

**INCIDENCIA DE UN CONTROL DE DIFICULTAD AUTOMÁTICO EN
APLICACIONES DE REALIDAD VIRTUAL PARA REHABILITACIÓN
MOTRIZ DEL MIEMBRO SUPERIOR.**



ANEXOS

YESSICA MARÍA VALENCIA LEMOS
JHON JAMILTON MAJIN ERAZO

Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control
Ingeniería en Automática Industrial
Popayán, 2018

**INCIDENCIA DE UN CONTROL DE DIFICULTAD AUTOMÁTICO EN
APLICACIONES DE REALIDAD VIRTUAL PARA REHABILITACIÓN
MOTRIZ DEL MIEMBRO SUPERIOR.**



ANEXOS

Yessica María Valencia Lemos

Jhon Jamilton Majin Erazo

Director: M.Sc. Diego Enrique Guzmán Villamarín

Codirector: M.Sc. Jerónimo Londoño Prieto

Codirector: Esp. Vladimir Trujillo Arias

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control

Ingeniería en Automática Industrial

Popayán, 2018

Tabla de contenido

Lista de figuras	II
Lista de tablas	IV
Anexos	2
A. Clasificación de metodologías ágiles	3
B. Historias de usuario	7
C. Datos para el diseño del controlador	13
D. Implementación de los controladores en lenguaje C#	32
E. Manual de usuario	42
Bibliografía	55

Lista de figuras

D.1. Esquema de implementación de los controladores utilizando el Toolbox Simulink de Matlab.	33
D.2. Subsistema controlador mano derecha.	33
D.3. Subsistema controlador mano izquierda.	33
D.4. Evaluación de la primera regla.	36
D.5. Agregación de la salida.	36
D.6. Agregación de la salida método LOM.	37
D.7. Agregación de la salida, coordenadas de un punto.	37
E.1. Propiedades del equipo.	43
E.2. Asistente de descarga de <i>Leap Motionl</i>	44
E.3. Asistente de instalación.	44
E.4. Icono de <i>Leap Motion</i>	45
E.5. Opciones de <i>Leap Motion</i>	45
E.6. Estado del dispositivo	46
E.7. Ejecutable.	46
E.8. Interfaz de configuración.	47
E.9. Ventana principal.	47
E.10. Interfaz para registrar paciente.	48
E.11. Tutorial	49
E.12. Prueba tutorial en ejecución.	49

E.13.Repetir la prueba tutorial.	50
E.14.Interfaz configuración del juego manual.	50
E.15.Ejecución del juego configurado manualmente.	51
E.16.Fin de juego.	51
E.17.Puntaje.	52
E.18.Archivo txt.	52
E.19.Interfaz para seleccionar la mano.	53
E.20.Juego nivel inicial.	53
E.21.Tiempo de descanso: a) Interfaz de descanso para el usuario., b) Continuar con la prueba automática.	54
E.22.Interfaz fin del juego automatico.	54

Lista de tablas

A.1. Valoración del Uso.	4
A.2. Valoración de la Capacidad de agilidad.	4
A.3. Valoración de la Aplicación.	4
A.4. Valoración de los procesos y productos.	5
A.5. Clasificación de metodologías ágiles. Fuente [1].	5
A.6. Metodología ágil adecuada para el proyecto.	6
B.1. Historia de usuario 1 y 2.	8
B.2. Historia de usuario 3 y 4.	9
B.3. Historia de usuario 5 y 6.	10
B.4. Historia de usuario 7 y 8.	11
B.5. Historia de usuario 9.	12
C.1. Tiempo Prueba 1 mano derecha (1)	14
C.2. Tiempo Prueba 1 mano derecha (2)	15
C.3. Tiempo Prueba 1 mano izquierda (1)	16
C.4. Tiempo Prueba 1 mano izquierda (2)	17
C.5. Distribución Tiempo Total P1 con mano derecha	18
C.6. Distribución Tiempo Total P1 con mano izquierda	19
C.7. Tiempo desaparición Prueba 1 con mano derecha (1)	20
C.8. Tiempo desaparición Prueba 1 con mano derecha (2)	21

LISTA DE TABLAS

1

C.9. Tiempo desaparición Prueba 1 con mano izquierda (1)	22
C.10.Tiempo desaparición Prueba 1 con mano izquierda (2)	23
C.11.Distribución Tiempo Desapar P 1 con mano derecha	24
C.12.Distribución Tiempo Desapar P 1 con mano izquierda	25
C.13.Porcentaje de Acierto Prueba 2 (1)	26
C.14.Porcentaje de Acierto Prueba 2 (2)	27
C.15.Porcentaje de Acierto Prueba 2 (3)	28
C.16.Distribución de los datos para el porcentaje de acierto	28
C.17.Tiempo Promedio Ingreso CU P2 (1)	29
C.18.Tiempo Promedio Ingreso CU P2 (2)	30
C.19.Tiempo Promedio Ingreso CU P2 (3)	31
C.20.Distribución de los datos para el tiempo promedio.	31

Anexos

Anexo A

Clasificación de metodologías ágiles

Framework para la clasificación de metodologías ágiles

Esta metodología clasifica los métodos a través de cuatro puntos de vista: uso, capacidad de agilidad, aplicación, procesos y productos. Cada punto de vista se caracteriza por un conjunto de atributos, en este proyecto se escogieron los mas relevantes:

1. **Uso:** Refleja por qué utilizar metodologías ágiles. Los atributos a evaluar son:
 - Satisfacción del usuario final
 - El respeto de las fechas de entrega
 - Cumplimiento de los requisitos
2. **Capacidad de agilidad:** Representa cuál es la parte ágil de la metodología. Atributos a evaluar:
 - Colaboración
 - Los requisitos funcionales pueden cambiar
 - Los recursos humanos pueden cambiar
 - Nivel de intercambio de conocimientos (baja, alta)
 - Los requisitos no funcionales pueden cambiar
 - Centrado en las personas
 - Iteraciones cortas
3. **Aplicación:** El objetivo de esta vista es mostrar el impacto de los aspectos ambientales en el método. Atributos a evaluar:
 - Grado de interacción entre los miembros del equipo (baja, alta)

- El grado de interacción con el cliente (baja, alta)
- La complejidad del proyecto (baja, alta)
- Tamaño del proyecto (pequeño, grande)
- La organización del equipo (auto-organización, la organización jerárquica)
- El tamaño del equipo (pequeño, grande)

4. **Procesos y productos:** La vista de los procesos y productos representa cómo se caracteriza la metodología. Atributos a evaluar:

- Definición de requisitos
- Código
- Pruebas unitarias
- Pruebas de integración
- Pruebas del sistema
- Ejecutable

Con lo anterior se resolvió el siguiente formulario:

Tabla A.1: Valoración del Uso.

Uso Verdadero (V) o (F) en cada una de las premisas		
	Premisa	Respuesta
1	Satisfacción del usuario final	V
2	El respeto de las fechas de entrega	V
3	Cumplimiento de los requisitos	V

Tabla A.2: Valoración de la Capacidad de agilidad.

Capacidad de agilidad Verdadero (V) o (F) en cada una de las premisas		
	Premisa	Respuesta
1	Colaboración	V
2	Los requisitos funcionales pueden cambiar	V
3	Los recursos humanos pueden cambiar	F
4	Nivel de intercambio de conocimientos (baja, alta)	alta
5	Requisito no funcional puede cambiar	V
6	Centrado en las personas	V
7	Iteraciones cortas	V

Tabla A.3: Valoración de la Aplicación.

Aplicación Verdadero (V) o (F) en cada una de las premisas		
	Premisa	Respuesta
1	Grado de interacción entre los miembros del equipo (baja, alta)	alta
2	El grado de interacción con el cliente (baja, alta)	alta
3	La complejidad del proyecto (baja, alta)	baja
4	Tamaño del proyecto (pequeño, grande)	pequeño
5	La organización del equipo (auto-organización, la organización jerárquica)	auto-org
6	El tamaño del equipo (pequeño, grande)	pequeño

Tabla A.4: Valoración de los procesos y productos.

Procesos y productos		
Verdadero (V) o (F) en cada una de las premisas		
	Premisa	Respuesta
1	Definición de requisitos	V
2	Código	V
3	Pruebas unitarias	V
4	Pruebas de integración	V
5	Pruebas del sistema	F
6	Ejecutable	V

Los datos extraídos del anterior formulario se compararon con la clasificación de las diferentes metodologías que se muestran en la tabla A.5.

Tabla A.5: Clasificación de metodologías ágiles. Fuente [1].

			Metodologías ágiles			
			Orientada al desarrollo software		Orientada a la gestión de proyectos	
			XP	SCRUM	KANBAN	SCRUMBAN
Uso	¿Por qué utilizar un método ágil?	Satisfacción del usuario final	F	V	F	F
		Respeto de las fechas de entrega	F	V	F	F
		Cumplimiento de los requisitos	V	V	V	V
Capacidad de agilidad	¿Cuál es la parte de agilidad incluida en el método?	Colaboración	V	V	V	V
		Los requisitos funcionales pueden cambiar	V	V	V	V
		Los recursos humanos pueden cambiar	V	F	V	V
		Nivel de intercambio de conocimientos (baja, alta)	alto	bajo	bajo	bajo
		Los requisitos no funcionales pueden cambiar	F	F	V	V
		Centrado en las personas	V	V	V	V
		Iteraciones cortas	V	V	V	V
Aplicabilidad	¿Cuándo un ambiente es favorable para usar este método?	Grado de interacción entre los miembros del equipo (baja, alta)	alta	alta	baja	alta
		El grado de interacción con el cliente (baja, alta)	alta	alta	baja	alta
		La complejidad del proyecto (baja, alta)	baja	alta	baja	alta
		Tamaño del proyecto (pequeño, grande)	pequeño	grande/pequeño	pequeño	grande/pequeño
		La organización del equipo (auto-organización, la organización jerárquica)	auto-orga	auto-orga	auto-orga	auto-orga
		El tamaño del equipo (pequeño, grande)	pequeño	pequeño	pequeño	pequeño
Procesos y productos	¿Cómo están caracterizados los procesos del método?	Definición de requisitos	V	V	F	V
		Código	V	V	V	V
		Pruebas unitarias	V	V	V	V
		Pruebas de integración	V	V	V	V
		Pruebas del sistema	V	F	V	V
		Ejecutable	V	V	V	V

Al realizar la comparación del formulario con la clasificación de las metodologías se obtuvo la tabla A.6, en donde se evidencia que la metodología *Scrum* predomina sobre las demás metodologías comparadas.

Tabla A.6: Metodología ágil adecuada para el proyecto.

		Metodologías ágiles				
		Orientada al desarrollo software	Orientada a la gestión de proyectos			
			XP	SCRUM	KANBAN	SCRUMBAN
Uso	¿Por qué utilizar un método ágil?	Satisfacción del usuario final	0	1	0	0
		Respeto de las fechas de entrega	0	1	0	0
		Cumplimiento de los requisitos	1	1	1	1
Capacidad de agilidad	¿Cuál es la parte de agilidad incluida en el método?	Colaboración	1	1	1	1
		Los requisitos funcionales pueden cambiar	1	1	1	1
		Los recursos humanos pueden cambiar	0	1	0	0
		Nivel de intercambio de conocimientos (baja, alta)	1	0	0	0
		Los requisitos no funcionales pueden cambiar	0	0	1	1
		Centrado en las personas	1	1	1	1
		Iteraciones cortas	1	1	1	1
		Grado de interacción entre los miembros del equipo (baja, alta)	1	1	0	1
Aplicabilidad	¿Cuándo un ambiente es favorable para usar este método?	El grado de interacción con el cliente (baja, alta)	1	1	0	1
		La complejidad del proyecto (baja, alta)	1	0	1	0
		Tamaño del proyecto (pequeño, grande)	1	1	1	1
		La organización del equipo (auto-organización, la organización jerárquica)	1	1	1	1
		El tamaño del equipo (pequeño, grande)	1	1	1	1
		Definición de requisitos	1	1	0	1
Procesos y productos	¿Cómo están caracterizados los procesos del método?	Código	1	1	1	1
		Pruebas unitarias	1	1	1	1
		Pruebas de integración	1	1	1	1
		Pruebas del sistema	0	1	0	0
		Ejecutable	1	1	1	1
		TOTAL:	17	19	14	16

Anexo B

Historias de usuario

En este anexo se presentan las historias de usuario desarrolladas para este proyecto:

Tabla B.1: Historia de usuario 1 y 2.

