

RAE

1. **TIPO DE DOCUMENTO:** Trabajo de grado para optar por el título de INGENIERO DE SONIDO
2. **TÍTULO:** DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA DE ENTRENAMIENTO AUDITIVO ORIENTADA A MEJORAR LA CAPACIDAD DE LOCALIZACIÓN DE FUENTES SONORAS EN EL PLANO HORIZONTAL
3. **AUTORES:** Sebastian López Mejía y Francis Catherine Peñuela Soto
4. **LUGAR:** Bogotá D.C.
5. **FECHA:** Noviembre de 2013
6. **PALABRAS CLAVE:** Entrenamiento auditivo, Localización del sonido, diferencias interaurales de tiempo e intensidad, reverberación, reflexiones tempranas, relación señal directa y campo reverberante, nivel de presión sonora, realidad aumentada, aprendizaje, tipos de aprendizaje, material educativo computacional.
7. **DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:** El objetivo principal de este proyecto es el desarrollo de una herramienta de entrenamiento auditivo espacial orientada a mejorar la capacidad de localización de fuentes sonoras en el plano horizontal (derecha/izquierda y profundidad) de los ingenieros de sonido en el contexto de una mezcla de audio haciendo uso de realidad aumentada, exponiendo el estado del arte junto con el acercamiento de autores en el pasado, pasando a la etapa de desarrollo ingenieril enmarcado en la metodología de diseño de un material educativo computacional, junto con la descripción y modelamiento UML de los algoritmos involucrados en su funcionamiento para finalizar la etapa de prueba de la herramienta con el análisis de resultados y conclusiones devengadas del mismo.
8. **LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Línea de investigación de la USB: Tecnologías actuales y Sociedad. Sub-línea de la Facultad de Ingeniería: Análisis y Procesamiento de Señales. Campo Temático del programa: Audio y Acústica.
9. **FUENTES CONSULTADAS:** Brixen, Eddy B, "Spectral Ear Training", 4th Audio Engineering Society Convention, Berlin, Alemania, 16-19 marzo, preprint 3474, 1993. Letowski, Tomasz, "Development of Technical Listening Skills: Timbre Solfeggio", Versión electrónica, Journal of the Audio Engineering Society, 33(4), 240-244, 1985. Kassier, Rafael, Brookes, Tim, Rumsey, Francis, "Comparison between Spatial Audio Listener Training and Repetitive Practice". 121st Audio Engineering Society Convention, San Francisco, CA, USA, 5-8 Octubre, paper 6977, 2006. Neher, Tobias, "Towards a Spatial Ear Trainer", Department of Music and Sound Recordings, University of Surrey, Guildford, England, 2004. Galvis, A.H. "Ingeniería de Software Educativo", Santafé de Bogotá, Ediciones Uniandes, 1992.
10. **CONTENIDOS:** La investigación y diseño de herramientas de entrenamiento auditivo han centrado su objeto de desarrollo a aquellas de tipo frecuencial y timbre, pero poco ha sido lo ahondado en las de tipo espacial. Bajo ésta carencia se decide desarrollar una herramienta de entrenamiento auditivo de localización de fuentes sonoras en el plano horizontal considerando que es posible que al vincular un segundo sentido

se obtenga un mejor resultado, para lo cual se caracterizan primero las propiedades acústicas y psicoacústicas que intervienen en la localización del sonido, la definición y funcionamiento de la realidad aumentada como punto de enganche entre el sentido de la audición y el tacto, los tipos de aprendizaje y consideraciones de cada uno para aplicar a la herramienta de entrenamiento. Adicionalmente, se presentan las consideraciones de diseño a considerar desde los puntos de vista educativo, comunicacional y computacional, que posteriormente son implementados como desarrollo de *software*. La comprobación de la eficiencia de la herramienta se hace por medio de la evaluación del desempeño de una muestra de 7 Ingeniero de Sonido entrenados durante un periodo de 1 semana, arrojando resultados satisfactorios.

11. METODOLOGÍA: De enfoque Empírico-Analítico con base en el diseño, estudio técnico y verificación experimental de una herramienta de entrenamiento auditivo.

12. CONCLUSIONES: Teniendo en cuenta los resultados analizados de las dos pruebas que se le hicieron a los usuarios para determinar si se había logrado o no una mejoría en su nivel respecto al tema tratado se determinó que aunque el umbral de aprobación del 60% propuesto por los desarrolladores no logró ser superado por ninguno de los usuarios, si se presentó un 27,7% de mejora en cuanto a panorámica y un 16,7% en profundidad, con lo cual se intuye entonces que realizar el entrenamiento con ayuda de la realidad aumentada si aumenta la capacidad de localización de una fuente sonora y que al hacer el entrenamiento más largo si se puede lograr alcanzar el umbral de aprobación.

**DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA DE ENTRENAMIENTO AUDITIVO
ORIENTADA A MEJORAR LA CAPACIDAD DE LOCALIZACIÓN DE
FUENTES SONORAS EN EL PLANO HORIZONTAL**

**Sebastian López Mejía
Francis Catherine Peñuela Soto**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SONIDO
BOGOTÁ D.C.2013**

**DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA DE ENTRENAMIENTO AUDITIVO
ORIENTADA A MEJORAR LA CAPACIDAD DE LOCALIZACIÓN DE
FUENTES SONORAS EN EL PLANO HORIZONTAL**

**Sebastian López Mejía
Francis Catherine Peñuela Soto**

PROYECTO DE GRADO

**Tutor
Ing. Darío Alfonso Páez**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SONIDO
BOGOTÁ D.C.2013**

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá Noviembre de 2013.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a mis padres y familia, por haberme apoyado en el transcurso de estos 5 años de carrera, a mis amigos que hicieron que este camino fuera sin duda alguna mucho menos pesado y a quienes nos apoyaron a lo largo del proyecto para llevarlo a cabo de una manera satisfactoria.

Francis Catherine Peñuela Soto

Agradezco primero a Dios por haberme permitido cumplir mi sueño de educarme en ésta profesión, a mis padres y hermanos por su incondicional apoyo en cada uno de los momentos clave de mi proceso académico, a los docentes de los cuales tuve el honor de recibir cátedra y a todas las personas que con su tiempo, dedicación y apoyo hicieron de éste un gran proyecto de grado.

Sebastian López Mejía

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	6
CONTENIDO.....	7
Lista de Figuras.....	9
Lista de Tablas.....	11
INTRODUCCIÓN.....	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1 Antecedentes	14
1.1.1 Antecedentes internacionales	14
1.1.2 Antecedentes nacionales.....	15
1.1.3 Antecedentes Universidad de San Buenaventura	16
1.2 Descripción y formulación del problema	16
1.3 Justificación.....	17
1.4 Objetivos	18
1.4.1 Objetivo General	18
1.4.2 Objetivos Específicos.....	18
1.5 Alcances y limitaciones	18
1.5.1 Alcances	18
1.5.2 Limitaciones	19
2. MARCO DE REFERENCIA.....	20
2.1 Marco teórico – conceptual.....	20
2.1.1 Sistema auditivo.....	20
2.1.2 Difracción	20
2.1.3 Localización del Sonido	21
2.1.4 Realidad aumentada	26
3. METODOLOGÍA	33
3.1 Enfoque de la investigación	33

3.2	Línea de investigación.....	33
3.3	Técnicas de recolección de información.....	33
3.4	Hipótesis.....	34
3.5	Variables.....	35
3.5.1	Dependientes	35
3.5.2	Independientes	35
4.	DESARROLLO INGENIERIL.....	36
4.1	Diseño	36
4.1.1	Diseño educativo.....	37
4.1.2	Diseño comunicacional	67
4.1.3	Diseño computacional	86
4.2	Desarrollo.....	92
4.2.1	Renderizacion de Audios.....	93
4.2.2	Implementación de las características del <i>software</i>	98
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	110
5.1	Comparación prueba diagnóstica y prueba evaluativa con respuestas exactas	110
5.2	Comparación prueba diagnóstica y prueba evaluativa con respuestas con rango de error en profundidad y en posición angular.	112
5.3	Análisis lógicos de los resultados	113
5.4	Análisis del rendimiento del sistema	114
6.	CONCLUSIONES.....	117
	RECOMENDACIONES.....	119
	BIBLIOGRAFIA.....	122
	ANEXOS	123

