videos de alta resolución, letras grandes y legibles). En caso de realizar contenido escrito, este no debe ser demasiado extenso. Debe ser idealmente un resumen del tema o artículo que abordamos.

Seguir las tendencias que funcionan en redes sociales no es en sí algo negativo. Al contrario, puede ser una oportunidad valiosa:

1. Para incorporar nuestra impronta y transmitir un mensaje con autenticidad.
2. Para abordar temas que están en circulación y, si es necesario, corregir información errónea o brindar una mirada basada en evidencia científica.

No obstante, es fundamental no quedarnos solamente en lo que “hace todo el mundo”. Los usuarios pueden percibir nuestro perfil como uno más si no logramos diferenciarnos. Por eso, además de adaptar contenidos que funcionan, es clave desarrollar contenido propio y original, con un estilo personal que transmita cercanía, claridad y profesionalismo. Esa combinación es la que potencia el valor del perfil profesional en redes.

Comunicar en redes sociales no es fácil, pero debemos considerarlo parte activa de nuestro trabajo profesional.

Tener un perfil sin actividad es como tener una publicidad vieja y desactualizada en la vía pública: su impacto es muy limitado. Las redes sociales requieren presencia sostenida y estratégica para generar valor, visibilidad y confianza.

Una buena práctica es dedicar entre 1 y 2 horas al día, distribuidas en diferentes momentos. Esto permite generar “picos” de interacción a lo largo del día, lo cual favorece el alcance del contenido y estimula la respuesta del algoritmo. No se trata de estar todo el día conectados, sino de organizar el tiempo con intención y estrategia.

Un consejo extra: explorar perfiles similares o incluso de otras disciplinas puede ayudarnos a encontrar inspiración, identificar buenas prácticas, generar ideas propias o incluso detectar discursos erróneos que podemos abordar desde la evidencia. Aprender de lo que funciona (y también de lo que no) es parte del crecimiento profesional en redes.

Finalmente, estar atentos a las tendencias es fundamental. Cuando temas vinculados a la salud y medicina se vuelven virales, y tenemos formación en ese campo, es ideal anticiparse o responder con rapidez. De esa manera podemos posicionarnos como referentes y ofrecer información confiable en medio del ruido digital.

### 3.6.3 Criterios de responsabilidad profesional

El contenido publicado por profesionales de la salud debe tener respaldo científico, independientemente del formato (texto, video, humor, entrevistas, etc.). Se recomienda que sea elaborado y difundido por profesionales debidamente matriculados, a fin de garantizar la confiabilidad de la información.

---

## BIBLIOGRAFÍA

1. Kanchan S, Gaidhane A. Social Media Role and Its Impact on Public Health: A Narrative Review. *Cureus* 2023;15:e33737. <https://doi.org/10.7759/cureus.33737>

---

## 3.7 Gestión e historia clínica electrónica

### Introducción

La gestión en salud es un campo interdisciplinario que se ocupa de la planificación, organización, dirección y control de las personas, recursos y actividades que se llevan a cabo para brindar atención médica y sanitaria a la población. En otras palabras, la gestión en salud busca optimizar el funcionamiento del sistema de salud para que este pueda ofrecer servicios de calidad, accesibles y equitativos a todos los ciudadanos.

La gestión en salud persigue diversos objetivos importantes. Mejorar la calidad de la atención médica implica garantizar que los pacientes reciban el tratamiento adecuado de manera oportuna y eficiente. Aumentar la accesibilidad de la atención médica significa que todos los ciudadanos, independientemente de su nivel de ingresos o ubicación geográfica, tengan acceso a la atención médica que necesitan. Promover la equidad en salud busca que todos los ciudadanos tengan las mismas oportunidades de disfrutar de buena salud, independientemente de su origen socioeconómico o de cualquier otra característica personal. Controlar los costos de la atención médica implica encontrar formas de brindar atención médica de calidad a un precio asequible. Mejorar la eficiencia del sistema de salud significa utilizar los recursos de manera óptima para lograr los mejores resultados posibles.

La gestión en salud se lleva a cabo en todos los niveles del sistema de salud, desde los hospitales y clínicas hasta los ministerios de salud y las organizaciones internacionales. Los profesionales de la gestión en salud tie-

nen una amplia gama de responsabilidades. Estas incluyen desarrollar e implementar políticas de salud basadas en evidencia que respondan a las necesidades de la población; administrar los recursos financieros de manera eficiente y efectiva; gestionar el personal de salud mediante la contratación, capacitación y motivación; supervisar la calidad de la atención médica garantizando tratamientos adecuados, oportunos y eficientes; recopilar y analizar datos para evaluar el desempeño del sistema e identificar áreas de mejora; y comunicarse con las diversas partes interesadas como pacientes, proveedores de atención médica, políticos y el público en general.

La gestión en salud es un campo desafiante pero gratificante. Es un campo que puede tener un impacto positivo en la vida de las personas al mejorar la calidad de la atención médica y al hacer que el sistema de salud sea más accesible y equitativo.

La gestión en salud es un campo interdisciplinario que se ocupa de la planificación, organización, dirección y control de las personas, recursos y actividades que se llevan a cabo para brindar atención médica y sanitaria a la población.

En otras palabras, la gestión en salud busca optimizar el funcionamiento del sistema de salud para que este pueda ofrecer servicios de calidad, accesibles y equitativos a todos los ciudadanos.

La gestión en salud es un campo desafiante pero gratificante. Es un campo que puede tener un impacto positivo en la vida de las personas al mejorar la calidad de la atención médica y al hacer que el sistema de salud sea más accesible y equitativo.

### 3.7.1 Herramientas de gestión

Las herramientas digitales se han convertido en un recurso fundamental para la gestión en salud, permitiendo optimizar procesos, mejorar la calidad de la atención y facilitar el acceso a la información para pacientes y profesionales.