Enunciado de la Historia				Criterios de Aceptación				
Identificador (ID) de la Historia	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	Numero (#) de Escenario	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
C01	Yo como fisioterapeuta.	Quiero que el producto tenga un ambiente de naturaleza selvática.	Con la finalidad de crear un ambiente agradable y motivacional para el paciente.	1	Visualización de la interfaz 3D con ambiente de naturaleza selvática.	NA	Cuando el aplicativo este en ejecución.	El sistema presenta varias interfaces de naturaleza selvática.
Enunciado de la Historia				Criterios de Aceptación				
Identificador (ID) de la Historia	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	Numero (#) de Escenario	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
C02	Yo como fisioterapeuta.	Quiero que el aplicativo tenga sonidos de naturaleza selvática.	Con la finalidad de generar realimentación auditiva e inmersión con la temática propuesta.	1	Audición de sonidos de naturaleza selvática.	NA	Cuando el aplicativo este en ejecución.	El sistema presenta sonidos de naturaleza selvática.
C03	Yo como fisioterapeuta.	Quiero que el producto genere sonidos y efectos visuales al cumplir con cada objetivo.	Con la finalidad de generar otro tipo de realimentación para el paciente.	1	Audición y aparición de efectos visuales.	En caso que el paciente cumpla con cada uno de los objetivos.	Cuando el aplicativo este en ejecución.	El sistema genera un sonido de éxito y efectos visuales al cumplir con cada objetivo del aplicativo.
				2	No se ejecuta ningún sonido ni efecto visual.	En caso que el paciente no cumpla con los objetivos.	Cuando el aplicativo este en ejecución.	El sistema no genera un sonido de éxito y efectos visuales si no cumple con los objetivos del aplicativo.
C04	Yo como fisioterapeuta.	Quiero que se genere un efecto visual cuando el paciente genere un agarre en el objetivo.	Con la finalidad de facilitar la identificación de la interacción y generar una realimentación visual.	1	Aparición del efecto visual.	En caso que el paciente genere un agarre.	Cuando el paciente participe en la ejecución del aplicativo.	El sistema genera una retroalimentación visual al generar un agarre en los objetos del aplicativo.
				2	No aparece el efecto visual.	En caso que el paciente no genere un agarre.	Cuando el paciente participe en la ejecución del aplicativo.	El sistema desactiva el efecto visual cuando el paciente no genera un agarre.

Tabla B.2: Historia de usuario 3 y 4.

Identificador (ID) de la Historia	Enunciado de la Historia				Criterios de Aceptación			Resultado Comportamiento esperado
	Rol	Característica Funcionalidad	Razón / Resultado	Número (#) de Escenario	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	
C05	Yo como fisioterapeuta.	Quiero que el aplicativo tenga una retroalimentación motivacional.	Con la finalidad de que el paciente visualice su progreso.	1	El paciente logra un puntaje bajo.	En caso que el paciente presente poca habilidad.	Cuando el paciente participe en la ejecución del aplicativo.	El sistema genera una retroalimentación visual a través de símbolos gráficos del puntaje obtenido por el paciente con un mensaje de motivación.
				2	El paciente logra un puntaje medio.	En caso que el paciente presente habilidad.	Cuando el paciente participe en la ejecución del aplicativo.	El sistema genera una retroalimentación visual a través de símbolos gráficos del puntaje obtenido por el paciente con un mensaje de motivación.
				3	El paciente logra un puntaje alto.	En caso que el paciente presente destreza.	Cuando el paciente participe en la ejecución del aplicativo.	El sistema genera una retroalimentación visual a través de símbolos gráficos del puntaje obtenido por el paciente con un mensaje de felicitación.
C06	Yo como fisioterapeuta.	Necesito que el aplicativo muestre o no el conteo regresivo.	Con la finalidad que el paciente tenga (o no) la presión de cumplir pronto el objetivo.	1	Se selecciona que el aplicativo muestre el tiempo regresivo.	En caso que sea conveniente que el paciente visualice el tiempo restante de la prueba.	Cuando el cliente configure los parámetros del aplicativo.	El sistema presenta la opción de seleccionar que se muestre el tiempo regresivo en pantalla antes de la ejecución de la prueba.
				2	Se selecciona que el aplicativo no muestre el tiempo regresivo.	En caso que no sea conveniente que el paciente visualice el tiempo restante de la prueba.	Cuando el cliente configure los parámetros del aplicativo.	El sistema presenta la opción de ocultar el tiempo regresivo en pantalla al momento de iniciar con la ejecución de la prueba.

Identificador (ID) de la Historia	Enunciado de la Historia				Criterios de Aceptación			Resultado Comportamiento esperado
	Rol	Característica Funcionalidad	Razón / Resultado	Número (#) de Escenario	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	
C07	Yo como fisioterapeuta	Necesito que el aplicativo tenga una escena tutorial	Con la finalidad de guiar al paciente a través de instrucciones.	1	Que el tutorial se utilice al menos una vez para el paciente en utilizar el aplicativo.	En caso que sea la primera vez para el paciente en utilizar el aplicativo.	En caso que el paciente no requiera la escena tutorial o ya haya realizado la prueba.	En caso que el paciente no requiera la escena tutorial o ya haya realizado la prueba.
				2	Que el tutorial se utilice al menos una vez.	En caso que el paciente no requiera la escena tutorial o ya haya realizado la prueba.	En caso que el paciente no requiera la escena tutorial o ya haya realizado la prueba.	El sistema tiene una opción de acceder o no a ella.
C08	Yo como fisioterapeuta	Necesito que se pueda ingresar el nombre y la edad de los pacientes.	Con la finalidad de llevar un registro de los pacientes.	1	Ingreso del nombre de los pacientes.	En caso que se ingrese el nombre del paciente.	Cuando el cliente configure los parámetros del aplicativo.	El sistema tiene un campo de registro de nombres donde se ingresa el nombre de cada paciente.
				2	Ingreso de la edad de los pacientes.	En caso que se ingrese la edad del paciente.	Cuando el cliente configure los parámetros del aplicativo.	El sistema tiene un campo de registro de edad donde se ingresa la edad de cada paciente.
C09	Yo como fisioterapeuta	Necesito que el aplicativo pueda ser configurado tanto manual como automáticamente.	Con la finalidad de comparar las dos configuraciones.	1	Que se configure manualmente.	En caso que se utilice la configuración manual.	Cuando el cliente configure los parámetros del aplicativo.	La configuración de nivel de dificultad debe hacerse de forma manual.
				2	Que se configure automáticamente.	En caso que se utilice la configuración automática.	Cuando el cliente configure los parámetros del aplicativo.	La configuración de nivel de dificultad debe hacerse de forma automática.

Tabla B.3: Historia de usuario 5 y 6.

Identificador (ID) de la Historia	Enunciado de la Historia			Criterios de Aceptación			Resultado / Comportamiento esperado	
	Rol	Característica Funcionalidad	Razón / Resultado	Número (#) de Escenario	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto		Evento
C10	Yo como fisioterapeuta	Quiero que se pueda reiniciar el aplicativo guardando los parámetros configurados de forma manual.	Con la finalidad de repetir la prueba sin necesidad de ingresar de nuevo los parámetros escogidos.	1	Reinicio de la prueba sin cambio de parámetros.	En caso de que el cliente quiera repetir la prueba con los parámetros escogido de forma manual.	Cuando el aplicativo este en ejecución.	El sistema tiene una opción de reinicio que guarda los parámetros que fueron configurados manualmente.
C11	Yo como fisioterapeuta	Quiero que se genere un efecto visual cuando finaliza el tiempo de aparición de los objetivos.	Con la finalidad de generar otro tipo de realimentación para el paciente.	1	Aparición de efectos visuales.	En caso que se finaliza el tiempo de aparición de los objetivos.	Cuando el aplicativo este en ejecución.	El sistema genera un efecto visual cuando se finaliza el tiempo de aparición de cada uno de los objetivos.
C12	Yo como fisioterapeuta	Quiero que al finalizar con cada prueba se muestre en el aplicativo que la prueba finalizó.	Con la finalidad de que el paciente sea consciente del final de la prueba.	2	No aparecen efectos visuales.	En caso que no haya finalizado el tiempo de aparición de los objetivos.	Cuando el aplicativo este en ejecución.	El sistema no genera un efecto visual si el tiempo de aparición de cada objetivo está vigente.

Identificador (ID) de la Historia	Enunciado de la Historia			Criterios de Aceptación			Resultado / Comportamiento esperado	
	Rol	Característica Funcionalidad	Razón / Resultado	Número (#) de Escenario	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto		Evento
D01	Yo como diseñador.	Necesito utilizar un software de desarrollo 3D que implemente librerías de naturaleza selvática.	Con la finalidad de poder programar la interfaz en 3D a utilizar de acuerdo en los requerimientos del cliente.	1	Existe un software libre de diseño 3D con librerías gratuitas de naturaleza selvática.	En caso que se encuentre un software de diseño 3D que se pueda utilizar sin comprar licencias con librerías de naturaleza selvática gratuitas.	Cuando se desee escoger el aplicativo virtual.	El sistema permite desarrollar la interfaz virtual sin necesidad de comprar licencias.
				2	Existe un software libre de diseño 3D con librerías pagas de naturaleza selvática.	En caso que se encuentre un software de diseño 3D que se pueda utilizar sin comprar licencias, pero no presente librerías de naturaleza selvática gratuitas.	Cuando se desee escoger el aplicativo virtual.	El sistema permite desarrollar la interfaz virtual sin necesidad de comprar una licencia para el software, pero si con la compra de librerías.
				3	Existe un software pago de diseño 3D con librerías gratuitas de naturaleza selvática.	En caso que no se encuentre un software de diseño 3D que se pueda utilizar sin comprar licencias con librerías de naturaleza selvática gratuitas.	Cuando se desee escoger el aplicativo virtual.	El sistema permite desarrollar la interfaz virtual con la compra de una licencia para el software.
				4	Existe un software pago de diseño 3D con librerías pagas de naturaleza selvática.	En caso que no se encuentre un software de diseño 3D que se pueda utilizar sin comprar licencias y no presente librerías de naturaleza selvática gratuitas.	Cuando se desee escoger el aplicativo virtual.	El sistema permite desarrollar la interfaz virtual con la compra de licencias.

Tabla B.4: Historia de usuario 7 y 8.

Criterios de Aceptación								
Identificador (ID) de la Historia	Rol	Característica Funcionalidad	Razón / Resultado	Número (#) de Escenario	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado Comportamiento esperado
D02	Yo como diseñador.	Necesito sonidos de naturaleza selvática.	Con la finalidad de implementar el sonido de naturaleza selvática a la interfaz del aplicativo.	1	Existen sonidos de naturaleza selvática en bases de datos libres.	En caso que se encuentren bases de datos de sonidos que se puedan utilizar sin necesidad de comprar licencias.	Cuando se escojan los sonidos de implementación para la interfaz del aplicativo.	El sistema presenta sonidos de naturaleza selvática en la ejecución del aplicativo sin la necesidad de comprar licencias.
				2	Existen sonidos de naturaleza selvática en bases de datos pagas.	En caso que no se encuentren bases de datos de sonidos que se puedan utilizar sin necesidad de comprar licencias.	Cuando se escojan los sonidos de implementación para la interfaz del aplicativo.	El sistema presenta sonidos de naturaleza selvática en la ejecución del aplicativo con la compra de licencias.
				3	Obtención de sonidos de fuente propia.	En caso que se encuentren los dispositivos y conocimientos para la elaboración de sonidos para software.	Cuando se desee escoger los sonidos de implementación para la interfaz del aplicativo.	El sistema presenta sonidos de naturaleza selvática en la ejecución del aplicativo con sonidos de elaboración propia.
D03	Yo como diseñador.	Necesito un software de programación compatible con el software de desarrollo 3D.	Con la finalidad de poder realizar la programación del aplicativo.	1	Existe un software libre de programación compatible con el software 3D.	En caso que se encuentre un software de programación que se pueda utilizar sin comprar licencias.	Cuando se desee escoger el software de programación para el aplicativo virtual.	El sistema permite realizar la programación de la interfaz virtual sin necesidad de comprar licencias.
				2	Existe un software pago de programación compatible con el software 3D.	En caso que no se encuentre un software de programación que se pueda utilizar sin comprar licencias.	Cuando se desee escoger el software de desarrollo para el aplicativo virtual.	El sistema permite desarrollar la programación de la interfaz virtual con la compra de licencias.
Criterios de Aceptación								
Identificador (ID) de la Historia	Rol	Característica Funcionalidad	Razón / Resultado	Número (#) de Escenario	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado Comportamiento esperado
D04	Yo como diseñador.	Necesito sonidos y efectos visuales de cumplimiento de objetivo.	Con la finalidad de implementar los sonidos y efectos visuales de cumplimiento de cada objetivo.	1	Existen sonidos de cumplimiento de objetivos y efectos visuales en bases de datos libres.	En caso que se logren adquirir y utilizar sonidos y efectos de cumplimiento sin necesidad de pagar una licencia.	Cuando se esté desarrollando el aplicativo.	El sistema genera un sonido de éxito y efectos visuales al cumplir con cada objetivo del aplicativo sin la necesidad de comprar licencias.
				2	Existen sonidos de cumplimiento de objetivos en bases de datos pagas.	En caso que se logren adquirir sonidos de cumplimiento en bases de datos libres pero no se consiguen efectos visuales en bases de datos libres.	Cuando se esté desarrollando el aplicativo.	El sistema genera un sonido de éxito al cumplir con cada objetivo sin la necesidad de comprar licencias y genera efectos visuales con la compra de licencias.
				3	Existen sonidos de cumplimiento de objetivos en bases de datos pagas y efectos visuales en bases de datos libres.	En caso que se logren adquirir efectos visuales en bases de datos libres pero no se consiguen sonidos de cumplimiento en bases de datos libres.	Cuando se esté desarrollando el aplicativo.	El sistema genera efectos visuales sin la necesidad de comprar licencias y sonido de éxito al cumplir con cada objetivo sin la compra de licencias.
				4	Existen sonidos y efectos de cumplimiento de objetivos en bases de datos pagas.	En caso que no se logren adquirir y utilizar sonidos y efectos de cumplimiento sin necesidad de pagar una licencia.	Cuando se esté desarrollando el aplicativo.	El sistema genera un sonido de éxito y efectos visuales al cumplir con cada objetivo del aplicativo a través de la compra de licencias.
D05	Yo como diseñador.	Necesito que se genere un documento al final de cada prueba.	Con la finalidad de que los datos puedan ser procesados en el futuro.	1	Generar documento.	En caso de que se necesite un análisis de los datos.	Cuando finalice la prueba.	El sistema genera un documento donde muestra los parámetros de interés de la prueba.

