

# Robots de Asistencia en Rehabilitación Postoperatoria

## Seguridad y Cumplimiento



Azure Blob Storage



Microsoft Entra ID



Azure Digital Twins



HL7 FHIR



Azure Key Vault



Microsoft Sentinel



Azure Policy

## Integración con el Hospital Ada Lovelace



Optimización de Flujos



Conexión con HCE



Interacción con Otros Módulos

## Infraestructura



Azure Synapse Analytics



Azure IoT Hub



Azure Kubernetes Service



Azure Functions



Paciente



Robot de Asistencia en Rehabilitación



Sensores y Dispositivos



Procesamiento en el Borde



IA Local



Asistente Virtual



Equipo Médico



ID Único del Paciente



Monitor Multiparámetro Básico



Pantalla Táctil



Brazos Ajustables



Azure Machine Learning



Azure Cognitive Services

# Robots de Asistencia en Rehabilitación Postoperatoria

## Diagrama

### Descripción Técnica Detallada

#### Introducción

La integración del **Robot de Asistencia en Rehabilitación Postoperatoria** con Azure Cloud y el Hospital Inteligente Ada Lovelace optimiza la recuperación física tras cirugías mediante rutinas personalizadas, retroalimentación en tiempo real y análisis avanzado. Conectado al ID único del paciente y un asistente virtual, este módulo asegura precisión (99%), transparencia y cumplimiento con GDPR, HL7 FHIR e ISO 27701, acelerando la rehabilitación y reduciendo la carga hospitalaria.

#### Capa del Paciente

El paciente interactúa directamente con el robot, que utiliza datos de la HCE para personalizar ejercicios según su cirugía (ej. rodilla, corazón). El asistente virtual coordina esta interacción, ofreciendo una experiencia adaptada y transparente, con retroalimentación visual en una pantalla táctil.

#### Capa de Recolección de Datos

El ID único (RFID/NFC) accede a la HCE en <1 s, cargando información crítica como tipo de cirugía y estado físico. Sensores como acelerómetros ( $\pm 0.5^\circ$ ) y pulsioxímetros ( $\pm 1\%$  SpO2) recopilan datos de movimiento y vitales, procesados localmente por una CPU de 8 núcleos (2.5 GHz, 16 GB RAM) en <10 ms. Esto cumple con GDPR (Art. 5) al minimizar transferencias de datos sensibles, garantizando rapidez y seguridad.

#### Capa de Procesamiento

La IA local analiza datos cada 50 ms (sensibilidad 99%), ajustando rutinas y corrigiendo posturas en tiempo real. El asistente virtual valida estas acciones y las envía a **Azure Machine Learning**, que entrena modelos (99% precisión) para predecir riesgos (ej. sobreesfuerzo) y optimizar ejercicios. **Azure Cognitive Services** procesa datos de movimiento y vitales, refinando la retroalimentación. Este flujo asegura una rehabilitación precisa y adaptativa.

#### Capa de Ejecución

Los brazos ajustables ( $\pm 0.5^\circ$ ) guían al paciente, mientras el monitor multiparámetro básico muestra signos vitales (SpO2, FC). La pantalla táctil ofrece instrucciones visuales y motivación, y el equipo médico recibe informes automáticos vía asistente virtual. Esta ejecución coordinada mejora la adherencia del paciente y la supervisión profesional.

#### Capa de Seguridad y Cumplimiento

**Microsoft Entra ID** autentica al personal con SSO (GDPR Art. 32), y **Azure Key Vault** cifra datos con AES-256 (GDPR Art. 9). **Azure Blob Storage** almacena registros (20 GB/paciente) de forma segura, mientras **Microsoft Sentinel** monitorea amenazas (ISO 27701). **Azure Policy** aplica GDPR y HL7 FHIR, **Azure Digital Twins** simula rutinas para optimización, y **HL7 FHIR** integra datos con la HCE en <1 s. **ISO 27701** asegura normas sanitarias, protegiendo la privacidad y trazabilidad.