A continuación, se presenta una categorización de las herramientas digitales más utilizadas en el ámbito de la salud:

#### **Gestión de registros clínicos:**

- Sistemas de historias clínicas electrónicas (HCE): Permiten almacenar, organizar y acceder a la información clínica de los pacientes de manera digital.
- Portales del paciente: Brinda a los pacientes acceso a su propia información médica, permitiéndoles visualizar resultados de laboratorio, programar citas y comunicarse con sus médicos.

#### **Telemedicina:**

- Plataformas de videoconferencia: Facilitan la consulta médica a distancia, permitiendo la interacción entre el médico y el paciente en tiempo real.
- Monitoreo remoto de pacientes: Permite a los profesionales de la salud monitorear el estado de salud de los pacientes a distancia, mediante dispositivos wearables o sensores.

#### **Gestión de citas y programación:**

- Sistemas de reservas en línea: Permiten a los pacientes programar citas con sus médicos de manera fácil y conveniente.
- Herramientas de gestión de agenda: Ayudan a los profesionales de la salud a organizar su agenda de citas y optimizar su tiempo.

#### **Gestión de medicamentos:**

- Sistemas de prescripción electrónica: Facilitan la prescripción de medicamentos de manera segura y eficiente.
- Aplicaciones de gestión de medicamentos: Ayudan a los pacientes a recordar cuándo tomar sus medicamentos y a realizar un seguimiento de su historial de medicación.

#### **Educación y promoción de la salud:**

- Sitios web y aplicaciones de información en salud: Proporcionan información confiable y actualizada sobre diversos temas de salud.
- Herramientas de gamificación: Utilizan elementos de juego para motivar a las personas a adoptar hábitos saludables.

#### **Gestión de datos e inteligencia artificial:**

- Herramientas de análisis de datos: Permiten extraer información valiosa de los datos de salud para mejorar la toma de decisiones.
- Sistemas de apoyo a la decisión clínica: Ayudan a los profesionales de la salud a tomar decisiones más precisas y basadas en evidencia.

#### **Gestión administrativa y financiera:**

- Software de gestión empresarial: Permite gestionar las tareas administrativas y financieras de las organizaciones de salud.
- Herramientas de facturación y cobro: Facilitan la facturación de servicios médicos y la cobranza de pagos.
- Herramientas de gestión de clientes: Permiten administrar la relación con los pacientes, optimizando comunicación, seguimiento y fidelización de forma integrada.

**Investigación y desarrollo:**

- Herramientas de recopilación y análisis de datos: Permiten recopilar y analizar datos de investigación de manera eficiente.
- Plataformas de colaboración científica: Facilitan la colaboración entre investigadores de salud.

Es importante destacar que la elección de las herramientas digitales adecuadas dependerá de las necesidades específicas de cada organización o profesional de la salud.

La implementación exitosa de estas herramientas requiere una planificación cuidadosa, capacitación del personal y un cambio en la cultura organizacional.

Entre estas herramientas digitales, cabe destacar el creciente impacto de las tecnologías avanzadas basadas en inteligencia artificial, que están transformando particularmente el ámbito de la documentación clínica y los procesos asistenciales.

La inteligencia artificial (IA) está revolucionando el sector sanitario, y la documentación clínica no es una excepción.

Las herramientas de IA ofrecen un gran potencial para mejorar la eficiencia, la precisión y la calidad de la documentación clínica, lo que se traduce en una mejor atención para los pacientes.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de cómo se está utilizando la IA en la documentación clínica:

**Reconocimiento de voz:**

Permite a los médicos dictar sus notas clínicas en lugar de escribirlas, lo que ahorra tiempo y reduce la fatiga manual. Los sistemas de reconocimiento de voz cada vez más precisos pueden transcribir el lenguaje natural con un alto grado de precisión, incluso en entornos ruidosos.

**Extracción de información:**

Las herramientas de IA pueden extraer automáticamente información relevante de los registros médicos, como nombres de medicamentos, diagnósticos y procedimientos. Esto libera tiempo a los médicos para que se centren en la atención al paciente y reduce el riesgo de errores médicos.

**Asistencia para la codificación:**

La IA puede ayudar a los médicos a codificar con precisión los diagnósticos y procedimientos, lo que agiliza el proceso de facturación y reembolso. Los sistemas de asistencia para la codificación pueden sugerir códigos relevantes en función de las notas del médico y otros datos clínicos.

**Generación de informes:**

La IA puede generar automáticamente informes clínicos, como resúmenes de la historia clínica, notas de alta y planes de atención. Esto libera tiempo a los médicos y enfermeras para que se centren en otras tareas y mejora la comunicación entre los profesionales de la salud.

**Detección de anomalías:**

La IA puede detectar anomalías en los registros médicos, como posibles errores de medicación o interacciones entre medicamentos.

Esto puede ayudar a prevenir eventos adversos para los pacientes y mejorar la calidad de la atención.

**Chatbots:**

Los chatbots impulsados por IA pueden responder preguntas de los pacientes sobre su salud y brindar información sobre sus citas y tratamientos. Esto puede mejorar la satisfacción del paciente y reducir la carga de trabajo del personal administrativo.

**Traducción de idiomas:**

La IA puede traducir automáticamente los registros médicos a diferentes idiomas, lo que facilita la atención a pacientes de diversos orígenes. Esto es especialmente importante en áreas con poblaciones multiculturales.

**Resumen de textos:**

La IA puede generar resúmenes concisos de registros médicos extensos, lo que facilita a los médicos y enfermeras acceder a la información más importante. Esto puede mejorar la eficiencia y la toma de decisiones clínicas.

**Asistente para la toma de decisiones:**

Los sistemas de IA pueden ayudar a los médicos a tomar decisiones clínicas más informadas al proporcionarles acceso a evidencia científica y pautas clínicas relevantes. Esto puede mejorar la calidad de la atención y reducir el riesgo de errores médicos.