Lista de Figuras

<i>Figura 1: magnitud de la absorción del aire en función de la distancia y la frecuencia.</i>	21
<i>Figura 2: Ley del inverso al cuadrado</i>	22
<i>Figura 3: Representación de la sombra acústica producto de la presencia de la cabeza y la longitud de onda de la señal, a) Sin presencia de sombra acústica para una señal de 200 Hz, b) Presencia de una sombra acústica para una señal de 6 kHz.</i>	24
<i>Figura 4: Gráfica de las DII [dB] para señales de diferente frecuencia con respecto al ángulo de ubicación de la fuente sonora.</i>	25
<i>Figura 5: Valores de DIT[ms] respecto al ángulo de la ubicación de la fuente.</i>	26
<i>Figura 6 : Imagen de marcador usado en el rastreo para Realidad Aumentada</i>	28
<i>Figura 7: Modelo sistemático para selección o desarrollo de MECs, Propuesto por Álvaro Galvis.</i>	36
<i>Figura 8: Focos de atención de las diferentes teorías del aprendizaje.</i>	39
<i>Figura 9: Módulo 1-Lección 1</i>	71
<i>Figura 10: Módulo 1-Lección 2</i>	71
<i>Figura 11: Módulo 1-Lección 3</i>	72
<i>Figura 12: Módulo 2-Lección 1</i>	72
<i>Figura 13: Módulo 3-Lección 1</i>	73
<i>Figura 14: Módulo 3-Lección 2</i>	73
<i>Figura 15: Módulo 3-Lección 3</i>	74
<i>Figura 16: Inicio de sesión</i>	76
<i>Figura 17: Pantalla de menú donde se elige la actividad a realizar</i>	77
<i>Figura 18: Descripción de la actividad de comparación ¿Qué se va a aprender en esta actividad?</i>	78
<i>Figura 19: Información acerca del nivel en el que se encuentra el usuario, y como se realiza la actividad</i>	79
<i>Figura 20: Pantalla de visualización de la actividad</i>	80
<i>Figura 21: Información acerca de la actividad de identificación</i>	81
<i>Figura 22: Pantalla de información acerca de la actividad de identificación ¿Dónde se encuentra el usuario? Y ¿Cómo llevar a cabo la lección?</i>	82
<i>Figura 23: Visualización de las regiones disponibles según la lección en la que se encuentre el usuario.</i>	83
<i>Figura 24: Visualización de la actividad de identificación.</i>	84
<i>Figura 25: Elección, acerca de cuáles resultados según las actividades realizadas desear ver el usuario.</i>	85
<i>Figura 26: Visualización de resultados en cualquiera de las dos actividades del programa.</i>	86
<i>Figura 27: Los principios de funcionamiento de ARToolkit.</i>	90
<i>Figura 28: Visualización el plug-in Binauralizer.</i>	94
<i>Figura 29: Visualización del plug-in Trueverb.</i>	96
<i>Figura 30: Comando SQL para introducir una fila en una tabla.</i>	99
<i>Figura 31: comando SQL para leer información en una tabla.</i>	99
<i>Figura 32: Diagrama de secuencia para el caso de uso Inicio de Sesión.</i>	100
<i>Figura 33: Diagrama de componentes para el caso de uso Inicio de Sesión.</i>	101
<i>Figura 34: Diagrama de secuencia para la pantalla de Resultados.</i>	102
<i>Figura 35: Diagrama de Entidad-Relación para la base de datos en la que se almacenan los registros del progreso general del entrenamiento para cada usuario.</i>	103
<i>Figura 36: Diagrama de segundo nivel: componente sistema para el Caso de Uso Actividad.</i>	104
<i>Figura 37: Diagrama de secuencia el caso de uso - Actividad.</i>	107
<i>Figura 38: Diagrama de secuencia el caso de uso – Aleatorio Comparación Módulo 1</i>	108
<i>Figura 39: Resultados de la comparación de las pruebas antes y después el entrenamiento.</i>	110
<i>Figura 40: Resultados de la identificación en profundidad de las pruebas antes y después del entrenamiento.</i>	111
<i>Figura 41: Resultados de la prueba combina de las pruebas antes y después el entrenamiento.</i>	111
<i>Figura 42: Resultados de panorámica de las pruebas antes y después el entrenamiento.</i>	112
<i>Figura 43: Resultados de profundidad de las pruebas antes y después el entrenamiento.</i>	113
<i>Figura 44: Pantalla de Inicio de Sesión.</i>	115
<i>Figura 45: Pantalla de actividad Identificación en su última lección.</i>	115
<i>Figura 46: Cuadro de estadística de rendimiento para la pantalla de Inicio de Sesión.</i>	116

<i>Figura 47: Cuadro de estadística de rendimiento para la pantalla de la actividad Identificación para la última lección.</i>	116
<i>Figura 48: Diagrama caso de uso-Inicio de sesión</i>	141
<i>Figura 49: Diagrama de caso de uso-Menú</i>	142
<i>Figura 50: Diagrama de caso de uso-Resultados</i>	143
<i>Figura 51: Diagrama de caso de uso-Progreso</i>	144
<i>Figura 52: Diagrama de caso de uso-Nueva pregunta</i>	145
<i>Figura 53: Diagrama de caso de uso-Evaluar pregunta</i>	146
<i>Figura 54: Diagrama de componente-General</i>	147
<i>Figura 55: Diagrama de componente-Inicio de sesión</i>	147
<i>Figura 56: Diagrama de componentes-Menú</i>	147
<i>Figura 57: Diagrama de componentes-Activdad</i>	148
<i>Figura 58: Diagrama de secuencia-Inicio de sesión</i>	149
<i>Figura 59: Diagrama de secuencia- Menú</i>	150
<i>Figura 60: Diagrama de secuencia-Actividad</i>	152
<i>Figura 61: Diagrama de secuencia-Resultados</i>	152
<i>Figura 62: Diagrama de secuencia-Aleatorio comparación módulo 1</i>	153
<i>Figura 63: Diagrama de secuencia-Aleatorio comparación módulo 2</i>	154
<i>Figura 64: Diagrama de secuencia-Aleatorio comparación módulo 3</i>	155
<i>Figura 65: Diagrama de secuencia-Aleatorio identificación módulo 1</i>	156
<i>Figura 66: Diagrama de secuencia-Aleatorio identificación módulo 2</i>	157
<i>Figura 67: Diagrama de secuencia-Aleatorio identificación módulo 3</i>	158
<i>Figura 68: Diagrama de clases</i>	161

Lista de Tablas

<i>Tabla 1: Niveles de dificultad para el módulo 1 de la actividad comparación.</i>	44
<i>Tabla 2: Niveles de dificultad para el módulo 2 de la actividad comparación.</i>	44
<i>Tabla 3: Niveles de dificultad para el módulo 3 de la actividad comparación.</i>	45
<i>Tabla 4: Niveles de dificultad para el módulo 1 de la actividad identificación.</i>	46
<i>Tabla 5: Niveles de dificultad para el módulo 2 de la actividad identificación.</i>	46
<i>Tabla 6: Niveles de dificultad para el módulo 3 de la actividad identificación.</i>	47
<i>Tabla 7: Cantidad de preguntas mínimas, máximas y porcentaje de aprobación para módulos de panorámica.</i>	48
<i>Tabla 8: Cantidad de preguntas mínimas, máximas y porcentaje de aprobación para el módulo de profundidad.</i>	48
<i>Tabla 9: Cantidad de preguntas mínimas, máximas y porcentaje de aprobación para módulos de panorámica.</i>	49
<i>Tabla 10: Cantidad de preguntas mínimas, máximas y porcentaje de aprobación para el módulo de profundidad.</i>	49
<i>Tabla 11: Cantidad de preguntas mínimas, máximas y porcentaje de aprobación para el módulo de plano horizontal.</i>	50
<i>Tabla 12: Resultados prueba de audífonos pregunta 1.</i>	54
<i>Tabla 13: Resultados prueba de audífonos pregunta 2.</i>	54
<i>Tabla 14: Resultados prueba de audífonos pregunta 3.</i>	54
<i>Tabla 15: Resultados prueba de audífonos pregunta 4.</i>	55
<i>Tabla 16: Resultados prueba de audífonos pregunta 5.</i>	55
<i>Tabla 17: Resultados prueba de audífonos pregunta 6.</i>	55
<i>Tabla 18: Resultados prueba de audífonos pregunta 2.</i>	55
<i>Tabla 19: Resultados prueba de audífonos pregunta 8.</i>	56
<i>Tabla 20: Resultados prueba de audífonos pregunta 9.</i>	56
<i>Tabla 21: Resultados prueba de audífonos pregunta 10.</i>	56
<i>Tabla 22: Resultados prueba de audífonos pregunta 11.</i>	56
<i>Tabla 23: Resultados prueba de audífonos pregunta 12.</i>	57
<i>Tabla 24: Resultados prueba de audífonos pregunta 13.</i>	57
<i>Tabla 25: Resultados prueba de audífonos pregunta 14.</i>	57
<i>Tabla 26: Resultados prueba de audífonos pregunta 15.</i>	57
<i>Tabla 27: Resultados prueba de audífonos pregunta 16.</i>	58
<i>Tabla 28: Resultados prueba de audífonos pregunta 17.</i>	58
<i>Tabla 29: Resultados prueba de audífonos pregunta 18.</i>	58
<i>Tabla 30: Resultados prueba de audífonos pregunta 19.</i>	58
<i>Tabla 31: Resultados prueba de audífonos pregunta 20.</i>	59
<i>Tabla 32: Resultados prueba de audífonos pregunta 21.</i>	59
<i>Tabla 33: Resultados prueba de audífonos pregunta 22.</i>	59
<i>Tabla 34: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 1.</i>	59
<i>Tabla 35: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 2.</i>	60
<i>Tabla 36: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 3.</i>	60
<i>Tabla 37: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 4.</i>	60
<i>Tabla 38: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 5.</i>	60
<i>Tabla 39: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 6.</i>	61
<i>Tabla 40: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 7.</i>	61
<i>Tabla 41: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 8.</i>	61
<i>Tabla 42: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 9.</i>	61
<i>Tabla 43: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 10.</i>	62
<i>Tabla 44: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 11.</i>	62
<i>Tabla 45: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 12.</i>	62
<i>Tabla 46: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 13.</i>	62
<i>Tabla 47: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 14.</i>	63
<i>Tabla 48: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 15.</i>	63