#### Capa de Infraestructura

**Azure IoT Hub** gestiona comunicación segura (5,000 mensajes/s), **Azure Kubernetes Service** escala recursos en <5 min, **Azure Synapse Analytics** analiza datos para insights clínicos (GDPR Art. 13), y **Azure Functions** envía alertas en <1 s (ej. SpO2 <90%). Esta infraestructura robusta soporta operaciones continuas y escalables.

# Robots de Asistencia en Rehabilitación Postoperatoria

## Integración con el Hospital Ada Lovelace

El robot se conecta mediante el ID único, integrándose con la HCE para actualizar progresos en tiempo real vía HL7 FHIR. Colabora con la Camilla Robotizada (traslados), el Sistema de Diagnóstico Molecular (datos clínicos) y el departamento de rehabilitación, reduciendo visitas presenciales en un 60% y optimizando flujos postoperatorios mientras cumple con normativas de la UE y estándares sanitarios.

## Desglose Operativo y Funcional

El **Robot de Asistencia en Rehabilitación Postoperatoria** es un sistema robótico avanzado diseñado para guiar a los pacientes en su recuperación física tras cirugías en el Hospital Ada Lovelace. Vinculado al ID único del paciente (RFID/NFC/código QR), accede a la Historia Clínica Electrónica (HCE) en menos de 1 segundo para personalizar rutinas de ejercicios según el tipo de cirugía (e.g., ortopédica, cardíaca) y el estado del paciente. Equipado con sensores de movimiento y dispositivos médicos integrados como acelerómetros, giróscopos y un monitor multiparámetro básico, el robot corrige posturas en tiempo real, motiva al paciente y genera informes automáticos para el equipo médico. Su diseño ergonómico y capacidades de IA aseguran una rehabilitación eficiente y segura.

*Ejemplo práctico:* Un paciente post-cirugía de rodilla realiza ejercicios guiados; el robot detecta una postura incorrecta, ajusta la rutina y notifica al fisioterapeuta un progreso del 80% en movilidad tras 10 días.

### Funcionalidades Principales

El robot ofrece rutinas de ejercicios personalizadas utilizando datos de la HCE y sensores de movimiento ( $\pm 0.5^\circ$  precisión en acelerómetros/giróscopos), adaptándose al estado físico del paciente. Integra un **monitor multiparámetro básico** para vigilar signos vitales (frecuencia cardíaca, SpO2) y un **electroestimulador muscular (TENS/EMS)** para aliviar dolor o estimular músculos. La retroalimentación en tiempo real se muestra en una pantalla táctil, corrigiendo posturas o motivando al paciente, mientras un **espirómetro computarizado** mide la capacidad pulmonar en casos respiratorios. Informes automáticos detallan avances al equipo médico, optimizando la supervisión.

*Ejemplo:* Tras una cirugía torácica, el robot guía ejercicios respiratorios con el espirómetro, ajustando intensidad si SpO2 cae por debajo del 95%.

### Gestión de Emergencias Específicas

El sistema está preparado para situaciones críticas:

- **Sobre esfuerzo:** Detecta FC  $>120$  lpm (sensor HRM), pausa ejercicios y notifica en  $<1$  s.
- **Dolor Agudo:** Identifica tensión muscular ( $\pm 0.1$  N, sensores de fuerza), aplica TENS y alerta en  $<1$  s.
- **Fallo Respiratorio:** Monitorea SpO2  $<90\%$  (pulsioxímetro), sugiere oxigenación y avisa en  $<1$  s.
- **Caída del Paciente:** Acelerómetros ( $\pm 0.5^\circ$ ) detectan desequilibrio, activa alarma y notifica en  $<500$  ms.
- **Fallo Técnico:** Sensores piezoeléctricos identifican mal funcionamiento, pausa y alerta en  $<1$  s.
- **Batería Baja:** Prioriza funciones críticas y notifica en  $<3$  s.
- **Ambiente Inadecuado:** Detecta CO2  $>1000$  ppm (sensor de calidad del aire), ajusta ventilación y avisa en  $<1$  s.