**Personalización de la atención:**

La IA puede utilizarse para personalizar la atención a cada paciente en función de su historial médico, preferencias y estilo de vida. Esto puede conducir a una mejor atención centrada en el paciente y a mejores resultados de salud.

### 3.7.2 Historia clínica electrónica

La Historia Clínica Electrónica (HCE) es un pilar fundamental en los sistemas de salud modernos. Se define como un registro digital que almacena y organiza la información de salud del paciente a lo largo del tiempo, per-

mitiando su acceso en diferentes entornos de atención médica. Su implementación ha transformado la práctica clínica al mejorar la coordinación entre profesionales de la salud, optimizar la calidad asistencial y facilitar la toma de decisiones basadas en datos actualizados.

Desde sus inicios en la década de 1960, la HCE ha evolucionado considerablemente. En sus primeras versiones, se centraba en funciones administrativas dentro de hospitales académicos. Durante los años setenta y ochenta, comenzó a integrar información clínica básica, y en los noventa, con el avance de la tecnología, se ampliaron sus funcionalidades para incluir registros más detallados. La llegada del siglo XXI marcó un punto de inflexión con la promoción de políticas gubernamentales que incentivaron su adopción a gran escala, como la Ley HITECH en Estados Unidos.

Los beneficios de la HCE son múltiples. Ha demostrado mejorar la calidad de la atención médica al favorecer la adherencia a guías clínicas y reducir errores médicos. Además, contribuye a la eficiencia operativa al disminuir costos administrativos y agilizar los procesos clínicos. Otro aspecto clave es el acceso inmediato a la información del paciente, lo que permite una mejor toma de decisiones y una mayor seguridad en los tratamientos.

Sin embargo, su implementación no está exenta de desafíos. Los altos costos iniciales representan una barrera importante, al igual que las preocupaciones sobre la privacidad y seguridad de los datos. Además, la resistencia al cambio por parte de algunos profesionales de la salud puede dificultar su adopción efectiva. Superar estos obstáculos requiere estrategias de capacitación, inversión en infraestructura y la aplicación de normativas que garanticen la protección de la información.

El impacto de la HCE en la gestión de la salud es significativo. Su uso permite una mejor coordinación en la atención de pacientes, especialmente en el manejo de enfermedades crónicas. También facilita la integración de sistemas de apoyo a la decisión clínica, lo que contribuye a una atención más personalizada y basada en evidencia. Desde el punto de vista administrativo, los hospitales con sistemas avanzados de HCE han demostrado reducir costos operativos y mejorar la calidad del servicio.

Las tendencias futuras apuntan a fortalecer la interoperabilidad entre distintos sistemas, permitiendo un intercambio de información más eficiente. La integración de inteligencia artificial en la HCE representa una gran oportunidad para mejorar la precisión diagnóstica y la personalización de los tratamientos. Asimismo, el empoderamiento del paciente a través de portales que le permitan acceder y gestionar su propia información de salud es un aspecto clave en la evolución de estos sistemas.

### 3.7.3 Gestión de salud basada en estándares: modelos, marcos de referencia y enfoque de valor

En el dinámico y complejo ecosistema de la salud digital, los modelos y marcos de referencia desempeñan un papel crucial como guías estructuradas para la implementación, evaluación y mejora continua de las tecnologías y procesos digitales en el ámbito sanitario. Estos modelos proporcionan un lenguaje común y una hoja de ruta para que las organizaciones de salud naveguen por el complejo proceso de transformación digital.

Los modelos y marcos de referencia en salud digital son herramientas conceptuales diseñadas para:

- Evaluar el estado actual de madurez digital de una organización de salud.
- Identificar áreas de mejora y oportunidades de desarrollo.
- Establecer objetivos claros y medibles para el progreso digital.
- Proporcionar una hoja de ruta para la implementación gradual de tecnologías y procesos.
- Facilitar la comparación (benchmarking) entre organizaciones y a lo largo del tiempo.
- Promover las mejores prácticas basadas en la evidencia y la experiencia acumulada en el sector.

Estos modelos suelen estar estructurados en niveles o etapas de madurez, cada uno con un conjunto de características y capacidades definidas. Abarcan diversos aspectos de la salud digital, desde la implementación de historias clínicas electrónicas hasta la adopción de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, pasando por la interoperabilidad de sistemas, la ciberseguridad y la analítica de datos.

Entre los modelos y marcos más reconocidos se encuentran el EMRAM (Electronic Medical Record Adoption Model) de HIMSS, el Marco de Transformación Digital en Salud de la OMS, y varios otros desarrollados por organizaciones internacionales, instituciones académicas y empresas consultoras especializadas.

HIMSS (Healthcare Information and Management Systems Society) se destaca como una organización global líder en innovación y salud digital que conecta hospitales, proveedores de tecnología y profesionales del sector. HIMSS ha desarrollado diversos modelos de madurez como mapas de ruta para la transformación digital. El más reconocido es EMRAM, que evalúa la implementación de historias clínicas electrónicas, pero también existen otros como INFRAM, AMAM, C-COMM, DIAM y CCMM, cada uno enfocado en áreas específicas. Estos modelos clasifican el nivel de digitalización en 8 niveles (del 0 al 7).

Los beneficios de implementar estos modelos incluyen: continuidad en la evolución digital, soporte objetivo para decisiones tecnológicas, comparabilidad entre instituciones, evaluación inicial de bajo esfuerzo, aprovechamiento de buenas prácticas probadas, reconocimiento internacional mediante acreditaciones y evaluación independiente. Casos de éxito como Duke Health, Stanford Children's Hospital y AdventHealth demuestran resultados tangibles tras implementar estos modelos, incluyendo reducción de la mortalidad y ahorros significativos.