Tabla B.5: Historia de usuario 9.

Identificador (ID) de la Historia	Enunciado de la Historia				Criterios de Aceptación			Resultado Comportamiento esperado
	Rol	Característica Funcionalidad	Razón Resultado	Número (#) de Escenario	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	
D06	Yo como diseñador.	Necesito establecer un protocolo para la realización de la prueba.	Con la finalidad de estandarizar la ejecución de la prueba con todos los usuarios.	1	Definición de la ubicación de los dispositivos y accesorios.	NA	Cuando se esté desarrollando el protocolo del aplicativo.	El sistema cuenta con un protocolo de funcionamiento que tiene en cuenta la ubicación de cada dispositivo y accesorio implementado.
				2	Definición de los pasos para la realización de la prueba.	NA	Cuando se esté desarrollando el protocolo del aplicativo.	El sistema cuenta con un protocolo de funcionamiento que define los pasos ordenados de la realización de la prueba.
				3	Delimitación del alcance de los dispositivos.	NA	Cuando se esté desarrollando el protocolo del aplicativo.	El sistema cuenta con un protocolo de funcionamiento que tiene en cuenta el alcance del dispositivo.
D07	Yo como diseñador.	Necesito probar el sistema en personas de 18-67 años que estén sanas.	Con la finalidad de obtener una buena cantidad de datos y estandarizar el desempeño en la actividad en una población sana.	1	Al menos 1 persona de cada edad.	En caso que sea posible encontrar un grupo de personas variado.	Cuando cada una de las personas tenga una edad diferente, es decir, un total de 49 personas.	El sistema permitirá establecer un rango de edades y definir los tiempos del juego.
				2	Edades no cubiertas.	En caso que exista un grupo de personas con una distribución no uniforme de edades.	Cuando no existan personas con alguna o algunas de las edades que se especifico.	El sistema requiere de una agrupación para la definición de los tiempos del juego con base en los datos teniendo en cuenta las edades en las que estos no existan.
				3	Más de una persona de cada edad.	En caso que exista un amplio grupo de personas.	Cuando en las personas evaluadas haya más de una con la misma edad, cubriendo la totalidad de las edades.	El sistema presenta una muy buena distribución de los datos obtenidos.

Anexo C

Datos para el diseño del controlador

En este anexo se encuentran todos los datos obtenidos para el desarrollo del controlador.

Tabla C.1: Tiempo Prueba 1 mano derecha (1)

G1J [18-22] años				
Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	22	52	65	60
2	52	61	102	134
3	37	48	116	87
4	34	82	90	122
5	69	74	109	89

G2J [23-27] años				
Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	80	103	52	76
2	61	103	94	133
3	59	159	107	156
4	89	70	105	108
5	171	139	94	129

G3J [28-32] años				
Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	91	73	71	68
2	90	90	85	157
3	98	65	134	92
4	87	78	92	106
5	105	79	132	109

G1EM [33-37] años				
Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	30	41	47	78
2	69	46	91	96
3	123	149	188	194
4	98	73	101	162
5	28	50	59	94

G2EM [38-42] años				
Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	99	100	105	134
2	79	52	102	135
3	89	104	109	174
4	56	113	95	136
5	64	119	102	107

G3EM [43-47] años				
Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	49	51	125	138
2	36	90	128	190
3	109	114	110	212
4	146	50	119	123
5	58	84	105	122

Tabla C.2: Tiempo Prueba 1 mano derecha (2)

G4EM [48-52] años					G1EA [53-57] años				
Usuario	Tiempo (seg)				Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas		1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	144	120	128	119	1	209	260	139	202
2	54	67	71	100	2	126	184	171	349
3	93	179	111	221	3	42	59	87	108
4	86	164	149	154	4	57	67	65	66
5	156	146	145	132	5	94	75	141	122

G2EA [58-62] años					G3EA [63-67] años				
Usuario	Tiempo (seg)				Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas		1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	150	119	269	260	1	143	62	145	157
2	49	89	120	179	2	107	95	165	179
3	61	107	158	191	3	83	54	115	165
4	148	68	102	218	4	176	119	162	185
5	110	111	96	235	5	100	163	337	371

Tabla C.3: Tiempo Prueba 1 mano izquierda (1)

G1J [18-22] años					G2J [23-27] años				
Usuario	Tiempo (seg)				Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas		1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	45	38	62	67	1	52	63	56	69
2	35	63	61	139	2	75	74	90	110
3	50	31	65	61	3	51	76	100	69
4	26	35	105	70	4	69	89	55	104
5	45	37	104	128	5	48	97	84	73

G3J [28-32] años					G1EM [33-37] años				
Usuario	Tiempo (seg)				Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas		1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	47	46	72	79	1	33	40	43	39
2	99	201	139	89	2	85	81	68	71
3	40	68	80	72	3	161	145	125	137
4	80	61	112	157	4	53	67	107	106
5	61	64	177	209	5	28	55	53	95

G2EM [38-42] años					G3EM [43-47] años				
Usuario	Tiempo (seg)				Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas		1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	38	166	108	112	1	85	103	112	184
2	66	92	93	210	2	71	69	103	175
3	138	60	105	124	3	63	115	72	104
4	77	126	138	179	4	73	67	134	188
5	49	79	87	86	5	87	127	110	163

Tabla C.4: Tiempo Prueba 1 mano izquierda (2)

G4EM [48-52] años					G1EA [53-57] años				
Usuario	Tiempo (seg)				Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas		1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	79	72	81	96	1	102	144	155	262
2	45	105	49	96	2	74	179	113	371
3	92	109	236	202	3	166	83	62	123
4	103	120	124	112	4	87	67	207	128
5	121	133	172	142	5	63	58	174	139

G2EA [58-62] años					G3EA [63-67] años				
Usuario	Tiempo (seg)				Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas		1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	146	133	149	127	1	53	136	121	187
2	109	84	111	139	2	55	88	151	306
3	47	114	94	142	3	136	92	150	146
4	48	123	144	121	4	101	151	176	160
5	143	161	159	278	5	183	158	129	153

Tabla C.5: Distribución Tiempo Total P1 con mano derecha

	G1J [18-22] años			G2J [23-27] años			G3J [28-32] años				
	Cuartiles (%)			Cuartiles (%)			Cuartiles (%)				
	25	50	75	25	50	75	25	50	75		
Caja 1	31	37	56	Caja 1	61	80	110	Caja 1	89	91	100
Caja 2	51	61	76	Caja 2	95	103	144	Caja 2	71	78	82
Caja 3	84	102	111	Caja 3	84	94	106	Caja 3	82	92	133
Caja 4	80	89	125	Caja 4	100	129	139	Caja 4	86	106	121

	G1EM [33-37] años			G2EM [38- 42] años			G3EM [43-47] años				
	Cuartiles (%)			Cuartiles (%)			Cuartiles (%)				
	25	50	75	25	50	75	25	50	75		
Caja 1	30	69	104	Caja 1	62	79	92	Caja 1	46	58	118
Caja 2	45	50	92	Caja 2	88	104	115	Caja 2	51	84	96
Caja 3	56	91	123	Caja 3	100	102	106	Caja 3	109	119	126
Caja 4	90	96	170	Caja 4	127	135	146	Caja 4	123	138	196

	G4EM [48-52] años			G1EA [53-57] años			G2EA [58-62] años				
	Cuartiles (%)			Cuartiles (%)			Cuartiles (%)				
	25	50	75	25	50	75	25	50	75		
Caja 1	78	93	147	Caja 1	53	94	147	Caja 1	58	110	149
Caja 2	107	146	168	Caja 2	65	75	203	Caja 2	84	107	113
Caja 3	101	128	146	Caja 3	82	139	149	Caja 3	101	120	186
Caja 4	114	132	171	Caja 4	98	122	239	Caja 4	188	218	241

	G1EA [63-67] años		
	Cuartiles (%)		
	25	50	75
Caja 1	96	107	151
Caja 2	60	95	130
Caja 3	138	162	208
Caja 4	163	179	232

Tabla C.6: Distribución Tiempo Total P1 con mano izquierda

	G1J [18-22] años				G2J [23-27] años				G3J [28-32] años		
	Cuartiles (%)				Cuartiles (%)				Cuartiles (%)		
	25	50	75		25	50	75		25	50	75
Caja 1	33	45	46	Caja 1	50	52	71	Caja 1	45	65	85
Caja 2	34	37	44	Caja 2	71	76	91	Caja 2	57	68	116
Caja 3	62	65	104	Caja 3	56	84	93	Caja 3	78	88	119
Caja 4	66	70	131	Caja 4	69	73	106	Caja 4	77	89	162

	G1EM [33-37] años				G2EM [38- 42] años				G3EM [43-47] años		
	Cuartiles (%)				Cuartiles (%)				Cuartiles (%)		
	25	50	75		25	50	75		25	50	75
Caja 1	32	53	104	Caja 1	46	66	92	Caja 1	69	73	86
Caja 2	51	67	97	Caja 2	74	92	136	Caja 2	69	103	118
Caja 3	51	68	112	Caja 3	92	105	116	Caja 3	95	110	118
Caja 4	63	95	114	Caja 4	106	124	187	Caja 4	148	175	185

	G4EM [48-52] años				G1EA [53-57] años				G2EA [58-62] años		
	Cuartiles (%)				Cuartiles (%)				Cuartiles (%)		
	25	50	75		25	50	75		25	50	75
Caja 1	71	92	108	Caja 1	71	87	118	Caja 1	48	109	144
Caja 2	97	109	123	Caja 2	65	83	153	Caja 2	107	123	140
Caja 3	73	124	188	Caja 3	100	155	182	Caja 3	107	144	152
Caja 4	96	112	157	Caja 4	127	139	189	Caja 4	126	139	176

	G1EA [63-67] años		
	Cuartiles (%)		
	25	50	75
Caja 1	55	101	148
Caja 2	91	136	153
Caja 3	127	150	157
Caja 4	151	160	217

Tabla C.7: Tiempo desaparición Prueba 1 con mano derecha (1)

G1J [18-22] años					G2J [23-27] años				
Usuario	Tiempo (seg)				Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas		1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	3	6	8	8	1	11	14	6	10
2	7	9	16	15	2	8	15	11	19
3	4	6	9	8	3	7	18	16	23
4	4	11	13	19	4	10	10	11	16
5	10	10	16	14	5	12	21	14	19

G3J [28-32] años					G1EM [33-37] años				
Usuario	Tiempo (seg)				Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas		1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	12	8	10	8	1	3	5	5	11
2	9	10	13	15	2	9	6	13	14
3	9	9	21	11	3	13	20	27	25
4	13	10	12	16	4	14	11	15	23
5	14	12	18	16	5	4	7	9	14

G2EM [38-42] años					G3EM [43-47] años				
Usuario	Tiempo (seg)				Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas		1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	15	15	16	11	1	7	7	19	20
2	10	5	14	17	2	5	13	20	29
3	13	15	16	17	3	10	18	15	33
4	10	14	7	12	4	23	6	19	17
5	8	17	14	14	5	9	12	16	18

Tabla C.8: Tiempo desaparición Prueba 1 con mano derecha (2)

G4EM [48-52] años					G1EA [53-57] años				
Usuario	Tiempo (seg)				Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas		1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	22	18	20	18	1	27	19	23	202
2	7	9	11	13	2	28	23	18	349
3	8	24	13	29	3	6	11	15	108
4	10	12	22	27	4	10	10	8	66
5	23	20	20	18	5	8	21	14	122

G2EA [58-62] años					G3EA [63-67] años				
Usuario	Tiempo (seg)				Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas		1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	20	16	17	36	1	14	9	19	24
2	5	11	17	26	2	17	14	25	26
3	7	12	23	28	3	12	9	15	21
4	15	9	15	32	4	26	15	20	24
5	13	15	14	23	5	14	24	48	43

Tabla C.9: Tiempo desaparición Prueba 1 con mano izquierda (1)

G1J [18-22] años					G2J [23-27] años				
Usuario	Tiempo (seg)				Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas		1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	6	5	9	9	1	7	9	7	8
2	5	5	8	21	2	11	10	12	13
3	7	4	9	8	3	7	7	15	10
4	3	5	16	11	4	9	11	8	15
5	5	5	15	19	5	7	13	12	10

G3J [28-32] años					G1EM [33-37] años				
Usuario	Tiempo (seg)				Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas		1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	6	5	7	11	1	4	5	5	5
2	13	27	21	11	2	9	11	9	9
3	5	9	10	9	3	19	19	17	18
4	8	8	17	14	4	7	10	16	15
5	9	9	29	30	5	4	8	7	9