### Interacción con Equipos Médicos

# Robots de Asistencia en Rehabilitación Postoperatoria

- **Monitor Multiparámetro:** Sincroniza signos vitales en tiempo real.
- **Electroestimulador (TENS/EMS):** Aplica terapia muscular bajo supervisión.
- **Espirómetro Computarizado:** Evalúa función pulmonar.
- **Sistema de HCE:** Envía informes automáticos al departamento de rehabilitación.
- **Camilla Robotizada:** Coordina traslados post-rehabilitación.  
*Ejemplo:* En rehabilitación cardíaca, el robot ajusta ejercicios según datos del monitor y reporta al cardiólogo avances en capacidad aeróbica.

## Sensores del Dispositivo

- **Acelerómetros y Giróscopos:**  $\pm 0.5^\circ$ , seguimiento de movimiento y postura.
- **Pulsioxímetro:**  $\pm 1\%$  SpO<sub>2</sub>, monitoreo de oxigenación.
- **Sensor de Frecuencia Cardíaca (HRM):**  $\pm 1$  lpm, control cardiovascular.
- **Sensores de Fuerza:**  $\pm 0.1$  N, detección de tensión muscular.
- **Cámara 360°:** 4K, FOV 180°, monitoreo visual del paciente.
- **Sensor de Calidad del Aire:** CO<sub>2</sub> <1000 ppm, PM<sub>2.5</sub> <10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguridad ambiental.
- **Tecnología BLE:** Conexión con wearables para datos adicionales.

## Detección de Anomalías

La IA procesa datos cada 50 ms (sensibilidad 99%), prediciendo riesgos como sobreesfuerzo o fallos técnicos. Responde en <1 s con ajustes (pausa, cambio de rutina) o alertas al equipo médico, asegurando seguridad y eficacia.

## Materiales y Diseño

- **Estructura:** Polímero médico y aluminio (25 kg), resistente a desinfección.
- **Diseño:** Robot móvil (0.6 m<sup>2</sup>) con pantalla táctil de 10", brazos ajustables y base estable.

## Módulo de Comunicación Integrado

- **CPU:** 8 núcleos, 2.5 GHz, 16 GB RAM.
- **Conectividad:** 5G (<10 ms latencia), Wi-Fi 6, BLE.
- **Batería:** 12 h, 4000 mAh.

## Resiliencia

- **Autonomía:** 12 h con batería de respaldo.
- **Redundancia:** Doble procesador y sensores.
- **Uptime:** 99.99%.

## Beneficios Específicos

- Acelera la recuperación en un 50%.

# Robots de Asistencia en Rehabilitación Postoperatoria

- Reduce visitas presenciales en un 60%.
- Mejora resultados en un 70%.
- Disminuye carga del personal en un 40%.

## Integración con Tecnología Azure

- **Azure IoT Hub:** Gestiona 5,000 mensajes/s para datos en tiempo real.
- **Azure Machine Learning:** Entrena modelos (99% precisión) para personalizar ejercicios.
- **Azure Cognitive Services:** Analiza datos de movimiento y vitales.
- **Azure Synapse Analytics:** Procesa informes para insights clínicos.
- **Azure Kubernetes Service:** Escala recursos en <5 min.
- **Azure Functions:** Alertas en <1 s ante emergencias.
- **Azure Blob Storage:** Almacena datos (20 GB/paciente) con cifrado AES-256.
- **HL7 FHIR:** Integra con HCE en <1 s.

El robot se conecta al Hospital Ada Lovelace mediante el ID único, colaborando con la Camilla Robotizada y el Sistema de Diagnóstico Molecular, optimizando la rehabilitación postoperatoria con un enfoque eficiente y personalizado.