Octubre 2026

MBA NOÉ ROMERO A.

nromero@dineroymercados.com.mx

***Futuro de la salud; IA y robótica, las nuevas posibilidades en fisioterapia***

***La IA y la robótica no sustituirán al fisioterapeuta, pero sí cambiarán profundamente su trabajo: pasarán de evaluar y corregir principalmente "a ojo" a dirigir rehabilitaciones más personalizadas, medibles y remotas, apoyadas por sensores, algoritmos y dispositivos robóticos. Blindar***

***Qué cambia en la fisioterapia***

| Área | Aplicación actual y futura | Beneficio principal |
|---|---|---|
| Evaluación del movimiento | Cámaras, captura de movimiento, wearables y visión artificial detectan alteraciones de marcha, postura y control motor | Diagnóstico funcional más objetivo y seguimiento continuo |
| Plan de tratamiento | Modelos predictivos estiman riesgo, evolución y respuesta al ejercicio | Programas individualizados y ajustes basados en datos |
| Ejercicio en casa | Apps con cámara, guías por voz y retroalimentación en tiempo real | Mejor adherencia y corrección técnica sin estar en clínica. |
| Rehabilitación neurológica | Exoesqueletos y brazos robóticos asisten movimientos repetitivos y de alta precisión | Más intensidad terapéutica en lesión medular, ACV y alteraciones motoras |
| Dolor y motivación | Realidad virtual, gamificación y biofeedback | Mayor participación del paciente y exposición gradual a tareas difíciles. |
| Atención remota | Telerehabilitación con sensores y plataformas conectadas | Acceso a rehabilitación fuera de grandes ciudades y seguimiento entre sesiones. |

***IA: del dato al tratamiento personalizado***

***La IA puede analizar patrones de movimiento que son difíciles de captar manualmente: asimetrías al caminar, compensaciones musculares, rango articular, fatiga o riesgo de recaída. Esto permite diseñar planes de ejercicio más ajustados al paciente y comparar objetivamente su progreso antes y después del tratamiento.***

***También habilita la medicina predictiva en rehabilitación: anticipar tiempos de recuperación, identificar pacientes con mayor riesgo de complicaciones y adaptar la carga de trabajo físico conforme cambian las respuestas del cuerpo.***

***Un ejemplo práctico: una app con visión por cámara puede indicar en tiempo real si una persona está haciendo una sentadilla con la rodilla desalineada, corregir la técnica y registrar la adherencia para que el fisioterapeuta ajuste la siguiente sesión.***

***Robótica: precisión, repetición y fuerza asistida***

***Los dispositivos robóticos aportan algo que es muy difícil sostener de forma manual: miles de repeticiones consistentes, con fuerza, trayectoria y resistencia controladas. Esto es especialmente relevante en neurorehabilitación, donde la repetición intensiva puede favorecer la reorganización y recuperación funcional.***

***Exoesqueletos: ayudan a pacientes con parálisis o lesión medular a realizar patrones de marcha y bipedestación.***

***Robots de miembro superior: asisten el entrenamiento de alcance, prensión y control motor tras un ACV.***

***Plataformas de entrenamiento de marcha: estandarizan la asistencia, la velocidad y la carga durante la caminata terapéutica.***

***Dispositivos vestibles: registran actividad, posición y parámetros biomecánicos fuera de la clínica.***

*La clave es que el robot no decide solo: entrega datos, asiste el movimiento y amplía la capacidad del profesional, mientras el fisioterapeuta conserva el juicio clínico, el contacto humano y la adaptación al contexto del paciente.*

*El nuevo rol del fisioterapeuta*

*El perfil profesional se desplazará hacia una combinación de clínica, tecnología y gestión de datos:*

*Interpretar métricas de movimiento, fuerza, dolor y funcionalidad.*

*Validar que las recomendaciones generadas por IA sean seguras y clínicamente razonables.*

