

# RehArkanoid: Arduino as a low-cost videogame controller for a Serious Game

Gregorio Soria Tirado<sup>1</sup>, Lidia Ortega Alvarado<sup>1</sup>, Félix Paulano Godino<sup>1</sup>, Francisco Feito Higaruela<sup>1</sup>, Matías Montávez Sánchez

<sup>1</sup>Universidad de Jaén

---

## Abstract

*Serious games have been introduced in many areas, especially in training but also in rehabilitation of patients. In this paper we describe the use of Arduino cheap technology to help in wrist rehabilitation. The objective consist of monitoring the patient's wrist movements while playing with a video game. The game has been implemented using the free distribution of the video-game engine Unity.*

Categories and Subject Descriptors (according to ACM CCS): I.3.4 [Computer Graphics]: Graphics Utilities —Virtual device interfaces

---

## 1. Introducción

El objetivo de éste artículo es dar una visión de la aplicabilidad de los videojuegos en la rehabilitación de lesiones, concretamente en las lesiones de la muñeca.

Para ello nos basamos en los movimientos inherentes a un juego, es decir, cualquier juego que se precie hoy en día requiere de una interacción con el jugador, y esa interacción en la mayor parte de los casos se hace mediante movimientos.

Si miramos hacia sistemas controladores habituales, la gran mayoría no pueden ser usado con éste fin debido a factores de tamaño y falta de componentes. Es por esto que presentamos la posibilidad de usar Arduino en conjunto con algunos sensores como controlador de videojuegos y que además tenga otras finalidades a parte de la diversión.

Por ello nos planteamos éste trabajo como un Serious Game, el objetivo no es el entretenimiento, sino lo que queda oculto detrás del videojuego. Usando éste tipo de videojuegos conseguimos tener al usuario motivado mientras que realiza la rehabilitación de la muñeca. Dos características de los Serious Games son:

1. La mayor parte de usuario potenciales no disponen del último hardware del mercado, un motivo de esto es la economía.
2. No importa la calidad visual del videojuego, se debe centrar la atención en los elementos que están en el trasfondo de éste.

Es por el primer motivo por lo que se ha decidido usar Arduino como sistema controlador acompañado de un acelerómetro. El coste de esta placa programable es bajo y puede ser comprada en multitud de portales web. De igual manera, el coste de los sensores también es bajo, facilitando así el uso a gran parte de la población.

Otra ventaja es la facilidad de realizar las conexiones necesarias para la comunicación de ambos elementos.

Observando el segundo motivo nos damos cuenta de que no se debe desarrollar un gran juego. Para nuestro caso, se ha decidido usar el clásico videojuego Arkanoid, donde existen unos ladrillos en la parte superior de la pantalla, una bola que rebota por el mapa y una pala en la parte inferior de la pantalla que es controlada por el usuario que intenta destruir los ladrillos al mismo tiempo que evita que la bola caiga. El movimiento de éste último elemento será controlado con Arduino.

En el segundo apartado podremos ver los antecedentes de la rehabilitación respecto a otros sistemas existentes. Tras éste apartado se repararán los ejercicios existentes de rehabilitación. Después llegaremos a la definición del Middleware y tecnologías que hemos usado para terminar con las rutinas de rehabilitación mediante un Serious Game, nuestro trabajo.

## 2. Antecedentes

El uso de la informática en la rehabilitación de distintas partes del cuerpo ya han sido abordados anteriormente usando otras tecnologías. Por ejemplo [HMKK14], [MA14], [MGAJ14] usan robots con la misma finalidad que nuestro sistema, pero el problema es que no cualquier persona es capaz de tener esa máquina en casa además del alto coste que supone para una empresa, tanto para armarla como para la compra de los componentes. Otro problema es que pueden forzar al usuario a hacer movimientos que no esté preparado si se establece una configuración equivocada.

En [DDS15] se trabaja con un hardware que baja el coste del proyecto haciendo que sea más económico para una empresa pero

aún manteniendo un alto coste para cualquier usuario particular. El software que utiliza éste sistema se basa también en controlar los movimientos, no en divertir al usuario.