<i>Tabla 49: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 16.</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 50: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 17.</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 51: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 18.</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 52: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 19.</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 53: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 20.</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 54: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 21.</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 55: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 22.</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 56: Comparación de los resultados en audífonos y monitores para ubicar la posición angular en la cual se encuentra la fuente sonora</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 57: Comparación de los resultados en audífonos y monitores para ubicar la Profundidad en metros en la cual se encuentra la fuente sonora.</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 58: Selección de audios para el entrenamiento.</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 59: Selección de la posición angular de cada uno de los audios.</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 60: Selección de la distancia en metros de cada uno de los audios.</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 61: Selección Final de los audios que se van a trabajar dentro de la herramienta.</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 62: Resultados Lógicos del entrenamiento.</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 63: Caso de uso-Inicio de sesión</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 64: Caso de uso- Menú</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 65: Caso de uso-Actividad</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 66: Caso de uso-Resultados</i>	<i>127</i>
<i>Tabla 67: Caso de Uso-Progreso</i>	<i>131</i>
<i>Tabla 68: Caso de uso- Nueva Pregunta</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 69: Caso de uso- Evaluar Pregunta</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 70: Caso de uso- Aleatorio Comparación Modulo 1</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 71: Caso de uso- Aleatorio Comparación Modulo 2</i>	<i>136</i>
<i>Tabla 72: Caso de uso- Aleatorio Comparación Modulo 3</i>	<i>137</i>
<i>Tabla 73: Caso de uso-Aleatorio Identificación Modulo 1</i>	<i>138</i>
<i>Tabla 74: Caso de uso-Aleatorio Identificación Modulo 2</i>	<i>139</i>
<i>Tabla 75: Caso de uso-Aleatorio Identificación Modulo 3</i>	<i>140</i>
<i>Tabla 76: Resultados de la prueba diagnóstica Panorámica</i>	<i>162</i>
<i>Tabla 77: Resultados de la prueba diagnóstica Profundidad</i>	<i>162</i>
<i>Tabla 78: Resultados de la prueba diagnostica Combinada</i>	<i>162</i>
<i>Tabla 79: Resultados de la prueba diagnóstica con respuestas exactas</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 80: Resultados de la prueba evaluativa con respuestas exactas</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 81: Resultados de la prueba diagnóstica en Profundidad con respuestas exactas</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 82: Resultados de la prueba evaluativa en Profundidad con respuestas exactas</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 83: Resultados de la prueba diagnóstica en Combinada con respuestas exactas</i>	<i>165</i>
<i>Tabla 84: Resultados de la prueba diagnóstica en Combinada con respuestas exactas</i>	<i>165</i>
<i>Tabla 85: Resultados de la prueba diagnóstica en Panorámica con respuestas cercana</i>	<i>166</i>
<i>Tabla 86: Resultados de la prueba Evaluativa en Panorámica con respuestas cercana</i>	<i>166</i>
<i>Tabla 87: Resultados de la prueba diagnóstica en Profundidad con respuestas cercana</i>	<i>167</i>
<i>Tabla 88: Resultados de la prueba evaluativa en Profundidad con respuestas cercana</i>	<i>167</i>

INTRODUCCIÓN

El presente documento manifiesta el desarrollo de una herramienta de entrenamiento auditivo orientada a mejorar la capacidad de localización de fuentes sonoras en el plano horizontal, objeto de estudio que ha sufrido de poca exploración, tal como se observa en los primeros capítulos del contenido documentado, durante los cuales se procede a identificar las carencia que pretende solucionar éste Proyecto de Grado haciendo un recuento histórico del estado del arte concluyendo que ha sido bastante la investigación referente a herramientas de entrenamiento auditivo de tipo frecuencial e identificación de timbre, pero falta profundizar en las herramientas de tipo espacial, necesidad que debe se debe suplir al contextualizar al Ingeniero de Sonido en la etapa de mezcla de audio dentro del gran proceso de producción musical, pues es en ésta donde la capacidad de discriminación de timbre y localización de fuentes juegan un rol fundamental para el buen desempeño profesional.

Una vez identificada la razón de ser y el objetivo de éste desarrollo, se procede a suministrar al lector las herramientas conceptuales fundamentales para la comprensión de éste documento, tales como la forma en la que se produce el fenómeno de localización del sonido enmarcada en los resultados de estudios psicoacústicos, la definición y funcionamiento de la tecnología de Realidad Aumentada y por último la definición de aprendizaje, considerando sus tipos, características y formas de medición.

Posteriormente, se observa la etapa de desarrollo ingenieríl en la cual han sido documentadas las decisiones de diseño (diseño educativo, diseño comunicacional y diseño computacional) desde las que se permite conocer las características de la herramienta junto con la forma en la que serán implementados los algoritmos para garantizar el correcto funcionamiento de la misma, además se expondrá en la etapa de desarrollo los pasos por medio de los cuales ha sido garantizada la implementación de las características determinadas en la anterior fase.

Por último se presenta el análisis de resultados de la herramienta, para lo cual una muestra de siete Ingenieros de Sonido fue entrenada durante una semana, realizando pruebas de diagnóstico antes y después de dicho periodo, evidenciando una mejora en la capacidad de localización de fuentes sonoras posterior al análisis de la comparación de dichas pruebas. Éste apartado corresponde al de verificación de la efectividad de la herramienta desde los puntos de vista de rendimiento en aprendizaje (tal como fue descrito anteriormente) y rendimiento computacional, que para este último fue realizada una medición de la latencia del sistema por medio de la determinación de la cantidad de cuadros por segundo renderizados en pantalla.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

1.1.1 Antecedentes internacionales

- Paper 6977, *A Comparison between Spatial Audio Listener Training and Repetitive Practice*, presentado en la convención 121st, San Francisco, CA, USA, Octubre 5-8 2006.
 - A pesar de los sistemas convencionales de entrenamiento auditivo que existen hoy en día, no hay uno de ellos que se especialice en evaluar la localización de posición de fuentes sonoras, es decir entrenamiento auditivo espacial, el estudio que se describe en este artículo es desarrollado mediante la evaluación del rendimiento de la capacidad de localización espacial, por medio de entrenamiento basado en repetición de estímulos.
- Una nueva interacción de YARMI, convención AES 2011, Bruno Azzinnari, Pablo Bounous, Gastón Caldeiro, Tomás Lorenzo Laboratorio de Medios, InCo, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República Montevideo, 1300, Uruguay.
 - YARMI es un instrumento musical colaborativo, tangible, que funciona en red y opera en un espacio de realidad aumentada compartido entre los músicos y el público. Presenta una interfaz de sobremesa donde se interactúa con varios secuenciadores musicales y máquinas de efecto en tiempo real. En este artículo se presentan los cambios y mejoras introducidos en la nueva versión del instrumento, a partir del diseño original realizado por Lorenzo, Castro y Rodríguez. En esta nueva instancia se hizo hincapié en los aspectos gráficos, de usabilidad y de interacción, introduciéndose nuevas funcionalidades como un secuenciador orientado a notas además de uno de muestras y el soporte de *loops* de audio pregrabados, rediseñándose también la arquitectura del sistema, previo a su construcción.
- An Experimental Verification of Localization in Two-Channel Stereo, Convention Paper 6968, Presented at the 121st Convention, 2006 October 5–8 San Francisco, CA, USA
 - Por medio de pruebas de escucha el autor de este artículo, evalúa la efectividad de asumir ciertas aproximaciones durante el desarrollo de estas, como cabeza esférica, que no ocasiona difracción del sonido, oídos diametralmente opuestos, la ubicación del oyente en el eje central del arreglo de reproducción, y la no influencia de la pinna y el torso, además de comparar la influencia de las ITD e ILD en la localización de fuentes. El autor concluye que dichas aproximaciones no son válidas al momento de extrapolar la prueba al mundo real, también corrobora el uso de las ITD para la localización de bajas frecuencias, y las ILD para la localización en frecuencias medias-altas.

1.1.2 Antecedentes nacionales

- Método de procesamiento de imágenes MODIS para Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical 2007.

Las imágenes MODIS actualmente juegan un papel importante en el desarrollo de sistemas de tierras, monitoreo de la deforestación, predicción en el cambio global entre otros, convirtiéndose en un gran aporte para asistir a políticas de protección ambiental.

En colaboración con USGS-EROS Data Center y CIAT se generó un método de procesamiento de productos MODIS para toda Colombia con proyección MAGNA-Sirgas _ Bogotá. Este método nos permitió obtener imágenes de 23 periodos de 16 días para el año 2004. La Información se genera en formato *GEO_tiff* (compatible con el diferente software GIS) con imágenes separadas de cada banda de NDVI, EVI, *MIR reflectance*, *EVI Quality* y *NDVI Quality*. Estas últimas contienen información adicional sobre nubosidad, calidad de aerosol, datos atmosféricos entre otros.

- Procesamiento digital de imágenes de satélite aplicado a estudios ambientales, teledetección, medio ambiente y cambio global (2001). Departamento de biología vegetal, Universidad de Granada, campus de fuente nueva s/n 18071 Granada.