Complementando estos enfoques de digitalización, la salud basada en valor (VBHC) representa un modelo que prioriza los resultados de salud en relación con los costos asociados. Introducido por Michael E. Porter y Elizabeth Teisberg en 2006, este enfoque busca mejorar la eficiencia del sistema sanitario proporcionando mejor atención al menor costo posible. Sus características principales incluyen el enfoque en resultados clínicos relevantes para pacientes, evaluación de costos en relación con resultados, transparencia informativa, modelos de pago que incentivan la calidad y eficiencia, y coordinación de servicios a lo largo del ciclo de atención mediante Unidades de Práctica Integrada.

La implementación efectiva de estos marcos requiere considerar no solo aspectos tecnológicos sino también factores humanos, organizacionales y culturales, con el objetivo último de mejorar la calidad, eficiencia y accesibilidad de la atención sanitaria en un entorno cada vez más digitalizado.

Es importante destacar que no existe un modelo único que sea ideal para todas las organizaciones. La elección y adaptación de un modelo o marco de referencia debe considerar factores como el contexto local, los recursos disponibles, los objetivos estratégicos de la organización y las regulaciones específicas del sector salud en cada región.

La implementación efectiva de estos modelos requiere un enfoque holístico que considere no sólo los aspectos tecnológicos, sino también los factores humanos, organizacionales y culturales. Además, dada la rápida evolución de las tecnologías digitales en salud, estos modelos están en constante evolución, incorporando nuevas prácticas y estándares a medida que emergen en el campo.

En resumen, los modelos y marcos de referencia para la mejora de la salud digital son instrumentos valiosos que proporcionan estructura, dirección y un lenguaje común en el complejo viaje hacia la transformación digital del sector salud, con el objetivo último de mejorar la calidad, eficiencia y accesibilidad de la atención sanitaria.

Recomendaciones sobre digitalización de los servicios de salud	Clase	Nivel de evidencia
Se recomienda la implementación de Sistemas de Historias Clínicas Electrónicas (HCE) en instituciones de salud.	I	B

## BIBLIOGRAFÍA

- Porter ME, Teisberg EO. Redefining Health Care: Creating Value-Based Competition on Results. Harvard Business School Press 2006.
- Adler-Milstein J, Jha AK. HITECH Act Drove Large Gains In Hospital Electronic Health Record Adoption. *Health Aff (Millwood)* 2017;36:1416-22. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2016.1651>
- Kruse CS, Krowski N, Rodriguez B, Tran L, Vela J, Brooks M. Telehealth and patient satisfaction: a systematic review and narrative analysis. *BMJ Open* 2017;7:e016242. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-016242>
- Ammenwerth E, Schnell-Inderst P, Machan C, Siebert U. The effect of electronic prescribing on medication errors and adverse drug events: a systematic review. *J Am Med Inform Assoc* 2008;15:585-600. <https://doi.org/10.1197/jamia.M2667>
- Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med* 2019;25:44-56. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7>
- Nilsson L, Eriksén S, Borg C. Social challenges when implementing information systems in everyday work in a nursing context. *Comput Inform Nurs* 2014;32:442-50. <https://doi.org/10.1097/CIN.0000000000000075>
- Jiang F, Jiang Y, Zhi H, Dong Y, Li H, Ma S, et al. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke Vasc Neurol* 2017;2:230-43. <https://doi.org/10.1136/svn-2017-000101>
- Adler-Milstein J, DesRoches CM, Furukawa MF, Worzala C, Charles D, Kralovec P, et al. More than half of US hospitals have at least a basic EHR, but stage 2 criteria remain challenging for most. *Health Aff (Millwood)* 2014;33:1664-71. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2014.0453>
- Blumenthal D. Launching HITECH. *N Engl J Med* 2010;362:382-5. <https://doi.org/10.1056/NEJMp0912825>
- Boonstra A, Broekhuis M. Barriers to the acceptance of electronic medical records by physicians from systematic review to taxonomy and interventions. *BMC Health Serv Res* 2010;10:231. <https://doi.org/10.1186/1472-6963-10-231>
- Campanella P, Lovato E, Marone C, Fallacara L, Mancuso A, Ricciardi W, et al. The impact of electronic health records on healthcare quality: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Public Health* 2016;26:60-4. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckv122>
- Chaudhry B, Wang J, Wu S, Maglione M, Mojica W, Roth E, et al. Systematic review: impact of health information technology on quality, efficiency, and costs of medical care. *Ann Intern Med* 2006;144:742-52. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-144-10-200605160-00125>
- Dendere R, Slade C, Burton-Jones A, Sullivan C, Staib A, Janda M. Patient Portals Facilitating Engagement With Inpatient Electronic Medical Records: A Systematic Review. *J Med Internet Res* 2019;21:e12779. <https://doi.org/10.2196/12779>
- Haux R. Health information systems - past, present, future. *Int J Med Inform* 2006;75:268-81. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2005.08.002>
- Hillestad R, Bigelow J, Bower A, Girosi F, Meili R, Scoville R, et al. Can electronic medical record systems transform health care? Potential health benefits, savings, and costs. *Health Aff (Millwood)* 2005;24:1103-17. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.24.5.1103>
- Kim GR, Lehmann CU. (2009). *Electronic Health Records and Interoperability for Pediatric Care*. In: Lehmann, C.U., Kim, G.R., Johnson, K.B. (eds) *Pediatric Informatics. Health Informatics*. Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-76446-7\\_18](https://doi.org/10.1007/978-0-387-76446-7_18)
- Menachemi N, Collum TH. Benefits and drawbacks of electronic health record systems. *Risk Manag Healthc Policy* 2011;4:47-55. <https://doi.org/10.2147/RMHP.S12985>
- Topol, E.J. (2019) *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again*. Basic Books.
- Tripathi, M., et al. (2009). Evolution of electronic health records: Past, present, and future.
- Vest JR, Gamm LD. Health information exchange: persistent challenges and new strategies. *J Am Med Inform Assoc* 2010;17:288-94. <https://doi.org/10.1136/jamia.2010.003673>