Por último en [ETK14] se utiliza el controlador WiiMote para la rehabilitación de distintas partes del cuerpo. Éste sistema es el más barato de los citados anteriormente aunque aún sigue siendo más caro que nuestro sistema, teniendo en cuenta también que es más difícil de programar y que es un sistema propietario.

Lo que tienen en común todos los sistemas nombrados excepto en el trabajo de [ETK14] respecto a nuestro sistema es que ninguno de ellos proporciona una motivación al usuario, son sistemas de control. Esto hace que gran cantidad de pacientes abandonen la terapia en las primeras semanas ya que se hace monótono.

Es por esto que nuestro trabajo está basado en un Serious Game, haciendo así que el paciente se sienta motivado con los retos que se le proponen a través de éste.

### 3. Ejercicios de rehabilitación

En éste apartado nos centraremos en lesiones que pueden ser rehabilitadas mediante métodos de fisioterapia. En primer lugar hay que tener en cuenta que la recuperación inicial de una lesión de muñeca puede tardar 6 semanas o más y en la mayor parte de los casos se va a necesitar fisioterapia por especialistas acompañada de rehabilitación autónoma por parte del lesionado.

Según [oOS13] se debe comenzar a trabajar con un fisioterapeuta tan pronto como lo recomiende su médico y dependiendo de la lesión puede llevar de unos cuantos meses a un año para que su muñeca recupere por completo su funcionamiento. Algunas personas tienen rigidez y dolor en la muñeca por el resto de su vida.

A continuación se van a presentar algunos ejercicios autónomos recomendados por [edrymf] y [edcoyt] en rehabilitación de una lesión de muñeca.

1. **Flexo tensión de muñeca:** El paciente realiza movimientos hacia arriba y hacia abajo que permitan un movimiento vertical de los huesos de la muñeca.
2. **Movilidad lateral de la muñeca:** Movimientos laterales hacia derecha e izquierda de la articulación.
3. **Rotación:** Consiste en movimientos rotatorios de la articulación tanto hacia la derecha como hacia la izquierda.

### 4. Middleware y tecnologías

A continuación se hablará sobre el hardware y el software utilizado para la consecución del proyecto. En la Tabla 1 se especifica el presupuesto de los materiales usados. En la Tabla 2 se indica el peso de los componentes con el fin de controlar que el paciente no sufra molestia alguna en la rehabilitación.

#### 4.1. Acelerómetro

Un sensor de acelerómetro proporciona información sobre la velocidad del movimiento en los ejes X, Y, Z influenciados por la fuerza de la gravedad.

Para nuestro proyecto se ha utilizado el modelo ADXL335, lo

Material	Precio total	Unidades
Placa Arduino UNO R3	6.5	1
Acelerómetro ADXL335	1.49	1
Cableado	0.75	5
Breadboard	0.47	1
Total	9.21 euros	

Table 1: Presupuesto

Material	Peso (g)
Placa Arduino UNO R3	4
Acelerómetro ADXL335	1.27
Breadboard	1.4
Total	6.27

Table 2: Pesos de los materiales

podemos ver en la Figura 1. Éste sensor nos proporciona valores para los tres ejes que varían en un rango de 265 y 402. Por lo tanto estos datos deberán ser transformados antes de ser enviados al videojuego.

#### 4.2. Arduino UNO R3

Arduino es una placa electrónica bajo licencia open-source y que está compuesta por circuitos impresos, un microcontrolador y un entorno de desarrollo. A través de éste último se programan programas que interactúan con los sensores conectados a la placa.