Resultados obtenidos, en diferentes ambientes tropicales, con la aplicación de algoritmos físicos al procesamiento digital de imágenes de satélite. Reflectancia de la superficie, radicación global y radiación solar neta de onda corta son algunos de los conceptos físicos utilizados en la generación de algoritmos, dichos resultados permiten no solamente una mejor identificación de las diversas clases de vegetación, suelo y agua sino que también muestran la potencialidad que ofrece la utilización de los algoritmos desarrollados en la cuantificación de variables biofísicas de las mencionadas superficies.

- Utilización del procesamiento de imágenes para determinar la severidad de la mancha de hierro en hojas de café, Guzmán; Gómez; Rivillas.; Oliveros, 2003.

Mediante la utilización del programa *Matlab*, versión 5.3. que incluye técnicas de procesamiento de imágenes y reconocimiento por color, se realizó un programa analizador de imagen para medir la severidad de la mancha de hierro del cafeto, enfermedad causada por *Cercospora coffeicola*, Berk y Cook en hojas del cafeto. La utilización y adopción de este programa permite conocer con mayor precisión y rapidez el área foliar de plantas de café y el área afectada por esta enfermedad o la producida por algún otro disturbio fitosanitario, permitiendo obtener resultados más confiables que pueden ser reproducibles en otras investigaciones.

1.1.3 Antecedentes Universidad de San Buenaventura

- Desarrollo de un sistema de control y automatización del nivel de los monitores de un músico en un montaje de sonido en vivo mediante procesamiento de imagen, Carolina Guerrero, Juan David Páez, Oscar Pinilla. Año 2010.
- Desarrollo de segundo Proyecto Integrador mezclAR, Juliette Olivella López, Sebastián López Mejía, Francis Catherine Peñuela Soto, Año 2011.

1.2 Descripción y formulación del problema

En el año 1993, Eddy Bøgh Brixen presenta ante la Sociedad de Ingeniería de Audio (AES) un artículo en el que describe el concepto de desarrollo de un programa de entrenamiento auditivo de timbre rápido y eficaz¹, también en él describe la existencia de herramientas de entrenamiento auditivo en el dominio de la frecuencia efectivos pero extensos como el propuesto por Tomansz Letowski², el cual se basa en realizar una modificación espectral de una señal por medio del filtrado, ecualización, compresión/limitación y expansión, y solicitar al estudiante que iguale el timbre característico de la señal expuesta por medio de la aplicación de los mismos dispositivos usados para su transformación; El principal inconveniente de éste programa es su duración, pues se estima alcanzar resultados óptimos a partir del 2º año de práctica.

El artículo Nro. 6977 presentado en la Convención 121º de la AES³ indica el buen recorrido en el estudio de programas de entrenamiento auditivo orientados a la identificación de cambios de timbre, así como la falta de profundización en el área de investigación relacionada con los programas de entrenamiento espacial, justificando el evaluar la posibilidad de perdurar de una modificación del programa de entrenamiento auditivo espacial desarrollado por Neher⁴ y el desempeño obtenido por oyentes que basaron sus estudios en prácticas repetitivas, comparando la capacidad de los oyentes de relacionar los ejercicios presentados en el entrenamiento con casos de aplicación diferentes con el fin de identificar si después del curso se establece un vínculo entre lo estudiado y casos de aplicación, concluyendo que el mal desempeño puede ser resultado de una retroalimentación negativa y falta de motivación durante el entrenamiento, el grupo que basó sus estudios en práctica repetitiva obtuvo un mejor desempeño frente a los que tomaron el entrenamiento en circunstancias similares a las presentadas durante el desarrollo de la formación.

¹Brixen, Eddy B. (1993). *Spectral Ear Training*. 94th Audio Engineering Society Convention, Berlin, Alemania, 16-19 marzo, (preprint preprint 3474).

²Letowski, Tomansz (1985). *Development of Technical Listening Skills: Timbre Solfeggio*. [Versión electrónica]. *Journal of the Audio Engineering Society*, 33(4), 240-244.

³Kassier, Rafael; Brookes, Tim; Rumsey, Francis.(2006). *A Comparison between Spatial Audio Listener Training and Repetitive Practice*. 121st Audio Engineering Society Convention, San Francisco, CA, USA, 5-8 Octubre, (paper 6977).

⁴Neher, Tobias (2004). *Towards a Spatial Ear Trainer*. Department of Music and Sound Recordings. University of Surrey, Guildford, England.

En la actualidad debido a la poca importancia que se le da al entrenamiento auditivo espacial, las herramientas más utilizadas son enfocadas a los cambios de timbre, dentro de los cuales encontramos la herramienta de entrenamiento *Golden Ears*, cuyo objetivo principal es reconocer el espectro de frecuencias en diez octavas, determinar los posibles cambios en el procesamiento de señales digitales, y el ajuste de retardos dentro de una producción, de igual manera retomando los principios de funcionamiento de habilidades auditivas se encuentra también el *EarMaster*, cuya evaluación se realiza tonalmente, y es lo más parecido a lo que se usaba en los siglos XVI y XVII.

Como se ha descrito en los párrafos anteriores, es amplio el trayecto que se ha recorrido en el desarrollo de herramientas y programas de entrenamiento orientados a perfeccionar el análisis frecuencial del sonido, pero no se ha enfatizado en el desarrollo de herramientas de entrenamiento auditivo enfocadas a mejorar el análisis espacial, problema que ha ocasionado a los oyentes de poca experiencia una deficiencia en el criterio de ubicación de fuentes sonoras, en el caso de la Ingeniería de Sonido al realizar una mezcla de audio, perdiendo inteligibilidad de cada uno de los elementos que la conforman.

Así, considerando lo anteriormente descrito y la importancia del rol del ingeniero de sonido, se plantea ¿Cómo mejorar la capacidad de localización en el plano horizontal (derecha/izquierda y profundidad) del ingeniero de sonido dentro de una mezcla de audio?

1.3 Justificación

El ingeniero de sonido, se encuentra en la capacidad de desarrollar distintos cargos dentro de un proceso de audio, la mezcla es uno de los temas más importantes y de mayor cuidado que un ingeniero debe tener en cuenta para realizar su trabajo con la mayor satisfacción posible, a su vez dentro de este proceso, el ingeniero debe prestar especial atención a tareas como: naturalidad, niveles y proceso de las fuentes sonoras, así como la claridad y definición de estos mismos y el posicionamiento de los instrumentos en el espacio, el proceso de mezcla del ingeniero depende del conocimiento del género musical a mezclar, y de la experiencia que haya tenido con diferentes pistas de audio.

Por otra parte la formación académica del ingeniero de sonido, y los avances tecnológicos que se presentan en la actualidad, permiten que el profesional desarrolle herramientas que le permitan contribuir en su desempeño, dentro del campo de acción que maneja.

Gracias a estos avances tecnológicos dentro del mundo de la ingeniería se han logrado crear diversas cosas en pro del ser humano, dentro de estas se encuentra la Realidad Aumentada (AR), que consiste en la superposición de imágenes virtuales en el mundo físico-real, esta tecnología trabaja con procesamiento digital de imágenes. El proceso de aplicación de AR le permite

al profesional crear una perspectiva no solo auditiva de lo que pasa en el escenario, sino que también tendrá la posibilidad de combinarlo con la parte visual.

La finalidad de este proyecto es brindarle al ingeniero la posibilidad de desarrollar habilidades que le permitan reconocer la localización de fuentes sonoras ubicadas en un espacio determinado, por medio de una herramienta interactiva basada en realidad aumentada, así como también causar un impacto socio-cultural en los ingenieros de sonido, a través del cual se vea reflejado la importancia del entrenamiento auditivo espacial.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Desarrollar una herramienta de entrenamiento auditivo espacial orientada a mejorar la capacidad de localización de fuentes sonoras en el plano horizontal (derecha/izquierda y profundidad) con aplicación en una mezcla de audio haciendo uso de realidad aumentada.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros sobre los cuales se realizará el entrenamiento de localización de fuentes sonoras en el plano horizontal.
- Determinar el algoritmo de entrenamiento auditivo y el grado de éxito a obtener durante el aprendizaje (curva de aprendizaje).
- Diseñar el algoritmo de evaluación de posicionamiento de fuentes sonoras asignadas a cada marcador.
- Diseñar una interfaz de usuario que permita implementar los algoritmos elegidos y transmitir la información de forma interactiva.
- Comprobar la eficiencia de la herramienta de entrenamiento auditivo, por medio de una comparación en la efectividad de localización antes y después de realizar el entrenamiento.

1.5 Alcances y limitaciones

1.5.1 Alcances

- El sistema de reproducción elegido para el entrenamiento auditivo es estéreo, pues en la actualidad es comercialmente el de mayor presencia.

- Gracias al uso de un motor de rastreo de marcadores, el sistema permitirá realizar un enlace entre la audición y la visión, pues una fuente localizada por el sistema auditivo tendrá una representación visual a escala de su ubicación.
- Retomando la investigación en el futuro, por medio de un sistema de reproducción estéreo, implementando tecnología binaural, y considerando la Función de Transferencia Relacionada a la Cabeza (HRTF) del oyente se puede emular una sensación de escucha esférica como la del sistema auditivo humano, brindando la capacidad de realizar un entrenamiento auditivo de localización de fuentes sonoras en las 3 dimensiones, pues se tendría en cuenta la posible modificación espectral ocasionada por la presencia de la pinna, el torso y la cabeza en el campo sonoro.