G2EM [38-42] años					G3EM [43-47] años				
Usuario	Tiempo (seg)				Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas		1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	5	12	15	15	1	13	16	17	29
2	9	14	11	21	2	11	11	16	27
3	11	7	14	16	3	10	14	7	15
4	12	17	18	27	4	10	7	20	28
5	7	11	11	11	5	8	20	17	16

Tabla C.10: Tiempo desaparición Prueba 1 con mano izquierda (2)

G4EM [48-52] años					G1EA [53-57] años				
Usuario	Tiempo (seg)				Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas		1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	11	10	10	11	1	14	18	23	35
2	6	15	7	13	2	9	18	15	51
3	12	14	34	26	3	26	2	8	17
4	16	14	20	16	4	11	9	9	16
5	14	17	21	21	5	9	6	26	20

G2EA [58-62] años					G3EA [63-67] años				
Usuario	Tiempo (seg)				Usuario	Tiempo (seg)			
	1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas		1 caja	2 cajas	3 cajas	4 cajas
1	20	17	10	13	1	8	17	13	29
2	15	10	14	19	2	8	13	22	27
3	5	15	12	20	3	21	9	22	21
4	7	18	22	18	4	11	16	18	17
5	18	18	25	35	5	16	22	18	21

Tabla C.11: Distribución Tiempo Desapar P 1 con mano derecha

	G1J [18-22] años			G2J [23-27] años			G3J [28-32] años				
	Cuartiles (%)			Cuartiles (%)			Cuartiles (%)				
	50	75	100	50	75	75	50	75	75		
Caja 1	4	7	8	Caja 1	10	11	12	Caja 1	12	13	14
Caja 2	9	10	14	Caja 2	15	19	21	Caja 2	10	10	12
Caja 3	13	16	16	Caja 3	11	14	16	Caja 3	13	19	21
Caja 4	14	16	19	Caja 4	19	20	23	Caja 4	15	16	16

	G1EM [33-37] años			G2EM [38- 42] años			G3EM [43-47] años				
	Cuartiles (%)			Cuartiles (%)			Cuartiles (%)				
	50	75	75	50	75	75	50	75	75		
Caja 1	9	13	14	Caja 1	10	14	15	Caja 1	9	13	23
Caja 2	7	13	20	Caja 2	15	15	17	Caja 2	12	14	18
Caja 3	13	18	27	Caja 3	14	16	16	Caja 3	19	19	20
Caja 4	14	23	25	Caja 4	17	18	20	Caja 4	20	30	33

	G4EM [48-52] años			G1EA [53-57] años			G2EA [58-62] años				
	Cuartiles (%)			Cuartiles (%)			Cuartiles (%)				
	50	75	75	50	75	75	50	75	75		
Caja 1	10	22	23	Caja 1	11	20	29	Caja 1	13	16	20
Caja 2	18	21	24	Caja 2	10	27	28	Caja 2	12	15	16
Caja 3	20	21	22	Caja 3	19	21	23	Caja 3	17	19	23
Caja 4	18	27	29	Caja 4	15	20	23	Caja 4	28	33	36

	G1EA [63-67] años		
	Cuartiles (%)		
	50	75	75
Caja 1	14	19	26
Caja 2	14	17	24
Caja 3	20	31	48
Caja 4	24	30	43

Tabla C.12: Distribución Tiempo Desapar P 1 con mano izquierda

	G1J [18-22] años			G2J [23-27] años			G3J [28-32] años				
	Cuartiles (%)			Cuartiles (%)			Cuartiles (%)				
	50	75	75	50	75	75	50	75	75		
Caja 1	5	6	7	Caja 1	7	9	11	Caja 1	8	10	13
Caja 2	5	5	6	Caja 2	10	11	13	Caja 2	9	16	27
Caja 3	9	15	16	Caja 3	12	13	15	Caja 3	14	18	21
Caja 4	11	19	21	Caja 4	10	13	15	Caja 4	11	17	27

	G1EM [33-37] años			G2EM [38- 42] años			G3EM [43-47] años				
	Cuartiles (%)			Cuartiles (%)			Cuartiles (%)				
	50	75	75	50	75	75	50	75	75		
Caja 1	7	11	19	Caja 1	9	11	12	Caja 1	10	11	13
Caja 2	10	13	19	Caja 2	12	14	17	Caja 2	14	17	20
Caja 3	9	16	17	Caja 3	14	15	18	Caja 3	17	18	20
Caja 4	9	16	18	Caja 4	16	23	27	Caja 4	27	28	29

	G4EM [48-52] años			G1EA [53-57] años			G2EA [58-62] años				
	Cuartiles (%)			Cuartiles (%)			Cuartiles (%)				
	50	75	75	50	75	75	50	75	75		
Caja 1	12	14	16	Caja 1	11	17	26	Caja 1	15	18	20
Caja 2	14	15	17	Caja 2	9	18	18	Caja 2	17	18	18
Caja 3	20	24	34	Caja 3	15	24	26	Caja 3	14	22	25
Caja 4	16	22	26	Caja 4	20	39	51	Caja 4	19	24	35

	G1EA [63-67] años		
	Cuartiles (%)		
	50	75	75
Caja 1	11	17	21
Caja 2	16	18	22
Caja 3	18	22	22
Caja 4	21	27	29

Tabla C.13: Porcentaje de Acierto Prueba 2 (1)

Confi.	Porcentaje de acierto (GJ) [18-32] años											
Usuario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0.25	0.29	0.58	0.3	0.44	0.31	0.33	0.27	0.27	0.2
2	0	0	0.2	0.14	0.5	0.3	0.5	0.53	0.14	0.53	0.5	0.2
3	0	0.12	0.33	0	0.25	0.1	0.19	0.12	0.34	0.05	0.32	0.2
4	0	0	0	0.37	0.41	0.3	0.1	0.06	0.33	0.2	0.29	0.3
5	0.83	0.29	0.67	0.33	0.94	0.9	0.39	0.21	0.43	0.44	0.84	0.6
6	0.14	0.5	0.11	0.28	0.46	0.4	0.21	0.1	0.13	0.26	0.15	0.1
7	0.14	0.66	0.14	0.16	0.64	0.4	0.19	0.54	0.25	0.27	0.3	0.2
8	0	0.17	0.5	0.25	0.71	0.6	0.27	0.27	0.33	0.24	0.41	0.2
9	0.43	0.17	0.25	0.57	0.67	0.3	0.52	0.21	0.3	0.22	0.45	0.3
10	0.36	0.57	0.3	0	0.85	0.5	0.42	0.28	0.31	0.33	0.4	0.4
11	0.5	0.1	0.1	0	0.9	0.3	0.5	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2
12	0.6	0.33	0.66	0	0.58	0.4	0.28	0.13	0.23	0.13	0.39	0.3
13	0.45	0.5	0.72	0.84	0.85	0.7	0.63	0.6	0.81	0.73	0.64	0.5
14	0.69	0.91	0.78	0.93	0.77	0.9	0.88	0.72	0.92	0.52	0.89	0.8
15	0.5	0.83	0.28	0.16	0.29	0.4	0.18	0	0.17	0.31	0.28	0.2

Tabla C.14: Porcentaje de Acierto Prueba 2 (2)

Confi.	Porcentaje de acierto (GEM) [33-52] años											
Usuario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.66	0.22	0.83	0.42	1.00	0.50	0.73	0.62	0.40	0.82	0.66	0.52
2	0.50	0.67	0.43	0.57	0.38	0.64	0.39	0.81	0.11	0.47	0.39	0.38
3	0.13	0.71	0.17	0.43	0.63	0.54	0.07	0.67	0.55	0.54	0.42	0.54
4	0.60	0.92	0.91	0.67	0.86	0.75	0.68	0.56	0.74	0.56	0.82	0.69
5	0.20	0.20	0.50	0.50	0.25	0.20	0.40	0.25	0.37	0.58	0.29	0.08
6	0.63	1.00	0.91	0.70	0.83	0.88	0.68	0.62	0.48	0.53	0.76	0.54
7	0.92	0.92	0.83	0.77	0.96	0.70	0.43	0.52	0.63	0.43	0.68	0.33
8	0.83	0.43	0.78	0.14	0.83	0.57	0.45	0.46	0.50	0.43	0.44	0.39
9	0.38	0.71	0.67	0.50	0.57	0.36	0.21	0.05	0.28	0.36	0.31	0.20
10	0.33	0.00	0.50	0.00	0.64	0.50	0.50	0.32	0.25	0.52	0.31	0.81
11	0.33	0.56	0.75	0.45	0.14	0.31	0.16	0.19	0.32	0.17	0.64	0.27
12	0.25	0.00	0.20	0.00	0.42	0.23	0.16	0.17	0.08	0.13	0.19	0.24
13	0.43	0.25	0.00	0.44	0.00	0.36	0.14	0.05	0.10	0.11	0.18	0.06
14	0.25	0.44	0.17	0.78	0.56	0.24	0.26	0.35	0.48	0.35	0.36	0.24
15	0.00	0.00	0.20	0.25	0.23	0.21	0.16	0.11	0.16	0.32	0.50	0.20
16	0.38	0.20	0.56	0.09	0.67	0.63	0.25	0.27	0.13	0.20	0.23	0.35
17	0.50	0.44	0.67	0.33	0.79	0.37	0.26	0.29	0.19	0.28	0.32	0.25
18	0.29	0.25	0.50	0.60	0.45	0.54	0.27	0.25	0.55	0.18	0.26	0.19
19	1.00	0.11	0.00	0.00	0.75	0.38	0.43	0.44	0.35	0.45	0.44	0.21
20	0.50	0.00	0.29	0.11	0.75	0.30	0.17	0.18	0.14	0.15	0.33	0.23

Tabla C.15: Porcentaje de Acierto Prueba 2 (3)

Confi.	Porcentaje de acierto (GJ) [53-67] años											
Usuario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.00	0.56	0.00	0.25	0.00	0.15	0.08	0.27	0.08	0.13	0.12	0.24
2	0.50	0.36	0.25	0.10	0.27	0.23	0.23	0.33	0.10	0.12	0.60	0.29
3	0.40	0.29	0.73	0.50	0.44	0.42	0.35	0.30	0.27	0.41	0.33	0.56
4	0.29	0.50	0.71	0.71	0.75	0.40	0.18	0.36	0.22	0.22	0.28	0.33
5	0.75	0.33	1.00	0.57	0.86	0.45	0.45	0.27	0.67	0.22	0.63	0.57
6	0.44	0.63	0.38	0.43	0.36	0.43	0.28	0.30	0.06	0.38	0.15	0.15
7	0.27	0.25	0.53	0.58	0.47	0.43	0.57	0.39	0.31	0.48	0.39	0.27
8	0.30	0.33	0.13	0.00	0.33	0.35	0.44	0.24	0.11	0.14	0.48	0.17
9	0.80	0.08	0.44	0.50	0.44	0.17	0.20	0.14	0.24	0.12	0.26	0.16
10	0.83	0.55	0.36	0.67	0.50	0.63	0.32	0.28	0.58	0.52	0.48	0.29
11	0.40	0.63	0.63	0.92	0.25	0.69	0.31	0.48	0.27	0.55	0.40	0.54
12	0.38	0.57	0.38	0.75	0.31	0.59	0.24	0.52	0.29	0.48	0.38	0.38
13	0.14	0.44	0.43	0.25	0.14	0.11	0.16	0.12	0.19	0.11	0.30	0.26
14	0.14	0.33	0.20	0.29	0.33	0.41	0.26	0.25	0.29	0.35	0.16	0.47
15	0.00	0.22	0.27	0.22	0.08	0.67	0.42	0.21	0.20	0.11	0.25	0.15

Tabla C.16: Distribución de los datos para el porcentaje de acierto

GJ (18-32)		
Cuartiles (%)		
25	50	75
0.2	0.3	0.5

GEM (33-52)		
Cuartiles (%)		
25	50	75
0.22	0.4	0.57

GEA (53-67)		
Cuartiles (%)		
25	50	75
0.22	0.33	0.5

Tabla C.17: Tiempo Promedio Ingreso CU P2 (1)

Confi.	Tiempo promedio (seg) (GJ) [18-32] años											
Usuario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	11	4,5	4,85	3	5,75	4	11,8	7	5,5	5,3
2	0	0	7	4	3,16	2,3	5,33	4,62	7	3,12	5,36	5,3
3	0	5	3,5	0	2	1,5	7	5,33	4,2	7	5,62	3,2
4	0	0	0	2,33	3,6	1,8	6,25	6,3	5	3,2	4,27	4,4
5	5	4	6	5	2	2	6	4	4	3	3	3
6	4	3,25	5	4,5	6,83	3,7	4,4	5	2,66	4,8	6,4	6
7	5	7	10	6	5,44	4,6	8,5	4,16	8,16	6	4,5	6
8	0	5	6	4	4,5	2,9	5,12	4,66	5	2,7	4,5	3,8
9	7,33	6	3,5	3,5	4,8	5,8	5,63	4,75	3,85	5,5	4,53	4,2
10	3,75	4,5	4	0	6,41	2,9	4,77	3,75	5,57	7,5	4,66	4,9
11	5,8	9	5	0	3,9	3,8	3,9	5,2	5	3,3	9,5	6,3
12	4,5	6,5	5,16	0	3,85	4,3	5	6,5	4,8	7,66	9,5	6,3
13	3,5	4,2	5,37	3,36	2,7	2,6	4,66	3,83	3,66	3,71	3,16	3,8
14	4,33	3,54	2,9	2,78	2,85	2,6	3,81	3,37	2,69	6	2,96	3
15	8	6	3	10	4,6	5,3	5,25	3,66	7,6	9,8	4,6	5