*Diseñar programas híbridos: sesiones presenciales, tele-rehabilitación y ejercicio supervisado en casa.*

*Usar realidad virtual, biofeedback y robótica como herramientas, no como fin en sí mismas.*

*Proteger la privacidad, la seguridad y la equidad en el uso de datos de salud.*

*Esto no reduce la importancia del criterio humano; al contrario, la evidencia y la literatura especializada señalan que fisioterapia y rehabilitación dependen fuertemente de la interacción humana, por lo que son áreas con menor probabilidad de ser reemplazadas por IA.*

*Riesgos y límites*

*Sobreconfianza en algoritmos: un modelo puede equivocarse si fue entrenado con poblaciones, equipos o contextos distintos al paciente.*

*Brecha digital: personas mayores, con baja alfabetización tecnológica o sin acceso a internet pueden quedar excluidas.*

*Costo y mantenimiento: exoesqueletos, plataformas robóticas y sistemas de captura de movimiento siguen siendo costosos para muchas clínicas.*

*Privacidad de datos biométricos: cámaras, wearables y registros de movimiento generan información sensible que requiere controles claros.*

*Evidencia heterogénea: la efectividad varía según la patología, el dispositivo y el protocolo; no toda tecnología tiene el mismo respaldo clínico.*

*Horizonte probable*

*En los próximos años, lo más realista es una fisioterapia híbrida: evaluación presencial inicial, sensores y apps para el día a día, robótica para casos de alta complejidad y IA como sistema de apoyo a decisiones. La telemedicina, realidad virtual/aumentada, impresión 3D, wearables, robótica y análisis de datos ya están mejorando la precisión y personalización de los tratamientos.*

*Para México, el mayor impacto podría venir de soluciones de bajo costo —apps con cámara, tele-rehabilitación y wearables— que amplíen el acceso en zonas con escasez de especialistas, mientras los exoesqueletos y robots clínicos se concentran inicialmente en hospitales y centros de rehabilitación de alta especialidad.*

*Los exoesqueletos en fisioterapia son estructuras robóticas externas que se ajustan al cuerpo para asistir, guiar, resistir o registrar movimientos. Su objetivo no es "hacer el ejercicio por el paciente", sino permitir repeticiones seguras, controladas e intensivas que favorecen la recuperación funcional y la plasticidad neuromuscular.*

***Principio básico***

***Un exoesqueleto combina cuatro componentes:***

***Estructura mecánica: barras, articulaciones y soportes alineados con cadera, rodilla, tobillo o hombro.***

***Sensores: miden posición, velocidad, aceleración, fuerza y, en algunos modelos, actividad muscular mediante electromiografía (EMG).***

***Actuadores: motores eléctricos, neumáticos o hidráulicos que generan el par de fuerza necesario para mover o estabilizar una articulación.***

***Sistema de control: recibe los datos de los sensores y ajusta la asistencia según la tarea, la capacidad del paciente y el protocolo definido por el fisioterapeuta.***

***En términos simples, el dispositivo convierte una intención o un movimiento parcial del paciente en un movimiento más seguro y repetible, aplicando la fuerza mínima necesaria en cada fase.***

***Cómo se usa en una sesión***

***En rehabilitación de marcha, por ejemplo, el fisioterapeuta coloca y ajusta el dispositivo sobre piernas, caderas y, en algunos casos, torso; luego programa parámetros como velocidad, apoyo, rango articular y nivel de asistencia. Los motores impulsan cadera y rodilla mientras el paciente practica ponerse de pie, caminar y sentarse, normalmente con andadera, bastones o supervisión cerca.***

***El sistema puede operar en distintos modos:***

| Modo | Qué hace el exoesqueleto | Uso típico |
|---|---|---|
| Pasivo | Mueve la extremidad sin esfuerzo del paciente | Movilización temprana, prevención de rigidez |
| Asistido | Completa o facilita el movimiento iniciado por el paciente | Debilidad, ACV, lesión medular |
| Resistido | Ofrece oposición al movimiento | Fortalecimiento y control motor |
| Guía de trayectoria | Restringe el movimiento a un patrón correcto | Reeducación de marcha o de miembro superior |
| Biofeedback | Muestra datos de fuerza, simetría y ejecución | Ajuste del entrenamiento y motivación |