1.5.2 Limitaciones

- Según el motor de rastreo que se elija para llevar a cabo la aplicación, se deberá tener en cuenta cuál de estos es libre, de lo contrario tener conocimiento de los requisitos para obtener la licencia y de esta manera determinar si es de fácil acceso.
- La respuesta de la interfaz de usuario implementada por medio del motor de rastreo de marcadores, se ve limitada por las características técnicas del hardware a usar, resolución, velocidad de captura y ángulo de cobertura de la cámara, y la iluminación del entorno.
- La falta de un buen sistema de procesamiento de imagen que permita el análisis en tiempo real de los resultados.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Marco teórico – conceptual

2.1.1 Sistema auditivo

El sistema encargado de proporcionar la capacidad de la audición humana es un conjunto de huesos, membranas, tejidos y fluidos que posibilitan el análisis del comportamiento físico de las señales de excitación a través de una serie de transducciones acústico-mecano-eléctricas que tienen lugar en las secciones de oído externo, oído medio y oído interno respectivamente, haciendo de éste conjunto anatómico el de mayor capacidad respecto a su pequeño tamaño, pues se ha determinado que su rango de tolerancia en cuanto a los niveles de presión sonora de la señal de excitación, sin tener sensación de dolor, son tan altos que alcanzan valores de hasta $120\text{ dB} - 20\text{ Pa}$, y que el umbral de audición, es decir, la mínima amplitud de presión sonora que debe tener una señal acústica para producir una sensación de percepción auditiva, es de apenas $0\text{ dB} - 20\text{ }\mu\text{Pa}$. Otra importante característica del sistema auditivo, es la de poder ejercer las funciones de un selectivo analizador de espectro dando la capacidad de identificar sonidos en un rango de frecuencias entre $20\text{ Hz} - 20\text{ kHz}$ idealmente, pero se ha encontrado que éste intervalo se modifica de una persona a otra y que varía con la edad, la cantidad de exposición a altos niveles de ruido, los malos hábitos de escucha, entre otros.

2.1.2 Difracción

Es el fenómeno físico que afecta la propagación del sonido cuando en la dirección de dispersión de una onda sonora se presenta un obstáculo o una ranura que ocasiona que la fuente rodee el obstáculo o que la ranura se convierta en un foco emisor de sonido, dependiendo de la longitud de onda del sonido y de las dimensiones del obstáculo o ranura, o que produzca una sombra acústica en el costado opuesto al ángulo de incidencia de la señal acústica.

La difracción producirá, en el caso en que la longitud de onda de la señal acústica sea mayor que las dimensiones del obstáculo presente, que el obstáculo se comporte como una fuente de sonido secundaria, puesto que todos los puntos del plano inmerso en el campo acústico generado por la señal acústica se convierten en puntos de radiación de sonido de ondas difractadas. Por otro lado, analizando el caso en el que la longitud de onda del sonido sea menor que las dimensiones del obstáculo presente, se producirá una sombra acústica en el costado opuesto al ángulo de incidencia de la onda de sonido, la cual se caracteriza por presentar una disminución en la amplitud de la señal.

2.1.3 Localización del Sonido

Considerando que el sistema auditivo está compuesto por dos oídos (con las capacidades de respuesta anteriormente expresadas) y que su disposición en el cuerpo es a los costados de la cabeza, lo cual permite determinar la posición en el espacio de las fuentes sonoras que emitan una señal de excitación, pues después de capturar los estímulos acústicos que arriban a cada oído el cerebro permite realizar una correlación entre las señales capturadas, y así, determinando las diferencias de cada una, localiza las fuentes de sonido.

Para el caso de la localización de fuentes sonoras según la posición angular (Panorámica), el sistema auditivo realiza una comparación de dos parámetros relacionados a cada señal capturada, ellos son la amplitud y el tiempo de retraso de llegada de la señal en un oído respecto al otro, conocidos como Diferencia Interaural de Intensidad y Diferencia Interaural de Tiempo respectivamente.

Por otro lado para determinar la posición de la fuente respecto a profundidad (distancia en metros), se han realizado varios estudios que han ayudado a determinar qué factores influyen en esta percepción, de esta manera se destacan en la realización de este proyecto los siguientes:

- **Contenido Frecuencial:** en este ítem las investigaciones arrojan que entre más lejos este la fuente, es decir a 15m o más, se sentirá una pérdida frecuencial después de los 10KHz, puesto que la absorción del aire es mucho mayor⁵.

Figure 2.1: Magnitude of air absorption as a function of distance and frequency for an air humidity of 20% and a temperature of 20°C (adapted from [Savioja *et al.*, 1999])

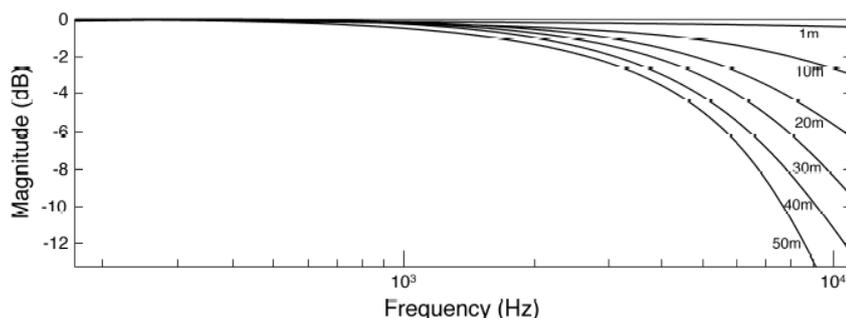


Figura 1⁶: magnitud de la absorción del aire en función de la distancia y la frecuencia.

⁵ NEHER Tobias, Towards of Spatial Ear Trainer, Marzo 2004. 222 páginas, Department of Music & Sound Recording School of Arts, University of Surrey.

⁶ NEHER Tobias, Towards of Spatial Ear Trainer, Marzo 2004. 222 páginas, Department of Music & Sound Recording School of Arts, University of Surrey.

- **Volumen:** varios estudios psicoacústicos hablan acerca de que la percepción del sonido está fuertemente relacionada con el nivel de presión sonora. En condiciones de campo libre toda la energía del sonido se irradia lejos de la fuente y nada de esto se refleja, es por esto que aquí se aplica la ley del inverso al cuadrado ($1/r$) para cualquier ubicación de la fuente, esta separación implica una caída de 6dB por duplicación de distancia, la cual será menos en entornos no anecoicos⁷.

Figure 2.2: Graphical illustration of the inverse distance law (after [Everest, 2001])

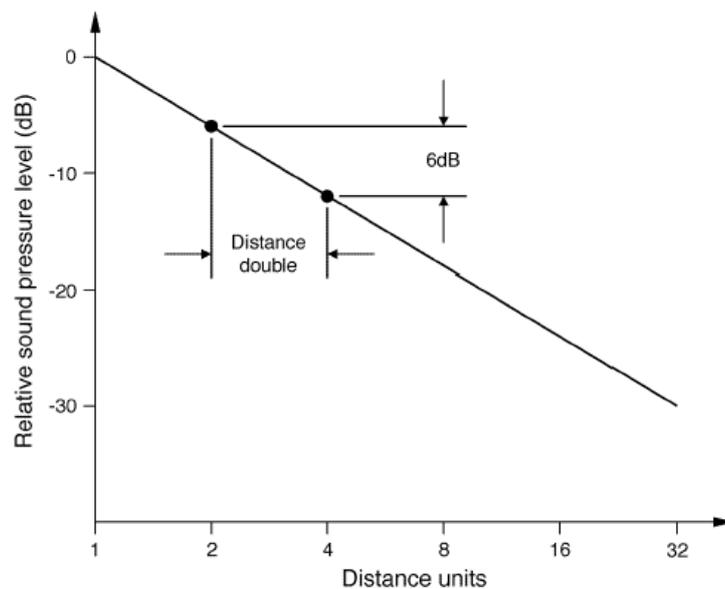


Figura 2⁸: Ley del inverso al cuadrado

- **Relación sonido directo y reverberación (D/R):** este es definitivamente uno de los factores más influyentes para determinar la percepción del sonido, puesto que gracias a esta relación se pueden distinguir entre las señales absolutas y relativas así la señal directa que llega sin haber chocado con ninguna superficie le proporciona al oyente la ubicación de la fuente, y la señal reverberante que se proporciona después de 30ms más o menos le proporciona a la persona que tan lejos o que tan cerca está la fuente⁹.
- **Distribución energética de las reflexiones tempranas:** según la investigación que realizaron Michelsen y Rubak en 1997, se centraron en tres factores que afectan la percepción del sonido, el nivel, el contenido espectral del sonido directo y diversas propiedades del sonido reflejado, sin embargo como la influencia de la señal directa disminuye en entornos

⁷ NEHER Tobias, Towards of Spatial Ear Trainer, Marzo 2004. 222 páginas, Department of Music & Sound Recording School of Arts, University of Surrey.

⁸ NEHER Tobias, Towards of Spatial Ear Trainer, Marzo 2004. 222 páginas, Department of Music & Sound Recording School of Arts, University of Surrey.