Tabla C.18: Tiempo Promedio Ingreso CU P2 (2)

Confi.	Tiempo promedio (seg)- (GEM) [33-52] años											
Usuario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	4,12	1,5	3,6	3,33	3	4,7	4,9	3,8	7	2,92	5,07	4,2
2	4,5	3	6	4	3,33	4	5	2,84	4	4,62	5,57	4,3
3	7	4,6	9	4,6	4,4	3,9	15	4,4	3,72	6,14	3,5	5
4	4,16	2,9	5,4	2,1	2,58	3,6	3,8	4,55	3,88	2,9	3,04	3,5
5	11	4	6	5,33	5,25	6,5	9,83	8,66	3,71	4,28	8,4	5,5
6	7	5	4,6	3	4	4,2	4,61	3,46	3,25	4,4	2,92	6,8
7	3,83	3,25	4,2	2,7	3	2,8	4,22	4,58	2,53	5,66	3,43	6,6
8	4,6	5,33	5,42	7	4,4	6	5,2	3,81	7,11	4,22	5,35	6,3
9	2,33	6,6	5,66	2,75	6,25	6,2	8,25	13	5,4	5,25	4	5,4
10	7	0	7,5	0	5,55	4,5	5,4	4,7	9,4	3,33	6,09	3,7
11	8	4,4	5,16	3,8	5,5	7	4,33	6,5	7,57	12	4,74	13
12	12	0	4	0	4,6	4	12,7	4,75	2	8,66	10,8	8,9
13	3	5		6,25		4,8	8,33	11	5,5	14,5	15	3
14	16	5	4	6	3,6	3,8	6,8	5	5,3	8,57	9,87	7,4
15	0	0	11	7	6,66	7	12	13,5	7	7,5	5,8	8
16	4,66	10	6,2	4	7,62	3,8	7,6	11	11	5,25	9	7,8
17	4	5,5	10,5	5,33	8,63	3	7	8,6	4,8	11,6	4,85	11
18	7	5,6	6,6	7,2	7,4	5,6	6,5	5,6	3,75	8	5,16	8,5
19	14,2	4	7	9	11,8	4,4	9,33	7,87	4,57	8,44	6,18	7,8
20	9,66	10	7,5	8	13	3,5	13	10,33	12,3	8,66	4,75	7,7

Tabla C.19: Tiempo Promedio Ingreso CU P2 (3)

Confi.	Tiempo promedio (seg)- (GEA) [53-67] años											
Usuario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	5,8	0	1,66	0	7	6	10	9	6,66	5,33	12,2
2	6,4	5	5,5	2	6,3	3,3	5,3	6,13	4,6	3	3,6	6,85
3	10,5	6,5	5,12	11	11	6,8	7,6	8,85	8,33	6,33	4,55	9,88
4	11	9	7,6	8,2	8,3	8,5	11	6,87	6	11	7,42	15
5	8,83	7	7,09	8,5	4,5	6	5,6	18,3	5,11	14	4	5,69
6	8,25	7,2	6,66	5,66	6,8	9,83	8,6	8,33	7	5,75	13,2	10
7	4,33	13	2,88	6,57	4,3	8,33	4,5	7,66	2,25	6,45	5,54	5,42
8	7	5,33	8		7,8	5,83	5,1	6,83	13	8	8,14	8,2
9	3	5	10	5,14	7,1	5	9,5	9,25	9,4	8,33	7,33	5,4
10	4	7,16	4	5,63	3	5,08	4,7	8,42	5,72	6,91	6,42	5,12
11	7	5,6	8,8	5,63	7,3	7,72	16	9,2	10,5	6,27	5,41	5,84
12	9	5,4	7,56	8,33	9,2	8,2	15	10,3	12,5	5,4	9,2	7,5
13	14	5,75	7,66	9,33	8	9,5	14	6	5,8	7,75	8,88	8,12
14	13	6,2	8,3	8	7	4,2	13	5,7	8,3	9,6	7,45	6,5
15		4,5	4,66	4	8	3,50	9,1	7,6	10,75	20	9,33	9,5

Tabla C.20: Distribución de los datos para el tiempo promedio.

GJ (18-32)		
Cuartiles (%)		
25	50	75
3,3	4,5	5,5

GEM (33-52)		
Cuartiles (%)		
25	50	75
4	5,4	7,6

GEA (53-67)		
Cuartiles (%)		
25	50	75
5,6	7,14	8,9

Anexo D

Implementación de los controladores en lenguaje C#

En este anexo se detallan los 5 controladores del aplicativo, estos fueron desarrollados inicialmente en la herramienta de Matlab Fuzzy Logic Toolbox, los cuales son:

- Controlador del tiempo de la prueba con mano derecha.
- Controlador del tiempo de la prueba con mano izquierda.
- Controlador del tiempo de desaparición de las mariquitas mano derecha.
- Controlador del tiempo de desaparición de las mariquitas mano izquierda.
- Controlador de dificultad.

En la Fig.D.1 se observa el esquema de implementación de los controladores en la herramienta de Matlab Simulink, y se muestra un ejemplo de una persona de 22 años que logra un porcentaje de aciertos del 80 % en un tiempo promedio de 2 seg, el participante avanza al nivel 7, de acuerdo a este nivel se establece un determinado número de cajas (1 caja en este caso) que pertenece a una de las entradas necesarias para definir el tiempo de duración de la prueba y el tiempo de desaparición de los insectos en la escena de acuerdo con la mano que esté utilizando. En la Fig.D.2 y Fig. D.3 se muestran los subsistemas asociados a los controladores de la mano derecha y la mano izquierda respectivamente.

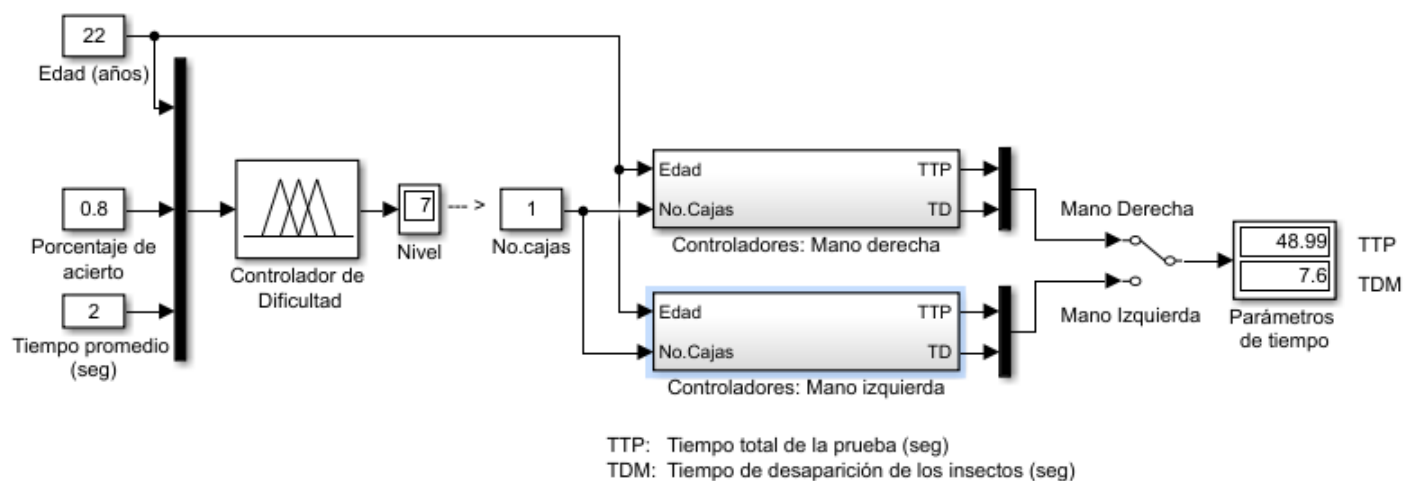


Figura D.1: Esquema de implementación de los controladores utilizando el Toolbox Simulink de Matlab.

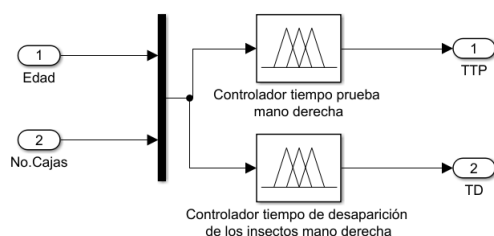


Figura D.2: Subsistema controlador mano derecha.

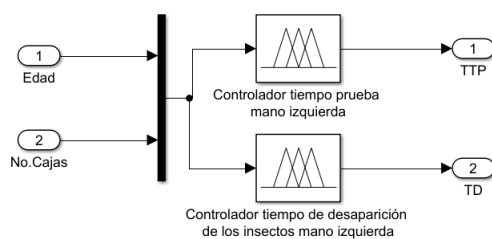


Figura D.3: Subsistema controlador mano izquierda.

Es importante recalcar que los controladores desarrolladas en Matlab son utilizados como una guía de verificación respecto a los controladores desarrollados en la aplicación, ya que esta utiliza otro lenguaje de programación (C#). A continuación, se realiza una breve explicación, primero, de uno de los controladores de tiempo (Tiempo de la prueba con mano derecha) debido a que los otros tres controladores relacionados con el cálculo del tiempo tienen el mismo principio, y posteriormente, se realiza la explicación del controlador dinámico de dificultad (nivel).

Inicialmente se mostrará cómo se representaron las funciones de pertenencia en el lenguaje C#.

Definición y evaluación de las funciones de pertenencia

Las funciones de pertenencia utilizadas son de tipo triangular y trapezoidal, gracias a su bajo costo computacional y su fácil implementación.

Función triángulo: La función triángulo recibe 4 valores, el primer valor (x) es el que va a ser evaluado, (x_0) y (x_2) determinan el soporte de la función y (x_1) determina su núcleo.

```
FuncionTriangulo(double x, double x0, double x1, double x2)
{
    double membresia = 0.0;
    if (x <= x0)
        membresia = 0.0;
    else if (x > x0 && x <= x1)
        membresia = (x - x0) / (x1 - x0);
    else if (x > x1 && x <= x2)
        membresia = (x2-x)/(x2-x1);
    else if (x > x2)
        membresia = 0.0;
    return membresia;
}
```

Función trapezoide: Esta función recibe 5 valores, el primer valor (x) es el que se va a evaluar, (x_0) y (x_3) determinan el soporte de la función, (x_1) y (x_2) determinan el núcleo de la misma.

```
FuncionTrapezoide(double x, double x0, double x1, double x2, double x3)
{
    double membresia = 0.0;
    if (x <= x0)
        membresia = 0.0;
    else if (x > x0 && x <= x1)
        membresia = (x - x0) / (x1 - x0);
    else if (x > x1 && x <= x2)
        membresia = 1.0;
    else if (x > x2 && x <= x3)
        membresia = (x3 - x) / (x3 - x2);
    else if (x > x3)
        membresia = 0.0;
    return membresia;
}
```

Función L: Recibe 4 valores, el primero (x) es el que va a ser evaluado, x_0 representa el valor inicial de la función, x_1 y x_2 representan el núcleo y el soporte de la función respectivamente.

```

FuncioL(double x, double x0, double x1, double x2)
{
    double membresia = 0.0;
    if (x >= x0 && x <= x1)
        membresia = 1.0;
    else if (x > x1 && x <= x2)
        membresia = (x2 - x) / (x2 - x1);
    else if (x > x2)
        membresia = 0.0;
    return membresia;
}

```

Implementación difusa para tiempo de la prueba con mano derecha

Se implementó el método de inferencia tipo Mamdani, las operaciones AND y OR con el mínimo y el máximo respectivamente, el método de implicación usado es el recorte (min), el método de agregación el máximo y como método de defusificación se utiliza el método del LOM (largest of maximum), en el cual la salida es el máximo valor de todos aquellos que generan el valor más alto de la función de membresía.

Inicialmente se definieron las funciones de membresía asociadas a la primera entrada (Edad), teniendo lo siguiente:

En esta primera fase se determinó el grado de pertenencia de la edad del participante en cada uno de los grupos:

```

//DEFINICIÓN DE LAS FUNCIONES DE MEMBRESIA ASOCIADAS A LA ENTRADA 1: EDAD
G1J = FuncionMembresia.FuncioL(edad, 18, 20, 23);
G2J = FuncionMembresia.FuncionTriangulo(edad, 22, 25, 28);
G3J = FuncionMembresia.FuncionTriangulo(edad, 27, 30, 33);
G1EM = FuncionMembresia.FuncionTriangulo(edad, 32, 35, 38);
G2EM = FuncionMembresia.FuncionTriangulo(edad, 37, 40, 43);
G3EM = FuncionMembresia.FuncionTriangulo(edad, 42, 45, 48);
G4EM = FuncionMembresia.FuncionTriangulo(edad, 47, 50, 53);
G1EA = FuncionMembresia.FuncionTriangulo(edad, 52, 55, 58);
G2EA = FuncionMembresia.FuncionTriangulo(edad, 57, 60, 63);
G3EA = FuncionMembresia.FuncionTrapezoide(edad, 62, 65, 67, 67);

```

Después se evaluaron las reglas:

Primera regla: Sí es $G1J$ y $C1$ entonces $G1JC1$

Si se tienen las entradas: *Edad:* 22 años y *Caja:* 1

```

G1J = FuncioL(22, 18, 20, 23)
{
  if (22 >= 18 && 22 <= 21)
    membresia = 1.0;
  else if (22 > 21 && 22 <= 23)
    membresia = (23 - 22) / (23 - 21);
  else if (22 > 23)
    membresia = 0.0;
}

```

Membresía G1J= 0,33

Con 22 años el participante pertenece en un 33% al grupo 1 de jóvenes (G1J) y en 0% a los demás grupos. Evaluando la regla, el consecuente para este caso sería el mostrado en la Fig. D.4.