***Estos modos permiten pasar gradualmente de mayor asistencia a mayor esfuerzo activo, conforme mejora la fuerza, el equilibrio y el control del paciente.***

***Por qué puede ayudar a recuperar***

***El beneficio central es la dosis terapéutica: el dispositivo permite realizar muchos ciclos de marcha o movimientos de brazo con trayectorias reproducibles, algo difícil de sostener manualmente durante toda una sesión. Esa repetición consistente favorece el aprendizaje motor y la plasticidad neuronal.***

***Además, el robot registra automáticamente posición, velocidad y fuerza. Eso permite objetivar el progreso, detectar asimetrías y ajustar la rutina con datos en lugar de depender únicamente de la observación clínica.***

***En pacientes con esclerosis múltiple, ACV o lesión medular, el objetivo es estimular la "memoria nerviosa" y el control muscular residual para que, con el tiempo, el paciente requiera menos asistencia externa.***

***Tipos principales***

***Exoesqueletos de marcha: asisten cadera, rodilla y, a veces, tobillo; se usan en lesión medular, ACV y trastornos neurológicos.***

***Exoesqueletos de miembro superior: entrenan hombro, codo, muñeca y mano después de ACV o lesiones neuromusculares.***

*Dispositivos fijos de rehabilitación: el paciente permanece sentado o suspendido; son comunes en hospitales y centros especializados.*

*Exoesqueletos portables: funcionan con batería y permiten desplazarse, con mayor independencia pero también mayores exigencias de seguridad y ajuste.*

*Límites y precauciones*

*No son adecuados para todos. Requieren evaluación previa de densidad ósea, contracturas, control postural, presión arterial, piel, dolor y capacidad cognitiva para seguir instrucciones. El ajuste incorrecto puede causar rozaduras, fatiga, dolor articular o caídas.*

*También son equipos costosos y demandan personal entrenado. Por eso, en la práctica suelen complementar —no sustituir— la fisioterapia convencional, especialmente en centros de rehabilitación neurológica.*

*En síntesis: un exoesqueleto funciona como una órtesis activa que detecta el movimiento o la intención del paciente, aplica fuerza controlada mediante motores y entrega datos objetivos al fisioterapeuta. Su valor clínico está en convertir la rehabilitación en un entrenamiento más repetido, seguro, medible y progresivo.*

*Cuál es el costo de implementar un exoesqueleto*

*El costo de un exoesqueleto clínico de rehabilitación suele ubicarse entre USD 70,000 y 150,000, con equipos avanzados que pueden superar los USD 176,000. A eso deben sumarse mantenimiento, capacitación, refacciones y espacio clínico, por lo que el costo total de propiedad en cinco años puede acercarse a USD 180,000.*

*Rangos por tipo de equipo*

| Tipo de exoesqueleto | Precio orientativo | Uso principal |
|---|---|---|
| Asistencia pasiva o ligera para espalda, brazos o apoyo industrial | USD 800–4,500 | Prevención de fatiga y apoyo postural; no equivale a un equipo de neurorrehabilit |
| Dispositivos de rehabilitación de gama baja / marcas genéricas | USD 1,500–5,000 | Asistencia básica a rodilla, cadera o marcha; requieren validación clínica y sopo |
| Exoesqueletos personales para movilidad | USD 50,000–89,000 | ReWalk, Indego y equipos similares para uso individual o clínico. |
| Exoesqueletos clínicos de rehabilitación | USD 75,000–150,000 | Terapia de marcha en hospitales y centros especializados epublications. |
| Sistemas robóticos avanzados de rehabilitación | Hasta USD 176,000 o más | Rehabilitación médica completa, con mayor automatización y sensores. |