Se ha utilizado éste tipo de hardware debido a sus principales características:

1. **Bajo coste** tanto de la placa como de los sensores

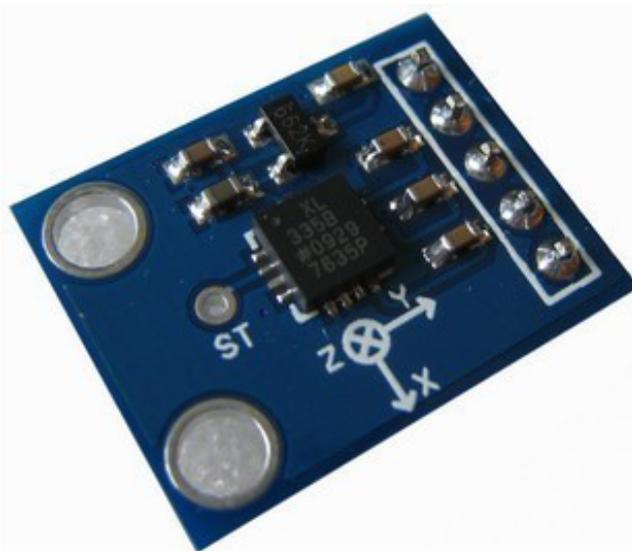
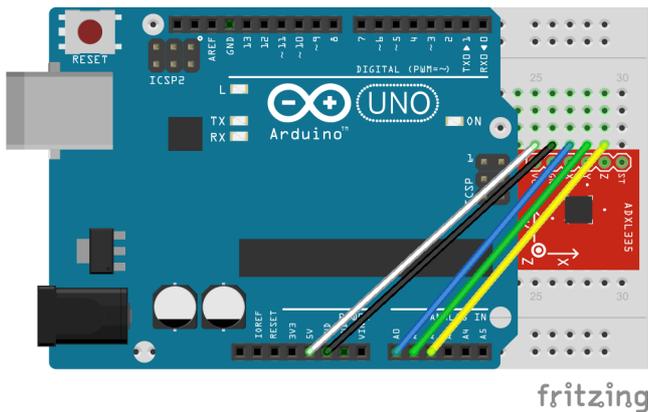


Figure 1: Acelerómetro ADXL335



**Figure 2:** Conexión de Arduino al acelerómetro mediante una breadboard

2. **Flexibilidad** para conectarse con distintos dispositivos mediante diferentes protocolos
3. **Multitud de sensores**, haciendo así que Arduino tenga una infinidad de utilidades

En la Figura 2 vemos la conexión de Arduino y el sensor de acelerómetro.

Como se ha comentado en la Sección 4.1, Arduino será el encargado de transformar los datos del sensor, preprocesarlos y enviarlos a Unity para provocar el movimiento de la pala. Las tareas de Arduino serían las siguientes:

1. Cada 5 milisegundos leer los datos proporcionados por el acelerómetro
2. Mapear los valores recogidos en un rango de -90 y 90
3. Enviar los valores mediante el puerto USB

La elección de enviar cada 5 milisegundos los datos a Unity ha sido probado de forma experimental ya que si se enviaban los datos a la velocidad de Arduino bajaban considerablemente los FPS del videojuego, por el contrario, si aumentáramos el tiempo de envío se perdían movimientos del usuario.

### 4.3. Unity

Se ha usado Unity como motor gráfico debido a que es capaz de leer valores del puerto USB, proporcionando así una interfaz de comunicación con Arduino. Entonces, el trabajo de Unity será leer los valores que lee desde el puerto serie y transformarlos en el movimiento de pala, además de controlar las reglas del juego.

A través de éste software se ha desarrollado la mecánica del juego, es decir, controlar que la pala no salga de sus límites, que la bola rebote en los elementos y la creación y destrucción de los bloques.

## 5. Rutina de rehabilitación mediante Serious Game

Como norma general el sistema está pensado para una duración de 10 semanas, repitiendo diariamente el nivel correspondiente a la

semana de rehabilitación donde el paciente se encuentre. Su recorrido será la superación de esos niveles con respecto a cada una de las semanas.

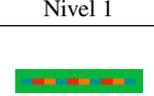
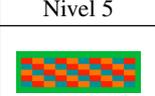
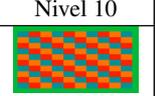
Así, si un paciente solamente requiere 5 semanas de recuperación comenzará el tratamiento en el nivel 6 por ejemplo.