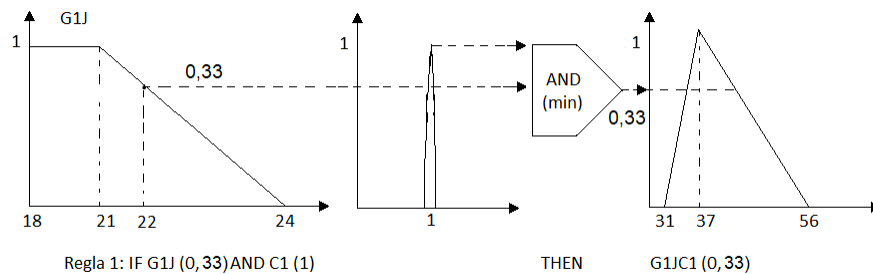


Figura D.4: Evaluación de la primera regla.

Agregación de las salidas (MAX)

Se combinaron las funciones de pertenencia de todos los consecuentes previamente recortados, para obtener un único conjunto difuso por cada variable de salida, en este caso solo se tiene un consecuente por cada regla y los demás equivalentes a cero (ver Fig. D.5).

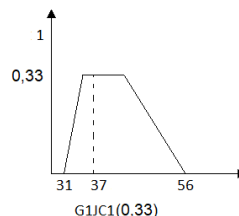


Figura D.5: Agregación de la salida.

Defusificación

El resultado final es necesario expresarlo mediante un valor crisp, para ello se utilizó el método de defusificación LOM de la siguiente forma:

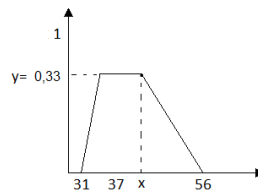


Figura D.6: Agregación de la salida método LOM.

El objetivo es hallar x que representa el más grande de los máximos de la función de salida, para hallar la coordenada de este punto en una pendiente se utilizó (D.1):

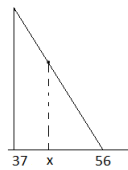


Figura D.7: Agregación de la salida, coordenadas de un punto.

$$y = \frac{56 - x}{56 - 37} \quad (\text{D.1})$$

Despejando (x) se tiene:

$$x = 56 - (56 - 37) * y \quad (\text{D.2})$$

Siendo $y = G1J = 0,33$

$$\begin{aligned} x &= 56 - (56 - 37) * 0,33 \\ &= 49 \end{aligned} \quad (\text{D.3})$$

Esto significa que el tiempo de duración de la prueba total será de 49 seg para una persona de 22 años que realizará la prueba con 1 caja y con la mano derecha; esta información se puede corroborar en la Fig.D.1.

Para implementar lo anterior, primero se asigna el grupo al participante en el cual tenga el mayor grado de pertenencia:

```
if ((G1J >= G2J) && (G1J >= G3J) && (G1J >= G1EM) && (G1J >= G2EM)
&& (G1J >= G3EM) && (G1J >= G4EM) && (G1J >= G1EA) && (G1J >= G2EA)
```



```

&& (G1J >= G3EA)) //si el participante pertenece al grupo 1 de jóvenes,
{
    if (caja == 1) // y si es una caja
    {
        salida = 56 - ((56 - 37) * G1J);
    }
    else if (caja == 2) // o si son dos cajas
    {
        salida = 76 - ((76 - 61) * G1J);
    }
    else if (caja == 3) // o si son tres cajas
    {
        salida = 111 - ((111 - 102) * G1J);
    }
    else if (caja == 4) // o si son cuatro cajas
    {
        salida = 125 - ((125 - 89) * G1J);
    }
}
else if ((G2J >= G1J) && (G2J >= G3J) && (G2J >= G1EM) && (G2J >= G2EM)
&& (G2J >= G3EM) && (G2J >= G4EM) && (G2J >= G1EA) && (G2J >= G2EA)
&& (G2J >= G3EA)) //si el participante pertenece al grupo 2 de jóvenes
{
    if (caja == 1)
    {
        salida = 110 - ((110 - 80) * G2J);
    }
    else if (caja == 2)
    {
        salida = 144 - ((144 - 103) * G2J);
    }
    else if (caja == 3)
    {
        salida = 106 - ((106 - 94) * G2J);
    }
    else if (caja == 4)
    {
        salida = 139 - ((139 - 129) * G2J);
    }
}
else if ((G3J >= G1J) && (G3J >= G2J) && (G3J >= G1EM) && (G3J >= G2EM)

```

```

&& (G3J >= G3EM) && (G3J >= G4EM) && (G3J >= G1EA) && (G3J >= G2EA)
&& (G3J >= G3EA)) //si el participante pertenece al grupo 3 de jóvenes
{
    if (caja == 1)
    {
        salida = 100 - ((100 - 91) * G3J);
    }
    else if (caja == 2)
    {
        salida = 82 - ((82 - 78) * G3J);
    }
    else if (caja == 3)
    {
        salida = 133 - ((133 - 92) * G3J);
    }
    else if (caja == 4)
    {
        salida = 121 - ((121 - 106) * G3J);
    }
} ...

```

Se realizó el mismo procedimiento para los demás grupos restantes. Esta metodología de implementación se utilizó para los cuatro primeros controladores de tiempo.

Implementación difusa para el controlador dinámico de dificultad (nivel)

Se implementó el método de inferencia tipo TSK, debido a que se tienen salidas discretas y se hace más factible la defusificación a través de este método, las operaciones AND y OR con el mínimo y el máximo respectivamente, para encontrar la salida crisp en este caso se obtiene mediante una sencilla agregación (media de pesos WA) de las salidas.

Inicialmente se definieron las funciones de membresía asociadas a las entradas (Edad, Porcentaje de acierto, Tiempo promedio), teniendo lo siguiente:

```

//funciones de membresía asociadas a la edad
J = FuncionMembresia.FuncioL(edad, 18, 27, 36);
EM = FuncionMembresia.FuncionTriangulo(edad, 33, 42, 52);
EA = FuncionMembresia.FuncionTrapezoide(edad, 49, 58, 67, 67);

//funciones de membresía asociadas al porcentaje de acierto
BPA = FuncionMembresia.FuncioL(porcentaje, 0, 0.06, 0.21);
PAJ = FuncionMembresia.FuncionTriangulo(porcentaje, 0.2, 0.3, 0.5);
PAEM = FuncionMembresia.FuncionTriangulo(porcentaje, 0.22, 0.38, 0.57);

```

```

PAEA = FuncionMembresia.FuncionTriangulo(porcentaje, 0.22, 0.33, 0.47);
APA = FuncionMembresia.FuncionTrapezoide(porcentaje, 0.56, 0.85, 1, 1);

//funciones de membresía asociadas al tiempo promedio
TCORTO = FuncionMembresia.FuncionL(tiempoCU, 0, 1.1, 3.4);
TCUJ = FuncionMembresia.FuncionTriangulo(tiempoCU, 3.3, 4.5, 5.5);
TCUEM = FuncionMembresia.FuncionTriangulo(tiempoCU, 4, 5.4, 7.6);
TCUEA = FuncionMembresia.FuncionTriangulo(tiempoCU, 5.6, 7.14, 8.97);
TLARGO = FuncionMembresia.FuncionTrapezoide(tiempoCU, 8.96, 17.32, 20, 20);

```

Después se realizó la evaluación de las 75 reglas:

Evaluación de la primera regla (IF *J* AND *PPA* AND *TCORTO* THEN *N2*)

Como se utilizó la operación (AND) se debe hallar el mínimo de la intersección de las tres entradas:

```
1 min1 = System.Math.Min(System.Math.Min(J, PPA), TCORTO);
```

Sí el resultado es diferente de cero, es decir si se cumplen las tres entradas, se realiza:

```

2   if (min1 != 0)
3   {
4       mul1 = min1 * 2; // Nivel 2 salida discreta
5       suma = suma + min1;
6   }

```

De acuerdo con el método de defusificación a partir de la media de los pesos (D.4).

$$W_A = \frac{\sum(\mu(y_i) \times y_i)}{\sum \mu(y_i)} \quad (\text{D.4})$$

En la línea 4 se realiza la multiplicación $(\mu(y_i) \times y_i)$ y en la línea 5 se realiza la sumatoria de $\mu(y_i)$.

Este procedimiento se realizó para las 74 reglas restantes:

```

7   min2 = System.Math.Min(System.Math.Min(J, PPA), TCUJ);
8   if (min2 != 0)
9   {
10      mul2 = min2 * 2;

```

```

11         suma = suma + min2;
12     }
13     min3 = System.Math.Min(System.Math.Min(J, PPA), TCUEM);
14     if (min3 != 0)
15     {
16         mul3 = min3 * 1;
17         suma = suma + min3;
18     }
19     min4 = System.Math.Min(System.Math.Min(J, PPA), TCUEA);
20     if (min4 != 0)
21     {
22         mul4 = min4 * 1;
23         suma = suma + min4;
24     }
...

```

Finalmente se aplica (D.4) obteniendo el nivel:

```

salidaNivel = (mul1 + mul2 + mul3 + mul4 + mul5 + mul6 +
mul7 + mul8 + mul9 + mul10 + mul11 + mul12 +
mul13 + mul14 + mul15 + mul16 + mul17 +
mul18 + mul19 + mul20 + mul21 + mul22 +
mul23 + mul24 + mul25 + mul26 + mul27 +
mul28 + mul29 + mul30 + mul31 + mul32 +
mul33 + mul34 + mul35 + mul36 + mul37 +
mul38 + mul39 + mul40 + mul41 + mul42 +
mul43 + mul44 + mul45 + mul46 + mul47 +
mul48 + mul49 + mul50 + mul51 + mul52 +
mul53 + mul54 + mul55 + mul56 + mul57 +
mul58 + mul59 + mul60 + mul61 + mul62 +
mul63 + mul64 + mul65 + mul66 + mul67 +
mul68 + mul69 + mul70 + mul71 + mul72 +
mul73 + mul74 + mul75) / suma;

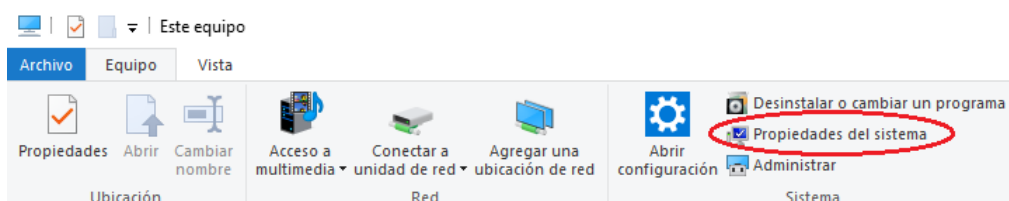
```

Anexo E

Manual de usuario

Instalación de Leap Motion

1. Antes de iniciar la instalación es necesario saber la versión de Windows y algunas especificaciones del equipo, para ello seleccione **Equipo - Propiedades del sistema** y ahí encontraremos las **Especificaciones del dispositivo o equipo** (ver Fig.E.1).



Especificaciones del dispositivo

Nombre del dispositivo	DESKTOP-KLA797J
Procesador	Intel(R) Core(TM) i3-2350M CPU @ 2.30GHz 2.30 GHz
RAM instalado	8.00 GB
Identificador de dispositivo	CF839865-137B-45AD-8D8D-48A9 454737B3
Id. del producto	00326-30000-00001-AA836
Tipo de sistema	Sistema operativo de 64 bits, procesador basado en x64
Lápiz y entrada táctil	La entrada táctil o manuscrita no está disponible para esta pantalla

Figura E.1: Propiedades del equipo.

Leap Motion tiene algunos requerimientos mínimos que deben cumplir los ordenadores para que funcione adecuadamente:

- Windows 7 u 8 o Mac OS X 10.7
- Procesador AMD Phenom™ II o Intel® Core™ i3 / i5 / i7
- 2 GB RAM
- Puerto USB 2.0

2. Ingresar a <https://www.leapmotion.com/>, descargue e instale el “SDK de ORION” para su versión de Windows (x86 o x64).



Figura E.2: Asistente de descarga de *Leap Motion*.

3. Una vez se ejecuta el instalador, encontraremos un asistente que nos guiará durante todo el proceso de instalación (ver Fig. E.3).