### 3.8 - Implicancias médico-legales y éticas en la medicina digital

#### Introducción

Si bien en la actualidad los sistemas y algoritmos de inteligencia artificial aplicada en medicina se han ido expandiendo en forma enérgica y potencial, los conceptos de telemedicina y salud digital han sido descriptos hace más de 30 años. Pero no fue antes de la pandemia COVID19 que la utilización de la tecnología, redes de comunicación, informática y la big data han inundado y traspasado barreras de conocimiento - tal vez - poco pensadas. Los motivos por los cuales previamente no habían sido desarrollados, los describe con precisión Adams y colaboradores en el artículo *Barriers for Telemedicine Use Among Nonusers at the Beginning of the Pandemic* publicado en la revista *Telemedicine Reports* en el año 2021. (1)

Las limitaciones radicaban en potenciales deficiencias de calidad de los sistemas de salud, la insatisfacción que podrían llegar a tener usuarios, las barreras para la interpretación y comprensión de la información suministrada por profesionales de la salud, la posible vulnerabilidad en el área de la privacidad y la falta de satisfacción de los consumidores y pacientes. Si bien hoy en día persisten dichas limitaciones, existe mayor flexibilidad para la resiliencia y la adaptación a la metodología.

En el año 2018, la Organización Mundial de la Salud definió a la telemedicina (o también llamada Salud Digital) como *“la prestación de servicios de atención de salud, cuando la distancia es un factor crítico, por todos los profesionales de la salud que utilizan tecnologías de la información y la comunicación para el intercambio de información válida para el diagnóstico, tratamiento y prevención de las enfermedades y lesiones, la investigación y la evaluación, y para la educación continua de proveedores de atención de salud, para la promoción de la salud de los individuos y sus comunidades”*. (2)

Sin embargo, la salud digital o telesalud no está integrada solamente por la telemedicina propiamente dicha, sino también por modelos de teleeducación, información médica digital, teleasistencia, tele monitoreo, interconsulta a distancia, tele orientación, entre otras modalidades que requieren el ejercicio de un acto médico, una adecuada relación médico paciente y un vínculo ético y moral entre colegas.

En este sentido, la medicina tiene como objetivo interceder a través de dicho acto médico, para la prevención, el diagnóstico y tratamiento de enfermedades que afectan a un ser humano, una persona física, definida como tal en el Código Civil de la Nación. (3)

Por consiguiente, cualquier práctica médica lleva implícito un acto de responsabilidad profesional, que debe respetar los pilares básicos de la autonomía, el consentimiento, el derecho a la información, a la privacidad y velar por los principios elementales de la beneficencia, no maleficencia y justicia. De manera que, tanto la legislación nacional como los parámetros morales y éticos del ejercicio médico se encuentran estrechamente enlazados durante el desarrollo de dicho acto profesional. (4)

Estas bases estuvieron asentadas desde los orígenes de la profesión. Como antecedentes de esas reglas, se puede mencionar la cultura chamánica, el código de Hammurabi, el cristianismo y el corpus hipocrático.

A partir de 1969, se establecieron normas para la experimentación en humanos, a propósito de las prácticas sucedidas a partir de movimientos sociales y bélicos. El Caso Tuskegee fue un ejemplo de ello, y desde la creación de la bioética en 1970, se enraizaron conceptos que tenían como finalidad regular las ciencias médicas aplicadas en los humanos. A partir de entonces, en 1972 se registró la “Carta de los Enfermos” en los EE.UU., el informe de Belmont en 1972 y el caso Ann Quilan. Asimismo, el corpus hipocrático y su modificación en Ginebra en 1948 y el Código de Nuremberg, terminaron por sentar las bases para la investigación en humanos y las prácticas clínicas, que en la actualidad son el sustento de cualquier tipo de protocolo de investigación que permite – en definitiva- el avance científico del conocimiento médico.

Es apropiado mencionar que, en nuestro país, la confederación médica argentina impulsó la publicación del código de ética médica. Una norma que cuenta con más de 24 artículos divididos en capítulos, que aborda principalmente los valores morales y éticos, en la defensa de los Derechos Humanos, la relación de atención y cuidado, los sistemas de informatización, el rol del médico durante su acto médico, entre otros tópicos. Además, establece directrices en relación a las publicaciones en el ámbito en salud, a los derechos y obligaciones de los pacientes y a la diceología médica. Su desarrollo es exquisito y es tan sorprendentemente actual, que no impresiona haber sido publicado en el año 1955.

Ahora bien, si el objetivo es realizar una búsqueda de autores más contemporáneos, la organización médica internacional, publicó guías vinculadas a las cuestiones éticas en relación a la inteligencia artificial aplicada a la salud en 2019, 2021 y 2024. Si bien las obras son bastante extensas y abordan un marco conceptual de desarrollo, todavía comulgan con el marco ético, moral y tradicional del ejercicio médico.

#### 3.8.1 Marco jurídico regulatorio en la Argentina

Como se mencionó el párrafo anterior, el ejercicio de la medicina ha mutado en los últimos tiempos desde una cultura chamánica, modelos hipocráticos y paternalistas, con posterior isocentro en el paciente y en la autonomía de su decisión, hasta que hoy en día la masificación del uso de tecnologías de información, datos y comunicaciones ha permitido desarrollar procesos virtuales que ponderan la inteligencia artificial.