⁹ NEHER Tobias, Towards of Spatial Ear Trainer, Marzo 2004. 222 páginas, Department of Music & Sound Recording School of Arts, University of Surrey.

reverberantes, el sonido reflejado es entonces el que tienen que proporcionar las señales a distancia principalmente. La investigación que se realiza hace que el D/R se mantenga constante esto hace que el cambio de la distribución temporal de la energía reverberante y el índice de claridad C80 pueda ser manipulado¹⁰.

2.1.3.1 Diferencia Interaural de Intensidad (DII)

Por las propiedades de absorción del sonido del aire, a medida que se propagan las ondas de sonido éstas van disminuyendo su amplitud producto de la interacción de moléculas en el medio, sin embargo, el principal fenómeno físico involucrado en la localización por medio de las DII es la difracción, pues dependiendo de la longitud de onda de sonido que incide en el sistema auditivo, la cabeza será un objeto que ocasiona difracción, concretamente una sombra acústica, en el campo sonoro.

Con lo anterior se puede inferir que las Diferencias Interaurales de Intensidad son funcionales para un rango de frecuencias establecido, el cual depende de la longitud de onda y las dimensiones de la cabeza; así para un diámetro de cabeza de aproximadamente 17 cm ¹¹, se tiene que la frecuencia a partir de la cual las DII prevalecen en la localización es: $f = \frac{343\text{ m/s}}{0,17\text{ m}} = 2017\text{ Hz}$; pues a medida que incrementa la frecuencia, la longitud de onda disminuye ocasionando que las dimensiones de la cabeza se presenten como un objeto de gran tamaño en el campo sonoro.

La forma en la que se realiza la localización por medio del uso de las DII es que, ante la presencia de una sombra acústica producto de la difracción ocasionada por la presencia de la cabeza, se produce una disminución de intensidad en la señal que captura el oído opuesto al ángulo de incidencia de la señal acústica que al ser comparada con el nivel de intensidad de la señal capturada por el oído opuesto, permite determinar el ángulo desde el cual se está generando la excitación y por ende ubicar la fuente sonora.

¹⁰ NEHER Tobias, Towards of spatial ear trainer, Marzo 2004. 222 paginas, department of music & sound recording school of arts, University of surrey.

¹¹ <http://www.solociencia.com/medicina/08030706.htm>

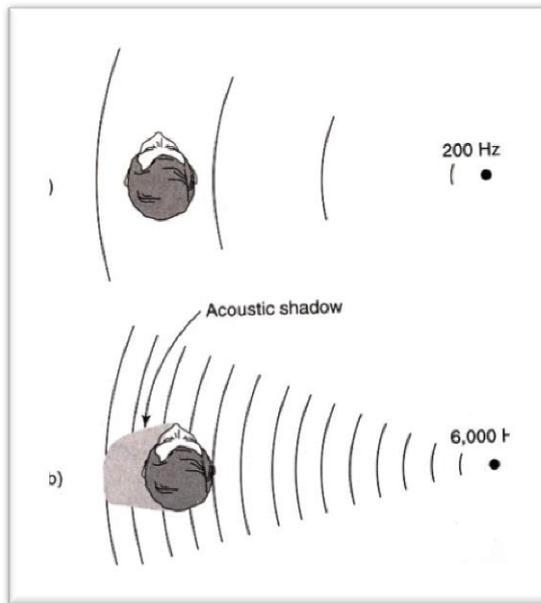


Figura 3¹²: Representación de la sombra acústica producto de la presencia de la cabeza y la longitud de onda de la señal, a) Sin presencia de sombra acústica para una señal de 200 Hz, b) Presencia de una sombra acústica para una señal de 6 kHz.

Se puede decir que para frecuencias inferiores a 500 Hz las DII son prácticamente despreciables puesto que la longitud de onda es $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{343 \text{ m/s}}{500 \text{ Hz}} = 0,686 \text{ m} = 68,6 \text{ cm}$, y el ancho de la cabeza humana es en promedio $w = 17,6 \text{ cm}$, sin embargo por encima de 5 kHz se pueden obtener DII de hasta 20 dB¹³, tal como se observa en la siguiente gráfica para el caso de una señal de 6 kHz con un ángulo de incidencia de la fuente de 90°.

¹² Ilustración 1: <http://www.ssc.education.ed.ac.uk/courses/deaf/dnov10i.html>

¹³ <http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/loc.html>

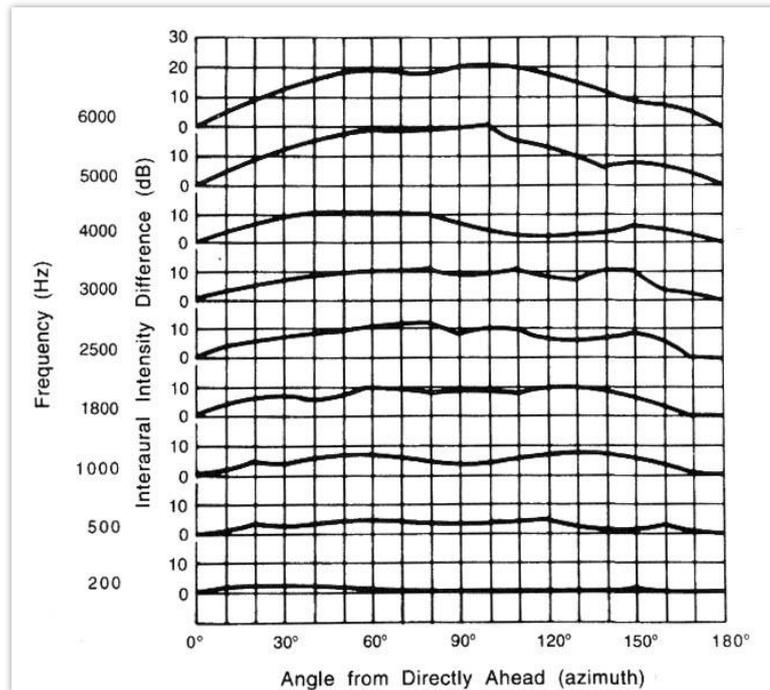


Figura 4¹⁴: Gráfica de las DII [dB] para señales de diferente frecuencia con respecto al ángulo de ubicación de la fuente sonora.

2.1.3.2 Diferencia Interaural de Tiempo (DIT)

Las DIT encuentran su punto de operación óptimo justo cuando el rendimiento de las DII disminuye, es decir, principalmente a bajas frecuencias. Basa su funcionamiento en el análisis del retraso en el arribo de la señal de excitación de un oído respecto al otro y de a éste, determina el ángulo desde el cual se está generando la señal de excitación.

En la Figura 3, se observa el valor de las DIT en *ms* respecto al ángulo de incidencia de la señal acústica, de la cual se resalta que para un ángulo de fuente de 90° se registra una DIT de aproximadamente 0,69 *ms*.

¹⁴ Ilustración 2: <http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/loc.html>

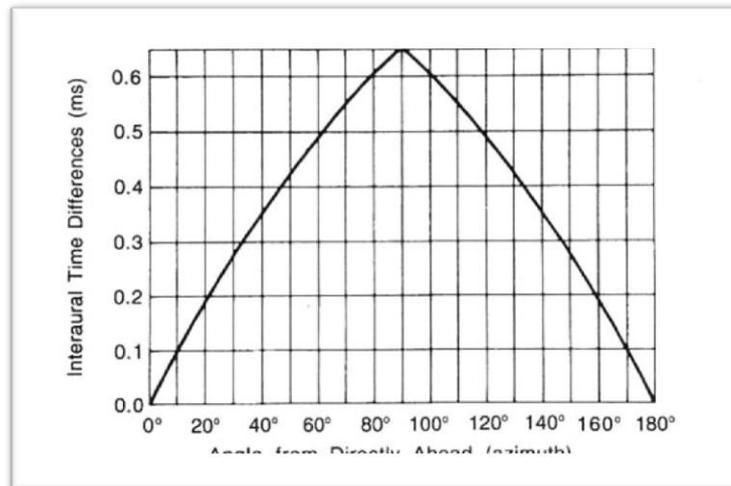


Figura 5¹⁵: Valores de DIT[ms] respecto al ángulo de la ubicación de la fuente.

La Ingeniería de Sonido, como rama de grabación y producción, se encarga de diferentes procesos uno de ellos conocido como mezcla, se utiliza con el fin de balancear, equilibrar el volumen relativo y ecualizar las fuentes de sonido que se encuentran presentes dentro de un entorno sonoro en este caso este entorno sonoro estará representado por instrumentos musicales de una banda, dentro de la mezcla también podemos destacar parámetros como el volumen y la ubicación estereofónica, con el fin de lograr una especialidad del evento sonoro, y de esta manera simular lugares mediante la manipulación de efectos, con la finalidad de generar contacto pleno entre el oyente y el intérprete musical, para esta finalidad se involucra simultáneamente la vista, el tacto y el oído logrando de una forma integral que la persona tenga un resultado satisfactorio, como medio para lograr esto se utilizara Realidad Aumentada.

2.1.4 Realidad aumentada

2.1.4.1 ¿Qué es la Realidad Aumentada?