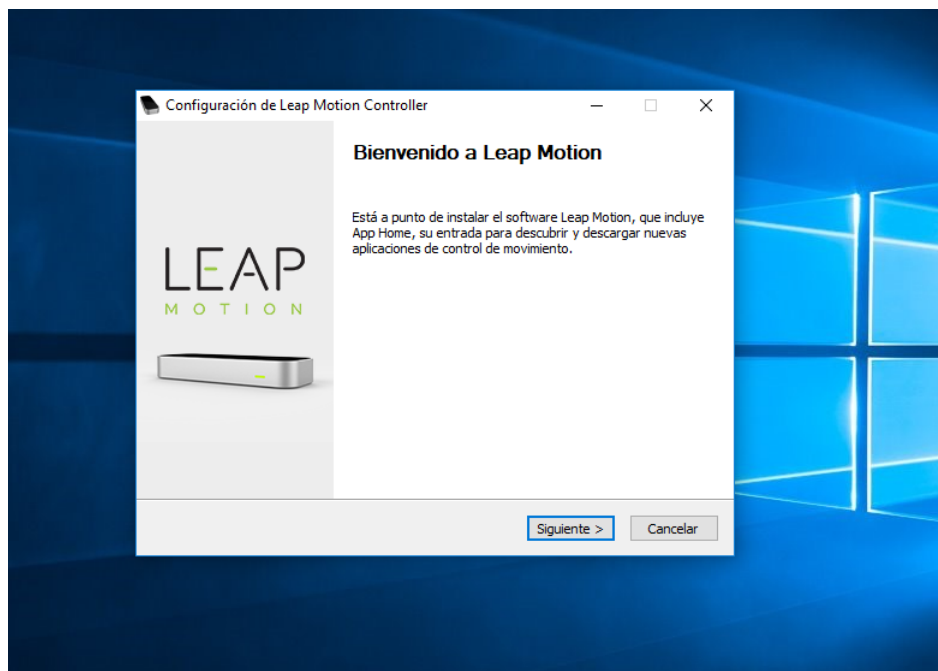


Figura E.3: Asistente de instalación.

4. Cuando haya terminado la instalación se debe asegurar que todo haya salido bien. Para ello nos dirigimos en la parte inferior derecha del equipo y buscamos el icono de *Leap Motion* (ver Fig. E.4).

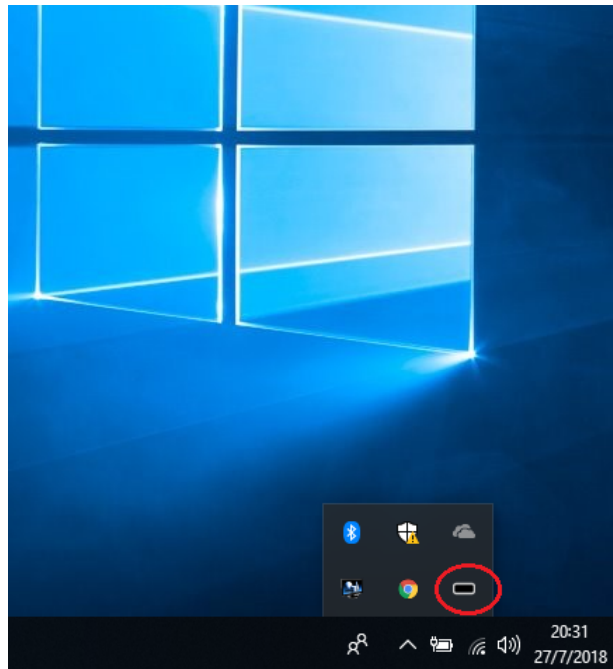


Figura E.4: Icono de *Leap Motion*.

5. Para realizar la sincronización del *Leap Motion* le damos clic derecho sobre el icono donde se desplegarán varias opciones (ver Fig. E.5), posteriormente seleccionamos **Configuración** donde se pueden realizar los ajustes del dispositivo.

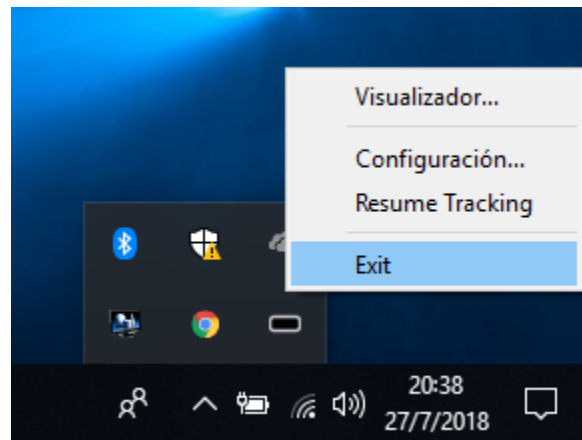


Figura E.5: Opciones de *Leap Motion*.

6. Verifique que todos los parámetros del estado del dispositivo estén de color verde (Fig.E.6), con esto ya se puede utilizar el dispositivo.

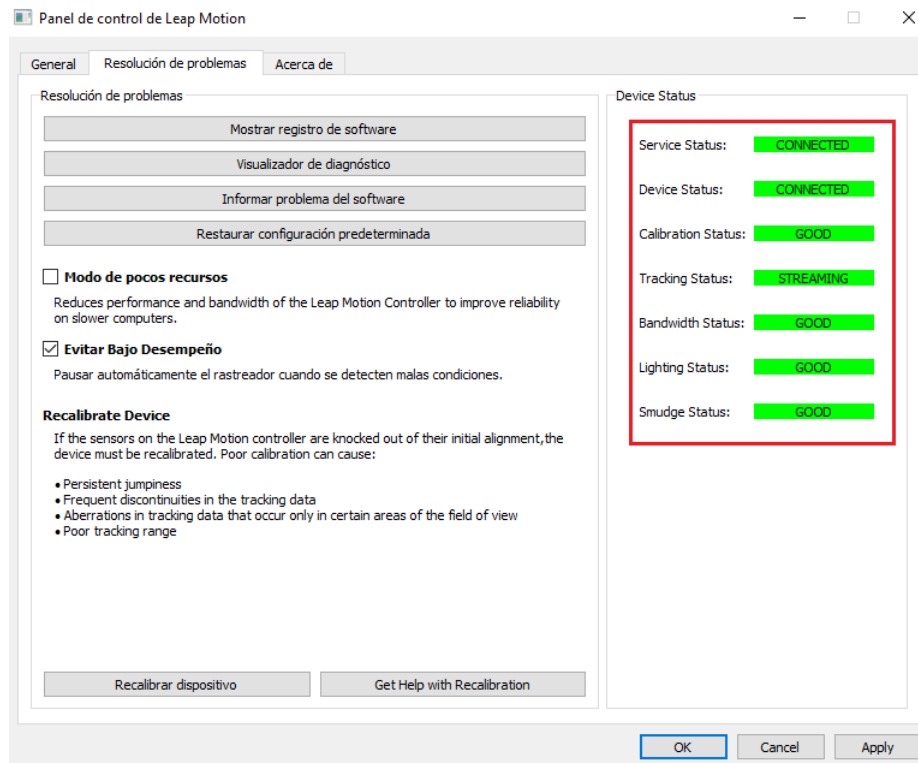


Figura E.6: Estado del dispositivo

Manual de ejecución

1. La carpeta "EJECUTABLE" debe estar ubicada en el disco local C, del equipo: (C: EJECUTABLE).
2. Dentro de la carpeta "EJECUTABLE" damos doble clic sobre el archivo "Atrapa_Insectos.exe".



Figura E.7: Ejecutable.

Inmediatamente se despliega la ventana mostrada en la Fig.E.8

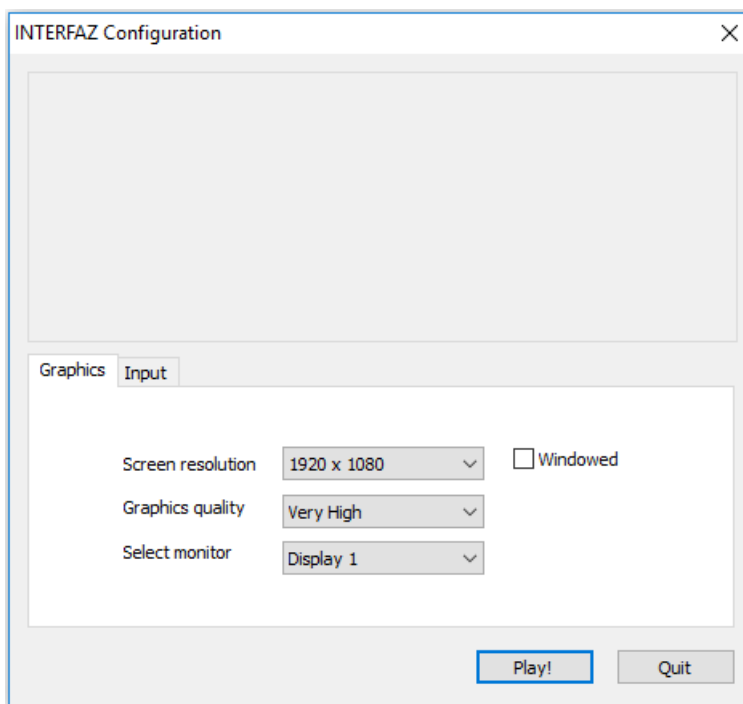


Figura E.8: Interfaz de configuración.

3. Damos clic en **“Play!”** que despliega la ventana mostrada en la Fig.E.9 correspondiente al Menú Principal del aplicativo.



Figura E.9: Ventana principal.

Realizar el registro del usuario

1. Seleccionamos el botón de “Registro Usuario” del Menú principal.
2. En la ventana mostrada en la Fig.E.10 llenamos los campos correspondientes al nombre y edad del usuario.
3. Finalmente, damos clic en “Guardar”.

The image shows a registration form with a dark gray background. It contains two input fields: one for 'Nombre' with the placeholder text 'digite el nombre' and one for 'Edad' with the placeholder text 'edad en números'. A 'Guardar' button is located at the bottom right of the form.

Figura E.10: Interfaz para registrar paciente.

Realizar prueba tutorial

1. Seleccionar el botón de “**Tutorial**” del Menú principal, este despliega la ventana mostrada en la Fig.E.11.



Figura E.11: Tutorial

2. Si se desea omitir la introducción, damos clic en el botón **“Saltar Introducción”**, que dirige el aplicativo directamente hacia la prueba tutorial.

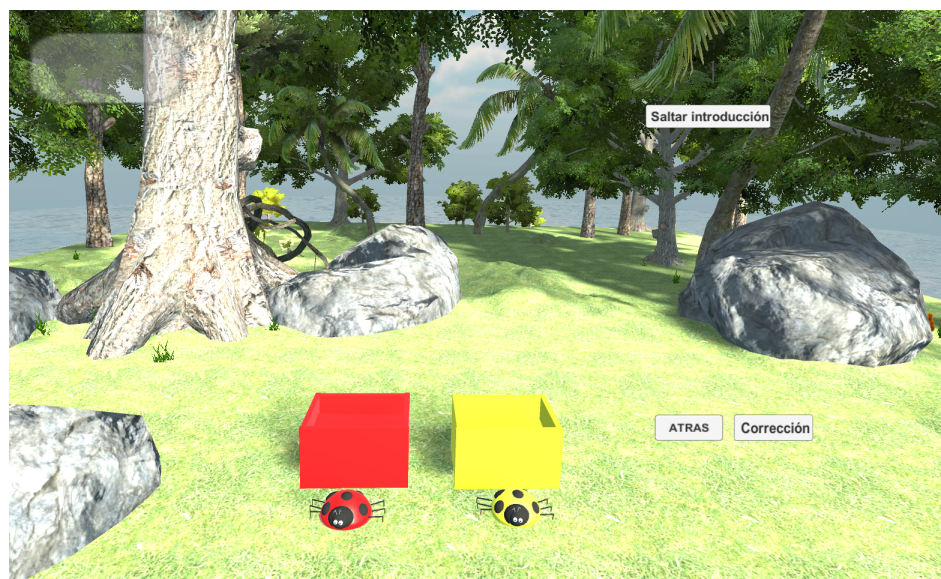


Figura E.12: Prueba tutorial en ejecución.