*El precio de compra no es el único desembolso. Para una clínica, el presupuesto real debería incluir:*

1. *Equipo base: USD 70,000–150,000 en modelos clínicos establecidos.*
2. *Contrato de servicio anual: aproximadamente USD 8,000–12,000, según fabricante y cobertura.*
3. *Capacitación del personal: puede venir incluida en la compra, pero conviene presupuestar entrenamiento adicional para fisioterapeutas y personal de enfermería.*
4. *Baterías y repuestos: las baterías suelen requerir reemplazo cada 2–3 años; los repuestos y actualizaciones de software deben considerarse en el contrato.*
5. *Infraestructura: espacio seguro para caminata, superficies antideslizantes, barras paralelas o andaderas, área de carga y almacenamiento.*
6. *Seguros, importación e impuestos: especialmente relevantes en México por aranceles, logística, certificaciones y soporte técnico local.*

*Ejemplo de presupuesto clínico*

*Para un centro de rehabilitación en México que adquiera un exoesqueleto clínico de gama media-alta:*

| Concepto | Estimación (USD) |
|---|---|
| Equipo | 100,000–150,000 |
| Capacitación e implementación inicial | 5,000–20,000 |
| Mantenimiento anual | 8,000–12,000 |
| Baterías y refacciones en 5 años | 10,000–30,000 |
| Adecuación del espacio | Variable, según instalaciones |
| Costo total estimado a 5 años | Aprox. 180,000+ |

### *Cómo reducir el riesgo financiero*

***Modelo por sesiones o renta: en lugar de comprar, algunas clínicas pueden rentar el equipo o cobrar sesiones de terapia robótica como servicio premium.***

***Compra compartida: un hospital, universidad o grupo de clínicas puede compartir el equipo y distribuir costos.***

***Validar el caso de uso: el mayor retorno suele darse en rehabilitación neurológica de alta especialidad, no en clínicas generales con bajo volumen de pacientes.***

***Exigir garantía amplia: contrato que incluya software, sensores, baterías, refacciones y capacitación de actualización.***

***Verificar soporte en México: la disponibilidad de técnicos, repuestos y repuestos originales puede determinar si el equipo es operable a largo plazo.***

***En términos prácticos: si se trata de un exoesqueleto médico serio para rehabilitación de marcha, hay que presupuestar al menos USD 100,000–180,000 en los primeros cinco años, no solo el precio del dispositivo. Los equipos de pocos miles de dólares pueden ser útiles como apoyo mecánico, pero no deben compararse con sistemas clínicos motorizados con control de cadera, rodilla y sensores integrados.***

### *Temas a desarrollar*

- ***Qué patologías se benefician más de los exoesqueletos***
- ***Qué limitaciones tienen estos dispositivos en clínica***
- ***Cómo se miden los avances con estas tecnologías***
- ***Qué diferencias hay con la terapia tradicional***
- ***Qué factores influyen en el ROI de un exoesqueleto***
- ***Existen opciones de financiamiento o leasing para clínicas***
- ***Cómo se comparan con otras tecnologías de rehabilitación.***
- ***Qué marcas dominan el mercado médico actual.***
- ***Qué mantenimiento requiere un exoesqueleto clínico.***

La información contenida en el presente reporte es propiedad exclusiva de Dinero y Mercados® S.C., por lo que no podrá ser objeto de reproducción o distribución total o parcial alguna por cualquier medio, sin la previa autorización por escrito de Dinero y Mercados® S.C. El incumplimiento a esta prohibición podría ser objeto de sanciones conforme a la legislación aplicable.

Dinero y Mercados® S.C. Arquímedes 130 Despacho 201. Col. Chapultepec Morales. Ayuntamiento Miguel Hidalgo C.P. 11570, Ciudad de México, Tels. (01 55) 1085 3730. nromero@dineroymercados.com.mx, www.dineroymercados.com.mx.