En éste punto hemos definido tres ejercicios básicos que permiten una rehabilitación autónoma en casa de lesiones de muñeca, según [oOS13] es recomendable realizar al menos 10 repeticiones de cada ejercicio al menos una vez al día, durante un minuto mínimo, teniendo en cuenta que la intensidad del giro o movimiento debe ser mayor cuánto más tiempo llevemos realizando la rehabilitación.

Se utilizará una cinta para unir Arduino con la muñeca del paciente, así aprovechamos el movimiento de éste para la rehabilitación de la misma.

Se ha tomado éste como punto de partida junto con lo que indicamos anteriormente que la rehabilitación puede durar hasta 6 semanas para la creación de un juego serio que permita realizar los movimientos y rutinas descritas anteriormente de la siguiente forma:

- **Recreación del movimiento:** la mano del jugador será el mando del juego, y su movimiento el que haga desplazarse la pala del Arkanoïd a izquierda o derecha de forma que se definen tres modos de juego:
  - **Modo 1 (flexo extensión):** movimiento hacia arriba de la mano implica un movimiento hacia la derecha de la pala, movimiento hacia abajo de la mano implica movimiento hacia la izquierda de la pala.
  - **Modo 2 (movimiento lateral):** movimiento hacia la derecha de la mano implica un movimiento hacia la derecha de la pala, movimiento hacia la izquierda de la mano, implica movimiento hacia la izquierda de la pala.
  - **Modo 3 (rotación):** éste ha sido el implementado en la demo presentada ya que es el único que representa el movimiento natural del videojuego e implica: movimiento de la pala hacia la derecha, con una rotación de la mano a la derecha y movimiento hacia la izquierda con una rotación hacia la izquierda.
- **Repeticiones y rutina:** una rehabilitación estándar consiste en repeticiones de al menos 10 veces cada uno de los tres ejercicios, con una ampliación de la intensidad progresivamente durante al menos 6 semanas. Esta rutina se realiza en el juego mediante:
  - **Filas de 10 bloques:** como mínimo se tendrán que destruir 10 bloques en el nivel más básico, lo que implica como mínimo 5 movimientos hacia la izquierda (y su retorno a la derecha o viceversa) en el mejor de los casos.
  - **Niveles de dificultad:** la recuperación consiste en al menos 6 semanas. Para cada semana se propone un nivel distinto de dificultad con un número determinado de filas de bloques a destruir, así en la primera semana tendremos una fila de 10 bloques, en la segunda 2 filas de 10 bloques y así sucesivamente. Vemos la progresión en la Tabla 3
  - **Aumento de la intensidad:** esta tercera premisa de la rutina de rehabilitación se ha implementado mediante dos aproximaciones relacionadas con cada uno de los niveles de dificultad: disminución del tamaño de la pala según aumenta el

Nivel 1	Nivel 5	Nivel 10
		

**Table 3:** Número de bloques totales según el nivel.

Nivel 1	Nivel 5	Nivel 10
		

**Table 4:** Número de bloques totales según el nivel.

nivel y disminución del factor del movimiento, es decir, a mayor nivel el movimiento debe ser mayor para desplazar la pala. Un ejemplo de esto se puede observar en la Tabla 4

Con el fin de proporcionar una motivación al usuario, se ha implementado la siguiente economía del juego:

- 10 puntos positivos por cada bloque que el usuario destruya
- 5 puntos negativos si el usuario realiza un movimiento erróneo, es decir si el usuario está realizando un ejercicio de rotación entorno al eje Y y se realiza una rotación excesiva en el eje X, significa que el jugador no está realizando de forma correcta el ejercicio, por tanto le penalizaremos.
- El usuario empieza con 3 vidas, por cada bola perdida se restará una.

El resultado final del juego lo podemos ver en la Figura 3. Por último en la Figura 4 vemos a un usuario utilizando el sistema controlador resultante de éste trabajo.

## 6. Trabajos Futuros y Conclusiones

Con un sencillo y económico sistema de una placa hardware con un microcontrolador y un sensor de aceleración podemos ayudar a la rehabilitación de un usuario.