El avance tecnológico es abismalmente más veloz que cualquiera otra disciplina. Y la evolución jurídica no es la excepción, por lo que hoy en día se aplica por analogía las normativas vigentes hasta el momento, a sabiendas de la necesidad por desarrollar un marco regulatorio específico y entendiendo las necesidades emergentes en términos de responsabilidad médica para su ejercicio. (5)

La base jurídica del ejercicio médico se centra en la Ley 17.132 (Ley de Ejercicio de la Medicina). En su artículo 2, define a la medicina como el acto de “*anunciar, prescribir, indicar o aplicar cualquier procedimiento directo o indirecto de uso en el diagnóstico, pronóstico y/o tratamiento de las enfermedades de las personas o a la recuperación, conservación y preservación de la salud de las mismas*”...[...].garantizando los derechos establecidos en la Ley 26.529 (Derechos del Paciente). También menciona en su artículo 2bis, que “*la teleasistencia puede desarrollarse solo para prácticas autorizadas a tal fin, de acuerdo a protocolos y plataformas aprobadas para la misma por la autoridad de aplicación*”. (6)

También en ella se especifican las obligaciones y prohibiciones de los profesionales que ejerzan la medicina. Cabe destacar la “*...prohibición para publicar falsos éxitos terapéuticos, estadísticas ficticias, datos inexactos o cualquier otro engaño; realizar publicaciones con referencia a técnicas o procedimientos personales en medios de difusión no especializados en medicina; publicar cartas de agradecimiento de pacientes; o vender cualquier clase de medicamentos...*”. En la actualidad, parecería accesible infringir estas normas, producto del sobreuso inadecuado de las redes sociales y otros medios de comunicación. Sin embargo, cabe recordar que esas acciones son punibles según lo establece la ley. De manera tal, que se debe señalar la extrema precaución y/o su prohibición a la hora de realizar publicaciones en cualquier medio de comunicación inherente a dicha práctica.

En relación con lo previamente mencionado, la Ley 26.529 establece en su artículo 2, los derechos esenciales en la relación entre el paciente y el o los profesionales de la salud, el o los agentes del seguro de salud, y cualquier efector de que se trate, entre ellos se ponderan “*...el trato digno y respetuoso, la intimidad de toda actividad médico asistencia detallando la información y documentación clínica, la confidencialidad y la autonomía de la voluntad...*”, entre otros. Asimismo, señala en su artículo 13, las características que debe poseer la historia clínica informatizada la cual constituye el documento público que plasma el ejercicio médico, jerarquizando “*...la integridad, autenticidad, inalterabilidad, perdurabilidad y recuperabilidad de los datos contenidos en la misma en tiempo y forma...*”, como dejar los asientos en ella (artículo 15), la integridad (artículo 16), unicidad (artículo 17) e inviolabilidad del documento (artículo 18). (7)

Como se ha mencionado, con el uso de nuevas tecnologías y de dispositivos móviles o smartphones, resulta más dificultoso el cumplimiento de estas obligaciones, puesto que no siempre dicha comunicación es comprendida como un acto médico en sí mismo. La recepción de información o datos sobre el paciente y su condición clínica y/o la indicación médica a través de dicho medio debe ser debidamente registrada o asentada en la documentación clínica correspondiente así como también brindar aseguro de que dicha información no pueda ser vulnerada bajo ninguna circunstancia.

De hecho, el artículo 153 del código penal de la Nación argentina, del título V (que protege el bien jurídico de la libertad) encuentra punible a “*...el que abriere o accediere indebidamente a una comunicación electrónica, una carta, un pliego cerrado, un despacho telegráfico, telefónico o de otra naturaleza, que no le esté dirigido; o se apoderare indebidamente de una comunicación electrónica, una carta, un pliego, un despacho u otro papel privado, aunque no esté cerrado; o indebidamente suprimiere o desviare de su destino una correspondencia o una comunicación electrónica que no le esté dirigida...*” (8)

Esto prueba que los datos inherentes a la información personal podrían ser vulnerados, que por definición tienen carácter de elementos sensibles. Estos incluyen: indicaciones médicas, prescripciones de estudios o tratamiento farmacológico. Este último ítem requiere un tratamiento particular que lo constituye la realización de recetas electrónicas siendo debidamente rubricadas por la firma digital. En el año 2001 se sanciona la Ley 25.506, donde en su artículo 1 reconoce el empleo de la firma electrónica y de la firma digital y su eficacia jurídica. Define la firma digital en el artículo 2, como al resultado de aplicar a un documento digital un procedimiento matemático que requiere información de exclusivo conocimiento del firmante, encontrándose ésta bajo su absoluto control, debiendo ser susceptible de verificación por terceras partes, tal que dicha verificación simultáneamente permita identificar al firmante y detectar cualquier alteración del documento digital posterior a su firma.

Sin embargo, en el artículo 5 hace especial referencia a la firma electrónica, la cual se define como el conjunto de datos electrónicos integrados, ligados o asociados de manera lógica a otros datos electrónicos, utilizado por el signatario como su medio de identificación, que carezca de alguno de los requisitos legales para ser considerada. (9)

Estos conceptos cuentan con una actual vigencia, ya que al momento de la confección de este documento existe el Decreto 345/2024 que planifica que, a partir del 01 de Julio del 2024, que la receta electrónica y/o digital podría llegar a ser el medio obligatorio para la prescripción de medicamentos, órdenes de estudios, prácticas y cualquier otra indicación. Así como también se contempla la creación de un registro de recetas electrónicas,

de prestadores, crea el proyecto la utilización de una licencia sanitaria federal, y refuerza la red nacional de interoperabilidad en salud.