La realidad aumentada, se usa principalmente para definir una visión indirecta o directa de un medio físico del mundo real, en donde los elementos de este mundo se combinan con elementos virtuales, y de esta manera crean una realidad mixta en tiempo real, la AR consiste en un conjunto de dispositivos que añaden información virtual a la información física ya existente, lo cual es la principal diferencia con la realidad netamente virtual, ya que esta última lo que hace es sustituir la realidad física.

Con los avances tecnológicos la información sobre el mundo real en torno al usuario se convierte en un mundo interactivo y digital, la información que se tiene artificial sobre el medio que lo rodea y cada uno de los objetos puede ser

¹⁵ Ilustración 3: <http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/loc.html>

almacenada y recuperada como una capa de información en la parte superior de la visión del mundo real.

La realidad aumentada es un medio interactivo de comunicación que sobrepone objetos como una animación o un video a un escenario captado a través de una cámara web y visto en una pantalla. El servicio de realidad aumentada busca:

- Tecnología de mayor impacto, al generar imágenes virtuales en el mismo espacio del consumidor.
- Vista de 360 grados de su producto, al ser modelado y digitalizado a escala e imagen.
- Mayor interacción del usuario con el producto.

2.1.4.2 Historia de la Realidad Aumentada

Sus inicios se remontan a 1960, cuando Sutherland usó un dispositivo de despliegue de imágenes tridimensionales de tipo casco, para visualizar gráficos tridimensionales. Sin embargo, esta tecnología se ha desarrollado en los últimos quince años; ha madurado en hardware, software, aplicaciones y contenidos.

Actualmente, muchos celulares, consolas de videojuegos, PDA y Tablet PC ya cuentan con algunos de los dispositivos necesarios para implementar realidad aumentada.

La realidad aumentada fue definida por Ronald Azuma en 1997 como una tecnología que combina elementos reales y virtuales, que es interactiva en tiempo real y está registrada en 3D.

La realidad aumentada de investigación explora la aplicación de imágenes generadas por ordenador en tiempo real a secuencias de vídeo como una forma de ampliar el mundo real. La investigación incluye el uso de pantallas colocadas en la cabeza, un *display* virtual colocado en la retina para mejorar la visualización, y la construcción de ambientes controlados a partir sensores y actuadores.

2.1.4.3 ¿Cómo Funciona la Realidad Aumentada?

Se utiliza una cámara para captar un escenario real. Este escenario posee algún objeto generalmente conocido como marcador (un impreso cuadrado con cierto patrón en él) este es reconocido por la aplicación que se ejecuta en una computadora asociada a una pantalla, la cual sobrepone a la imagen del marcador un objeto virtual como una animación 3D, un video, imagen o ejecuta un sonido.



Figura 6¹⁶ : Imagen de marcador usado en el rastreo para Realidad Aumentada

No solo los patrones pueden ser usados como marcadores también es posible hacerlo con el rostro humano o el movimiento de algún objeto.

2.1.4.4 ¿Por qué utilizar realidad aumentada?

Porque es un nuevo medio, las posibilidades de integración de diferentes tecnologías y la gran interacción de los usuarios, hacen que sea acogido por muchas compañías y personas para dar a conocer sus productos y para entretener a grandes públicos, pero sobre todo para generar una mayor comprensión en el proceso de entrenamiento espacial para los ingenieros de sonido y el comportamiento de las fuentes sonoras en un entorno específico.

2.1.4.5 ¿Cuándo se puede utilizar o en qué casos aplica?

Se aplica en los casos donde se quiere presentar al usuario contenido de alta interactividad como juegos, animaciones 3D, videos u otras aplicaciones educativas, este posee un bajo costo ya que basta con proporcionar al usuario (cliente, público) un medio impreso y algunas instrucciones para que pueda tener acceso al mensaje que se quiere transmitir, por otro lado dentro de las aplicaciones educativas le permite al usuario tener mayor contacto con lo que está haciendo, y en este caso lograr vincular el tacto, la vista y el oído.

¹⁶ Ilustración 4: <http://www.evolvedlabs.com/images/75.jpg>

2.1.5 Evaluación de Aprendizaje

El habla, el lenguaje y la audición son una parte importante en el desarrollo del fortalecimiento cognitivo de todo sujeto.

El habla se reconoce como la capacidad de emitir sonidos, el lenguaje como la habilidad para comprender y utilizar dichos sonidos, y la Audición como la condición suficiente y necesaria para el desarrollo adecuado tanto del habla como del lenguaje.

Cuando se vive en un ambiente estimulante y educativo, se favorece el desarrollo lingüístico, de ahí la importancia que juega la estimulación auditiva en el aprendizaje.

Es importante recalcar que la audición es más responsable que la lectura y escritura del proceso de configurar conocimiento; en consecuencia, una buena discriminación auditiva implica una correcta interpretación lectora.

Siempre le hemos hecho culto a la vista, y no es para menos, siempre hemos tenido la percepción de que es el sentido más utilizado y el que ofrece mayor utilidad. No podríamos concebir nuestra vida ni nuestro aprendizaje, sin las imágenes, ni los colores ni las formas. Sus aplicaciones son innumerables, como la incursión en el campo mental, para la visualización positiva de hechos por venir que nos permitirían augurar mejores resultados.

Cada vez se va descubriendo con mayor profundidad, la importancia de nuestro sistema auditivo y sus aplicaciones en nuestro aprendizaje y desarrollo. No creemos equivocarnos al expresar que antes de ver, oímos; y que para poder hablar requerimos primero oír.

Los medios tecnológicos se han encargado de equilibrar las cargas, por un lado el video con Internet y el computador, y por otro lado el audio con el celular y el iPod. Todos se mantienen alertas para mantenerse vigentes y cercanos a los usuarios. Parecería de ciencia ficción poder escuchar un libro o realizar un curso o aprender una actividad a través de solo el oído, pues este campo estaba vedado para solo la música, pero la realidad es otra, el audio llega pisando fuerte y viene para quedarse, por su economía, facilidad, eficiencia y eficacia.

Si queremos divulgar un mensaje es más eficiente hacerlo en forma auditiva, para lograr cobertura y rapidez de respuesta, contactar al público objetivo, actualizar el conocimiento y por supuesto realizar proceso de aprendizaje. Dentro de las bondades del audio también se debe incluir la efectividad en el registro del mensaje, ya que está demostrado que la música y los sonidos pueden complementar perfectamente las palabras para reforzar la atención y la concentración, la memorización e interiorización.

Según Joy M. Reid (1995) un estudiante aprende mejor a través del oído (escuchando). Este tipo de estudiante aprende más a través de explicaciones orales. Puede recordar y comprender mejor la información si lee en voz alta o si mueve los labios mientras lee, especialmente cuando se trata de material nuevo. Puede beneficiarse al escuchar cintas electromagnéticas, conferencias, discusiones en clase, enseñando a otros compañeros o bien conversando con el profesor.

El proceso de comprensión auditiva en la comunicación verbal involucra activamente a los participantes en ella, pues éstos deben adscribir significado al mensaje oral a través de procesos de decodificación y de inferencia (Brown, 1990). En el proceso de decodificación el oyente otorga significado a la cadena de sonidos que recibe, logrando así una primera aproximación a la comprensión del mensaje. En forma casi simultánea y mediante procesos de inferencia, el oyente va logrando una comprensión coherente del texto. En esta interacción verbal, el oyente no cumple un rol pasivo, por el contrario, desde su comienzo se involucra participativamente al atribuir significados a lo que oye. Así es como una vez iniciada la interacción el oyente trata de entender lo que escucha, anticipando lo que oirá y tratando de descubrir cuál es la intencionalidad del mensaje. Con este propósito el oyente activa un conjunto de conocimientos lingüísticos y no lingüísticos que guarda en su memoria de largo plazo. (Alfonso y Jeldres, 1996).

Cuando se trata de rebasar el pensamiento teórico para aplicar los fundamentos pedagógicos a la práctica, el docente se enfrenta a varios problemas que trascienden en el proceso educativo. En este sentido, aún los profesores e investigadores con talento tienen dificultades para comunicar el conocimiento a sus estudiantes. Lo anterior es debido a deficiencias en la estructura de las interfaces entre el sujeto que aprende y lo que debe ser aprendido. Estas se encuentran representadas primordialmente por el profesor, y desde luego por cualquier otro elemento que de alguna manera distribuya el conocimiento.

La identificación de cómo se desenvuelve el estudiante en el proceso académico, se encuentra en estudio, aunque las experiencias apuntan hacia un buen desempeño. Se ha visto que esto depende en buena medida de la forma de ser y de pensar del estudiante, y sobre todo de las preferencias que muestran por usar estrategias pedagógicas diferentes en determinada clase para ayudar a que el aprendizaje de los estudiantes crezca de manera notable. Para ellos existen varios tipos de evaluación que permiten determinar cuál es la manera apropiada de tomar las riendas a la hora de utilizar estas herramientas adicionales.

A partir de las estrategias que emplea el docente para concretar la evaluación del aprendizaje es posible identificar diferentes formas de evaluación, concepciones de aprendizaje y enseñanza, el papel que se asigna a docente y estudiantes, así como las perspectivas didácticas en que se ubican, independientemente de si hay o no conciencia de ello por parte del profesor.