El sistema presentado tiene, por su sencillez, una serie de limitaciones, y es por ejemplo la rutina de rehabilitación. Si un paciente requiere una rehabilitación más compleja que requiera un mayor control del movimiento ya no estaría contemplado en esta aplicación. Por ejemplo: una rutina de rehabilitación que incluya el control y monitorización del movimiento de cada uno de los dedos, con un acelerómetro no sería posible su implementación.



**Figure 3:** Pantalla del videojuego



**Figure 4:** Usuario probando el sistema

Además se podría prescindir del cable de USB que conecta Arduino con el ordenador mediante el uso de baterías y de un sensor bluetooth aumentando el presupuesto 6.47 euros más.

Los usuarios que han probado este sistema quedan satisfechos con la forma de interactuar con el videojuego y además lo utilizarían en el caso de necesitar una rehabilitación de muñeca ya que se han sentido motivados a la hora de divertirse a la vez que recuperar la movilidad.

Este tipo de limitaciones se ven subsanadas en el momento que dotamos al sistema de más sensores de aceleración que sean capaces de recoger los movimientos de varios puntos del cuerpo para generar un movimiento común.

Con esto dejamos abierta la posibilidad de aplicar Arduino con otros sensores para otros fines como son sistemas de realidad virtual, videojuegos destinados a entretenimiento con el fin de aumentar la inmersión del usuario.

Los trabajos futuros se dirigen hacia esta última línea de investigación, Hoy en día existen videojuegos con unas imágenes bastante realistas pero siguen careciendo del realismo sobre el movimiento del personaje a controlar yendo más allá de un simple controlador. Una posibilidad de esto es usar conjuntamente joysticks, botones alrededor del cuerpo y más acelerómetros.

## References

- [DDS15] DANIELA D'AURIA F. P., SICILIANO B.: A low-cost haptic system for wrist rehabilitation. *Information Reuse and Integration (IRI), 2015 IEEE International Conference on* (Aug 2015), 491–495. doi: 10.1109/IRI.2015.81.1
- [edcoyt] ESPAÑOLA DE CIRUGÍA ORTOPÉDICA Y TRAUMATOLOGÍA S.: URL: <http://www.secot.es/>. 2
- [edrymf] ESPAÑOLA DE REHABILITACIÓN Y MEDICINA FÍSICA S.: URL: <http://www.sermeef-ejercicios.org>. 2
- [ETK14] EMMANUEL TSEKLEVES IOANNIS THEOKLITOS PARASKEVOPOULOS A. W., KILBRIDE C.: Development and preliminary evaluation of a novel low cost vr-based upper limb stroke rehabilitation platform using wii technology. *Disabil Rehabil Assist Technol* (Nov 2014). doi:10.3109/17483107.2014.981874. 2
- [HMKK14] H. M. KIM T. K. H., KIM G. S.: Design of a wrist rotation rehabilitation robot. *Cyber Technology in Automation, Control, and*

*Intelligent Systems (CYBER)*, 2014 IEEE 4th Annual International Conference on (Jun 2014). doi:[10.1109/CYBER.2014.6917468](https://doi.org/10.1109/CYBER.2014.6917468). 1

- [MA14] MURAT ATLIHAN ERHAN AKDOĞAN M. S. A.: Development of a therapeutic exercise robot for wrist and forearm rehabilitation. *Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)*, 2014 19th International Conference On (Sep 2014), 52–57. doi:[10.1109/MMAR.2014.6957324](https://doi.org/10.1109/MMAR.2014.6957324). 1
- [MGAJ14] MILTON GONZALO ACOSTA JARRÍN FLAVIO MINOS PINEDA LÓPEZ P. G. M. C. S. C. V. G.: Functional elbow and wrist rehabilitation prototype controlled by computer. *2014 XIX Symposium on Image, Signal Processing and Artificial Vision* (Sep 2014), 1–5. doi:[10.1109/STSIVA.2014.7010169](https://doi.org/10.1109/STSIVA.2014.7010169). 1
- [oOS13] OF ORTHOPAEDIC SURGEONS A. A.: Orthoinfo: Distal radius fractures (broken wrist), 2013. URL: <http://orthoinfo.aaos.org/topic.cfm?topic=a00412>. 2,3