Continuando el análisis vinculado a la información personal y manejo de datos, resulta importante destacar, que los derechos de los pacientes son por definición derechos personalísimos. De hecho, en el capítulo 3 del Código Civil y Comercial de la Nación, que trata los derechos y actos personalísimos de los individuos menciona todas aquellas virtudes de la persona que deben ser respetadas, desde de la inviolabilidad de la persona humana, con derecho al reconociendo y respeto a la dignidad y su potencial vulnerabilidad (artículos 51 y 52), el derecho a la imagen (artículo 53), actos inherentes sobre el cuerpo de los individuos (artículo 56), investigaciones en humanos (artículo 58) y sobre todo el artículo 59 que detalla el consentimiento informado para los actos médicos y la investigación en salud.(10)

Con respecto al uso de la imagen, existe además del código civil referenciado, existe la Ley 25.326, que en su artículo 1 define como objeto “...la protección integral de los datos personales asentados en archivos, registros, bancos de datos, u otros medios técnicos de tratamiento de datos, sean éstos públicos, o privados destinados a dar informes, para garantizar el derecho al honor y a la intimidad de las personas, así como también el acceso a la información que sobre las mismas se registre, de conformidad a lo establecido en el artículo 43, párrafo tercero de la Constitución Nacional...”. La misma en su artículo 2 diferencia con precisión, los datos personales entendidos, como: “...la información de cualquier tipo referida a personas físicas o de existencia ideal determinadas o determinables; de los datos sensibles que son datos personales que revelan origen racial y étnico, opiniones políticas, convicciones religiosas, filosóficas o morales, afiliación sindical e información referente a la salud o a la vida sexual...”. Asimismo, establece la forma de protección de dichos datos, la utilidad, la confidencialidad, la accesibilidad a su contenido, el archivo y los órganos de control y las sanciones correspondientes en caso de violabilidad de la norma. (11)

Asimismo, dispone en su artículo 4, que “...la recolección de datos no puede hacerse por medios desleales, fraudulentos o en forma contraria a las disposiciones de la mencionada ley...”. También determina en su artículo 5 que “...el tratamiento de datos personales es ilícito cuando el titular no hubiere prestado su consentimiento libre, expreso e informado, el que deberá constar por escrito, o por otro medio que permita se le equipare, de acuerdo a las circunstancias...”

Pero esta regla admite excepciones. Entre otras, cuando deriven de una relación contractual, científica o profesional del titular de los datos y resulten necesarios para su desarrollo o cumplimiento.

Por otro lado, el Código Procesal Penal de la Nación establece en el código 236 que la interceptación y grabación de las comunicaciones telefónicas solamente la puede ordenar el juez penal que intervenga en la instrucción de un sumario mediante auto fundado.

Ahora bien, hay situaciones donde dicha información puede ser vulnerada tanto por los profesionales de la salud, como el mismo paciente y su entorno y más aún puede ser llevada a cabo por grabaciones subrepticias en el ámbito sanitario, como se menciona en el artículo publicado en JAMA en 2015, por Rodríguez y colaboradores. (12,13)

Entonces, lo antedicho supone la posibilidad de revelar información y datos sin consentimiento de una de las partes. En relación a los medios de comunicación, la Ley N.º 27.078 de Tecnologías de la Comunicación y la Información –más conocida como ley Argentina Digital- también consagra el principio de la inviolabilidad de las comunicaciones, al igual que la ley de correos. Pero su ámbito de aplicación es mucho mayor, ya que actualizó el concepto de correspondencia para incluir dentro del mismo a toda “comunicación que se efectúe por medio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC)”. De esta manera, además de los correos postales, la garantía de protección se extiende al correo electrónico y a “cualquier otro mecanismo que induzca al usuario a presumir la privacidad del mismo y de los datos de tráfico asociados a ellos, realizadas a través de las redes y servicios de telecomunicaciones”. Así, toda interceptación – y su posterior registro y análisis debe ser requerida por juez competente.

Excluyendo las cuestiones éticas, la legalidad de estas grabaciones y su admisibilidad como prueba en un juicio es cuestionable. Más aun las grabaciones secretas y subrepticias no solo vulneran la privacidad del emisor del mensaje, sino que atentan contra el secreto médico frente a la posibilidad de divulgar el estado de salud de un individuo, así como también podrían quebrantar la relación médico-paciente

Para algunos autores, en este análisis debería incluirse la Ley 24.240 de derechos del consumidor como protección de usuarios de servicios de salud, aunque para quien suscribe, entender al paciente como un mero consumidor del sistema podría precipitar el riesgo de la sobre prestación no solamente en costo-efectividad sino en la fatalidad del sobrediagnóstico.

## Conclusión

La inteligencia artificial atraviesa la vida humana en forma indiscutible, y se vislumbra un panorama más que expansivo en los próximos tiempos. El desafío de la comunidad médica es la adecuada adaptación a la misma y

no interpretar esta nueva realidad como excluyente. No hay que despreciar los numerosos beneficios que se han deslizado a través de toda esta publicación y los textos anteriores: la mejor accesibilidad en términos geográficos, la difusión de información, la optimización de tiempo en el ejercicio profesional, la formación y educación médica a distancia, el intercambio fluido multidisciplinario y elementos innovadores que entrelazan con mayor eficiencia la asistencia a la salud. Si bien la forma de regulación del acto médico se extrae por analogía del marco jurídico actual, es necesario comenzar a reflexionar sobre los vacíos legales y comenzar la regularización sobre necesidades emergentes de la deontología médica. Resulta menester definir la posibilidad de gestionar nuevas especialidades en el ámbito de la tecnología y la medicina digital, la forma de cobertura de las compañías de seguro, y contemplar modificaciones en relación a la habilitación y matriculación profesional, limitar el tiempo de atención para no exponer a los profesionales del arte de curar al burn out y preservar su responsabilidad profesional.

Resulta casi imprescindible la re educación de todos los actores (médicos y pacientes), asumiendo que la semiología clásica y el vínculo médico-paciente ha mutado, y es responsabilidad de los intervinientes tener una postura flexible y elástica para modernizar los roles que han de afrontar.