3. En el momento de ingresar los dos bichos, aparecerá un mensaje si desea repetir la prueba tutorial (si/no).

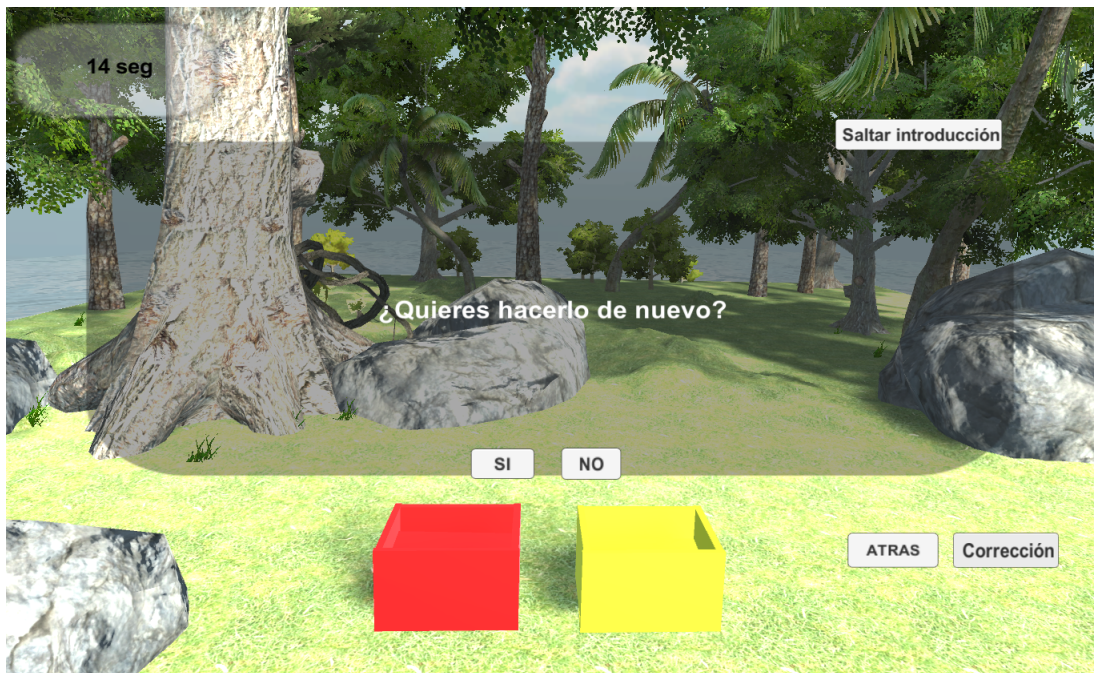


Figura E.13: Repetir la prueba tutorial.

Realizar prueba manual

1. Seleccionar **“Manual”** del menú principal del aplicativo, se despliega la ventana mostrada en la Fig. E.14.

A screenshot of a configuration menu for a manual test. The background is a dark green color. The menu is organized into several sections. The first section is "Seleccione el número de cajas:" with four radio buttons labeled 1, 2, 3, and 4. The "1" button is selected, and below it, it says "Número de cajas: 1". The second section is "Seleccione la posición de las cajas:" with a dropdown menu showing "Alineadas" and a small downward arrow. Below this, it says "Selección: arriba alineadas". The third section is "Velocidad de las mariquitas al caminar" with a horizontal slider bar that is currently at 0%. The fourth section is "Seleccione la rutina de las mariquitas:" with a dropdown menu showing "Quietas" and a small downward arrow. Below this, it says "Selección: Quietas". The fifth section is "Mano" with two radio buttons labeled "Der" and "Izq". The "Der" button is selected. The sixth section is "Desea mostrar el tiempo regresivo en pantalla?" with two radio buttons labeled "Si" and "No". The "Si" button is selected. At the bottom right of the menu, there are two buttons: "Iniciar" (green) and "Atras" (white).

Figura E.14: Interfaz configuración del juego manual.

2. Se seleccionan los parámetros deseados y se da clic en **“Iniciar”**, el tiempo de la prueba

inicia en el momento en el que se toca el primer bicho.

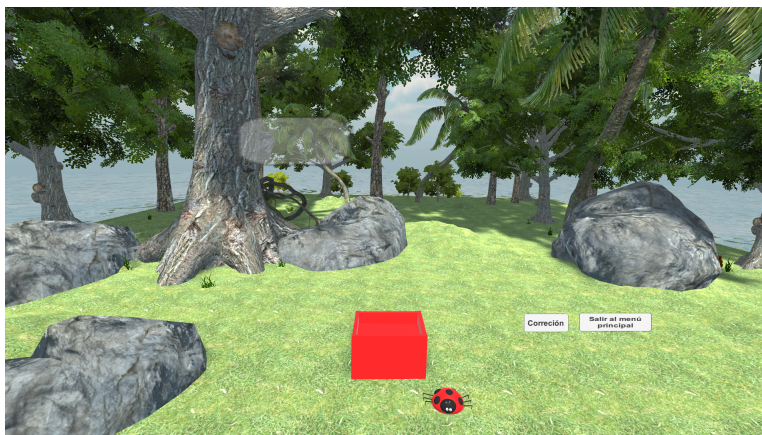


Figura E.15: Ejecución del juego configurado manualmente.

El botón de “**Corrección**” solo se oprime en caso de que el bicho se haya alejado del rango de cobertura y no sea posible alcanzarlo.

3. Cuando finalice el tiempo de la prueba saldrá un mensaje en pantalla que enuncia el fin del juego, como se muestra en la Fig.E.16.



Figura E.16: Fin de juego.

4. Cuando finalice la prueba se despliega la ventana en la que se visualiza el puntaje obtenido (ver Fig.E.17). Al mismo tiempo se genera un documento (.txt) en la carpeta (C:EJECUTABLE\ Documentos) que muestra los logros obtenidos por el participante (ver Fig.E.18).

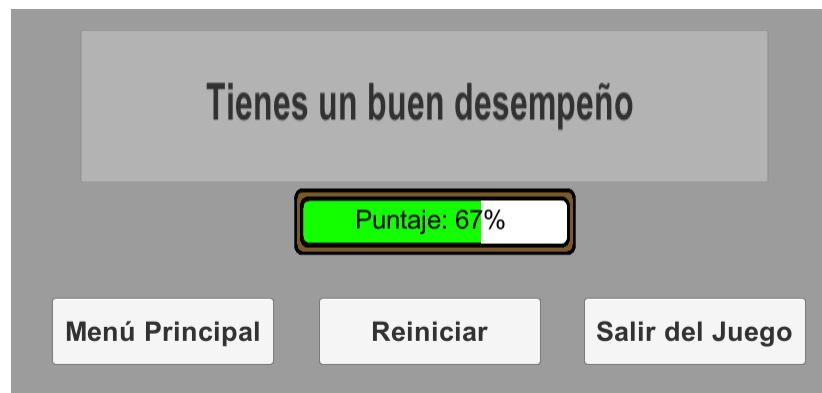


Figura E.17: Puntaje.

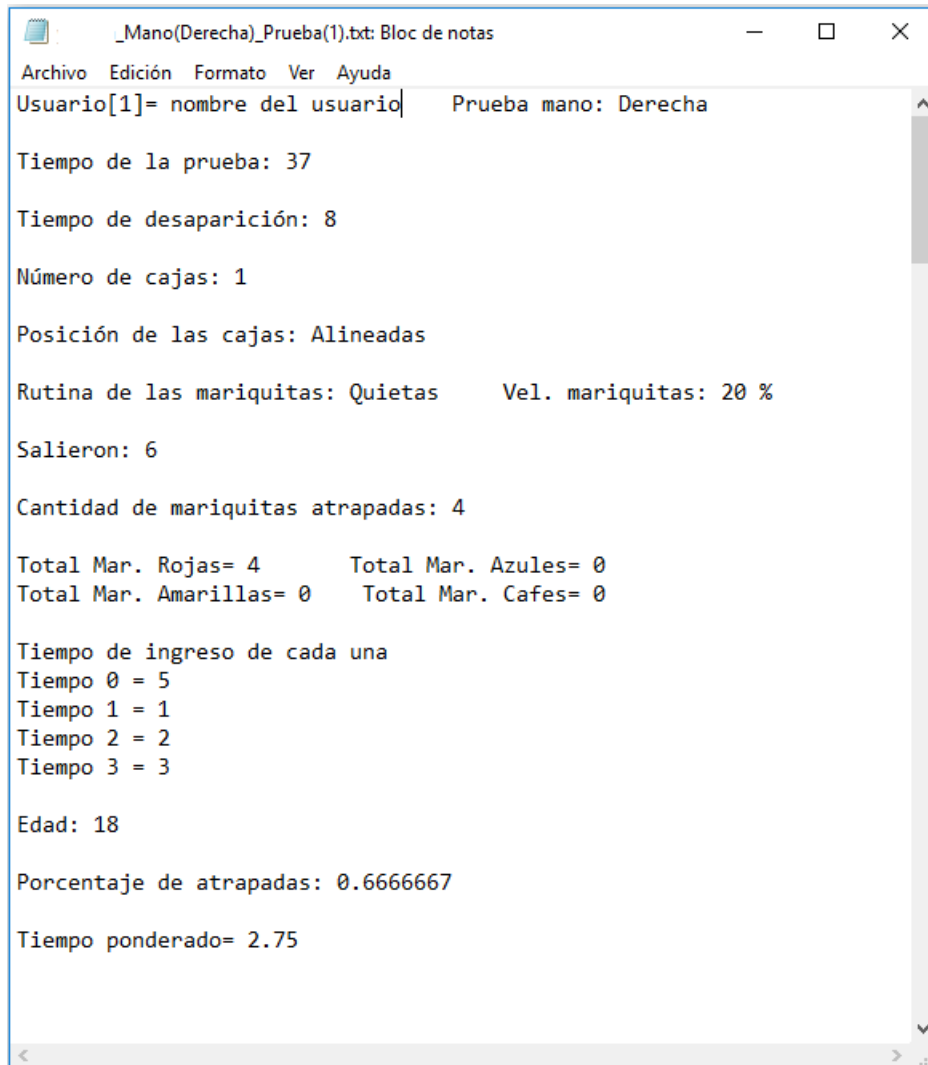


Figura E.18: Archivo txt.

Realizar prueba automática

1. Seleccionar “**Automático**” del menú principal, se despliega la ventana mostrada en la Fig.E.19, en esta ventana se selecciona la mano que se utilizará para realizar la prueba y finalmente se da clic en Iniciar.



Figura E.19: Interfaz para seleccionar la mano.

2. La primera prueba corresponde al nivel inicial (ver Fig.E.20), cada prueba al finalizar genera dos documentos .txt en la carpeta (C:EJECUTABLE\Documentos) que muestran el rendimiento del participante.



Figura E.20: Juego nivel inicial.

3. Al Finalizar la prueba inicial se asigna un tiempo de descanso de un minuto; cumplido este tiempo se activa el botón de continuar (ver Fig.E.21), que, dependiendo del desempeño del participante le asigna un nivel de dificultad.

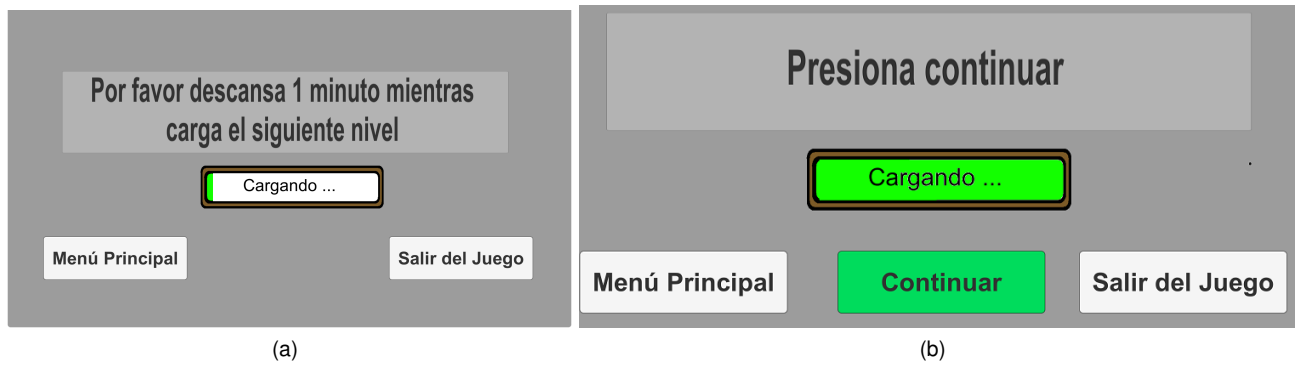


Figura E.21: Tiempo de descanso: a) Interfaz de descanso para el usuario., b) Continuar con la prueba automática.

4. Una vez cumplidos los 8 minutos de prueba se despliega la ventana mostrada en la Fig.E.22.

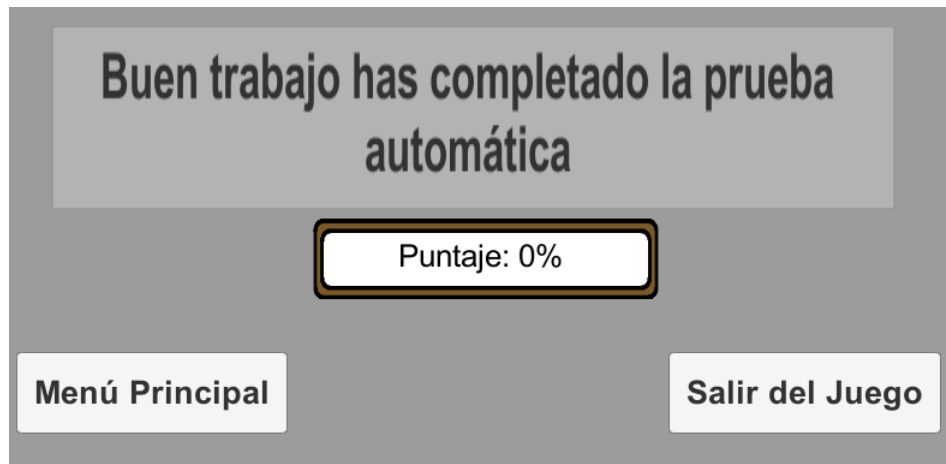


Figura E.22: Interfaz fin del juego automatico.

Bibliografía

[1] M. J. Pérez Pérez *et al.*, “Guía comparativa de metodologías ágiles,” 2012.