---

## BIBLIOGRAFÍA

1. Adams RB, Nelson VR, Holtz BE. Barriers for Telemedicine Use Among Nonusers at the Beginning of the Pandemic. *Telemed Rep* 2021;2:211-6. <https://doi.org/10.1089/tmr.2021.0022>
2. Adaptado por la 5ta asamblea general de la AMM, Copenhague, Dinamarca Octubre 2007 y enmendada por la 69ª Asamblea General de la AMM, Reykjavikm Isalnadia, Octubre 2018. AMM
3. Rueda, Andrea Fabiana. Nociones básicas sobre la Responsabilidad médica. Editorial D&D. 2016.
4. Patito, José Ángel. Enciclopedia Médico-legal. Editorial Akadia. 2009.
5. Maglio I. Aspectos bioéticos y jurídicos de la medicina digital: el dilema del encuentro virtual. *Rev. Arg. de Psiquiat.* 2018, Vol. XXIX: 24-28
6. Ley 17.132 (Arte de Curar): Reglas para el ejercicio de la medicina, odontología y actividad de colaboración de las mismas. Buenos Aires, 24 de enero de 1967.
7. Ley 26.529: Derechos del Paciente en su Relación con los Profesionales e Instituciones de la Salud. Sancionada: Octubre 21 de 2009. Promulgada de Hecho: Noviembre 19 de 2009.
8. Ley 11.179 (T.O. 1984 actualizado): Código Penal de la Nación Argentina
9. Ley 25.506: FIRMA DIGITAL. Consideraciones generales. Certificados digitales. Certificador licenciado. Titular de un certificado digital. Organización institucional. Autoridad de aplicación. Sistema de auditoría. Comisión Asesora para la Infraestructura de Firma Digital. Responsabilidad. Sanciones. Disposiciones Complementarias. Sancionada: Noviembre 14 de 2001. Promulgada de Hecho: Diciembre 11 de 2001.
10. Ley 26.994: Código Civil y Comercial de la Nación Argentina
11. Ley 25.326: Ley de Protección de Datos Personales. Disposiciones Generales. Principios generales relativos a la protección de datos. Derechos de los titulares de datos. Usuarios y responsables de archivos, registros y bancos de datos. Control. Sanciones. Acción de protección de los datos personales. Sancionada: Octubre 4 de 2000. Promulgada Parcialmente: Octubre 30 de 2000.
12. Rodriguez M, Morrow J, Seifi A. Ethical implications of patients and families secretly recording conversations with physicians. *JAMA* 2015;313:1615-6. <https://doi.org/10.1001/jama.2015.2424>
13. Glorio R, Carvia S. ¿Existe el secreto médico? *Dermatol Argen* 2010;16:216-8.

## 4- Diseminación y actualización del consenso

### Diseminación

La guía estará disponible en su versión completa, con los capítulos arriba desarrollados, recomendaciones de aplicación, y futuras prioridades de investigación. La SAC, a través de su Consejo de Salud Digital (CSD), se responsabiliza de su difusión, en centros tanto privados como públicos, de baja, mediana y alta complejidad de atención de salud de nuestro país; como así también compartir la información con otras sociedades y comunidades de aprendizaje continuo, tanto de cardiología general, como de medicina digital; fomentando la generación de lazos Inter societarios.

El CSD, a través de la SAC, convocará a encuentros mensuales con expertos y autoridades en la materia, vía web, de las cuales podrá ser participe cualquiera que lo desee, durante la transmisión online (meet-ups mensuales), como así también ver el contenido digitalizado posteriormente, en las redes y canales de difusión del consejo, y en SAC a demanda (por el momento disponible para socios SAC), para compartir de manera actualizada, los hallazgos correspondientes en cada uno de los capítulos mencionados con anterioridad. Estos eventos serán difundidos por la página web y redes sociales tanto de la SAC como del CSD.

A fin de fortalecer el sistema de salud digital en todo el territorio del país, se brindará conferencias en los distintos Distros SAC, con profesionales idóneos en la materia, las cuales podrán ser presenciales o vía web; para intentar cumplir con el objetivo de la OPS de transformación digital para 2030. Además, se ofrecerá un simposio presencial anual, exclusivamente dedicado a actualizaciones en Salud Digital, cuya locación será rotativa, y estará a cargo de CSD.

El CSD sugiere trabajar colaborativamente con autoridades gubernamentales de todos los niveles; en guiar el proceso de transformación digital, con aportes de material científico, creación de bases de datos que nos permitan acelerar el proceso de digitalización de la información, y la difusión del presente consenso; con el objetivo de disminuir la brecha digital, teniendo en cuenta las diferentes realidades presentes en el territorio nacional; tal como lo sugiere la OMS, orientando el transcurso de dicha transformación para que la misma se desarrolle transversalmente con todas las instituciones, gubernamentales y no gubernamentales; de salud, de ciencia, y de tecnología; involucradas en el proceso.

### Actualización del consenso

A consecuencia del enfoque innovador de este consenso, el mismo estará sujeto a revisión continua de nuevas evidencias, en lo que respecta a la salud digital.

En este punto es importante reconocer la brecha digital que hay en los distintos ámbitos de atención, tanto público como privado, así como la diversidad territorial, entendiendo que la conectividad, es fundamental para poder en algunos casos comenzar, y en otros continuar, con la transformación digital en salud.

Sin embargo, más allá de las citadas diferencias, es preciso reconocer, la necesidad de realizar actualizaciones frecuentes, en forma de anexos al consenso, a través de revisión continua de literatura y con la creación de datasets nacionales que nos permitan compartir información, en respuesta a la rápida evolución de la tecnología digital en salud.

Es probable que la primera actualización importante del consenso sea dentro de los 24 meses siguientes.

---

### BIBLIOGRAFÍA

1. WHO guideline Recommendations on Digital Interventions for Health System Strengthening. Geneva: World Health Organization; 2019.
2. Tromp J, Jindal D, Redfern J, Bhatt A, Séverin T, Banerjee A, et al. World Heart Federation Roadmap for Digital Health in Cardiology. *Glob Heart* 2022;17:61. <https://doi.org/10.5334/gh.1141>
3. Ocho Principios Rectores de La Transformación Digital Del Sector de La Salud. Un Llamado a La Acción Panamericana. Washington, D.C.: OPS, -1, 2021. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/53730>
4. De la evolución de los sistemas de información para la salud a la transformación digital del sector de la salud. Informe de la conferencia sobre IS4H. 2021 (<https://iris.paho.org/handle/10665.2/53801>).