Por lo que se refiere a las formas de evaluar, dentro de estas formas de evaluación del aprendizaje podemos encontrar dos que son las más conocidas: la evaluación por normas y la evaluación por criterios. El nombramiento de estas dos no significa que sean las únicas que se utilizan para estos procesos pero si son las más utilizadas.

La noción de estilo de aprendizaje se superpone a la de estilo cognitivo pero es más comprensiva puesto que incluye comportamientos cognitivos y afectivos que indican las características y las maneras de percibir, interactuar y responder al contexto de aprendizaje por parte del aprendiz. Concretan pues la idea de estilos cognitivos al contexto de aprendizaje (Willing, 1988; Wenden, 1991).

El término 'estilo de aprendizaje' se refiere al hecho de que cada persona utiliza su propio método o estrategias a la hora de aprender. Aunque las estrategias varían según lo que se quiera aprender, cada uno tiende a desarrollar ciertas preferencias o tendencias globales, tendencias que definen un estilo de aprendizaje. Por esta razón no es preciso encontrar un tiempo adecuado para la preparación y evaluación de la persona que va a utilizar determinada ayuda didáctica para aumentar su conocimiento en determinado ámbito. Sin embargo hay una manera específica de evaluar el aprendizaje de los estudiantes para este caso en particular.

Para este proyecto en específico, la evaluación de aprendizaje que se apega al plan de estudio es la **EVALUACION POR CRITERIOS**, cuya modalidad surgió a partir de planteamientos de la tecnología educativa, la teoría de sistemas y de la comunicación, equiparando el proceso de aprendizaje con otro sistema, dentro de esta evaluación se tienen en cuenta tres componentes básicos: entradas-procesos-salidas, las entradas corresponden a las especificaciones de los objetivos, el proceso hace referencia a las instrucciones y la salida a la evaluación. Al final del proceso se realiza una comparación entre las entradas y la salida para determinar si efectivamente se logró lo planeado. En esta forma de evaluación el parámetro está dado por los objetivos a cumplir de la herramienta de aprendizaje, que se especifican al principio de empezar a utilizar la aplicación.

Existe una evaluación inicial para cada uno de los estudiantes donde se determina que estos mismos poseen los conocimientos básicos para abordar los objetivos planeados. Si los tienen se continuo con lo planteado dentro de los objetivos iniciales, si por el contrario la evaluación inicial arroja resultados en donde se muestra la carencia de conocimientos importantes para el abordaje de los objetivos señalados, se deberá modificar el programa para adecuarlo a las posibilidades de los estudiantes. Se considera a la vez tener dentro del proceso una evaluación de carácter formativo que busca reafirmar o reforzar el conocimiento adquirido, y de la misma manera corregir errores que presente el estudiante, se debe tener en cuenta que esta evaluación no está directamente relacionada con la calificación del estudiante a la hora de utilizar periódicamente la herramienta.

Con la evaluación final que se le hace al estudiante, se pretende identificar si los objetivos iniciales planteados por la herramienta se han logrado, en esta parte se debe tener en cuenta que no importa si en un grupo todos lo han hecho o solo unos cuantos. No descarta tampoco el hecho de que no todos accederán a las metas simultáneamente, pero se espera que en un tiempo determinado y con la colaboración necesaria hayan de lograrlo. Al final del proceso se esperaría que no resultara tan importante la asignación de una calificación sino que bastaría con indicar si los objetivos fueron alcanzados por la persona que utilizó la herramienta.

Esta forma de evaluar parte de que el aprendizaje es un proceso mediante el cual se modifica la conducta de forma más o menos permanente, como resultado de la experiencia, y esta experiencia puede ser propiciada a través de estímulos; el resultado es el aprendizaje de nuevas conductas: un producto.

Desde esta perspectiva, al estudiante hay que hacerlo participar en su proceso de aprendizaje brindándole la posibilidad de reforzar el conocimiento, de aplicar lo aprendido, de ir avanzando poco a poco.

3. METODOLOGÍA

3.1 Enfoque de la investigación

El enfoque investigativo de éste proyecto es del tipo empírico-analítico, puesto que un planteamiento teórico producirá un modelo de entrenamiento auditivo espacial que será materializado para posteriormente ser sometido a un estudio técnico desde la verificación experimental.

3.2 Línea de investigación

Dentro de las líneas de investigación que presenta la institución, el desarrollo de este proyecto está directamente relacionado con **Tecnologías actuales y sociedad**, ya que se proporciona información relevante acerca de avances científicos, tecnológicos e informáticos donde con el rápido avance de estos campos a nivel mundial es necesario que la sociedad tenga un conocimiento previo de todo lo anteriormente nombrado, que le permitirá a las personas de un grupo social determinado mejorar su calidad en el ámbito profesional, de esta manera se visualiza una actualización constante acerca de los temas propios de la investigación y sus campos de acción, con el fin de tener aplicaciones que cumplan los requerimientos necesarios para realizar un trabajo satisfactorio en determinada sociedad.

La sub-línea correspondiente a la facultad hace referencia a **Análisis y procesamiento de señales**, campo que en la actualidad es utilizado con mayor frecuencia, ya que consiste como su nombre lo indica en el análisis y la interpretación de diferentes tipos de señales o imágenes, en este caso el núcleo problemático del proyecto es **Audio y Acústica**, y específicamente la mezcla de audio, donde se muestra la importancia de esta para un ingeniero de sonido a la hora de desarrollar su trabajo satisfactoriamente, pudiendo modificar parámetros acústicos de la mezcla, para esto se utilizara el procesamiento de imágenes que ayudara a que la curva de aprendizaje de estos sea mayor gracias al uso de la vista también el tacto hará parte de los sentidos a utilizar gracias al desplazamiento de marcadores, lo que hace que el trabajo de esta investigación se vea reflejado en la integralidad a la hora de realizar un proyecto utilizando tres sentidos, todos los avances tecnológicos hoy en día nos brindan las herramientas necesarias para mejorar el desempeño profesional, se cuenta con mayores recursos para satisfacer las necesidades que el medio exige, por esta razón es de vital importancia abarcar esta temática de investigación.

3.3 Técnicas de recolección de información

Puesto que la investigación contempla verificación experimental, se plantea realizar control por etapas de desarrollo del proyecto con el fin de asegurar la

pertinencia de cada una de las decisiones involucradas en el desarrollo ingenieril.

Para el caso de determinar los parámetros sobre los cuales se realizará el entrenamiento auditivo, se establecerá, para emular la distancia de la fuente, las características acústicas de una sala virtual que contendrá la fuente sonora y permitirá por medio de su comportamiento acústico determinar la distancia de la fuente al usuario.

Respecto a determinar el algoritmo de entrenamiento auditivo y el grado de éxito a obtener durante el aprendizaje (curva de aprendizaje), se procederá a plantear los requerimientos básicos de la aplicación, los cuales deberán considerar la información necesaria a presentar y adquirir del usuario, así como los puntos de incremento de la complejidad variando la ubicación de derecha/izquierda y la profundidad de la fuente virtual.

El diagrama de bloques de la aplicación será producto del anterior análisis y permitirá visualizar el funcionamiento lógico y secuencial de la aplicación, así como presentar los requerimientos de la capacidad del lenguaje de programación necesario para realizar la efectiva codificación del algoritmo.

El diseño del algoritmo de evaluación de posicionamiento de fuentes sonoras asignadas a cada marcador se realizará a partir de determinar la posición del centro del marcador en el plano XY y compararla con la posición ideal de la fuente que está siendo reproducida por el sistema, determinada anteriormente en la curva de aprendizaje, estableciendo un rango de tolerancia que reflejará el máximo desfase en distancia que se le permitirá al usuario en su intento de ubicar el marcador en la posición virtual de la fuente sonora, así como la relación de calificación respecto a la diferencia de la posición establecida por el usuario y la posición ideal.

3.4 Hipótesis

Si se usa un sistema de procesamiento de audio que brinde la posibilidad de modificar las propiedades acústicas de un archivo de audio dando la sensación de espacialidad y profundidad, se podrá realizar una herramienta de entrenamiento auditivo enfocada a mejorar la capacidad de localización de fuentes sonoras, y si además involucra el procesamiento de imagen producto de la implementación de la Realidad Aumentada, se dará la posibilidad de enlazar el sentido auditivo con el visual y el táctil al involucrar el desplazamiento de marcadores, con lo que se obtendrá una mejora en la capacidad de localización de fuentes sonoras.

3.5 Variables

3.5.1 Dependientes

- Limitar el espacio de captura de la cámara para recibir la información adecuada.
- Reconocimiento de las fuentes sonoras.
- Distribución de las fuentes sonoras en una mezcla de audio evaluando profundidad y espacialidad de estas.

3.5.2 Independientes

- Capacidad de procesamiento del ordenador.
- Rastreo de los marcadores con el fin de modificar los parámetros acústicos de la mezcla (profundidad y espacialidad).
- Iluminación de la interfaz para el reconocimiento óptimo de marcadores.

4. DESARROLLO INGENIERIL

El desarrollo ingenieril de este proyecto está basado en un flujo de señal que propone Álvaro Galvis el cual se debe tener en cuenta para la realización de un MEC.

Figura 3.1.
Modelo sistemático para
selección o desarrollo de
MECs, propuesto por
Alvaro Galvis

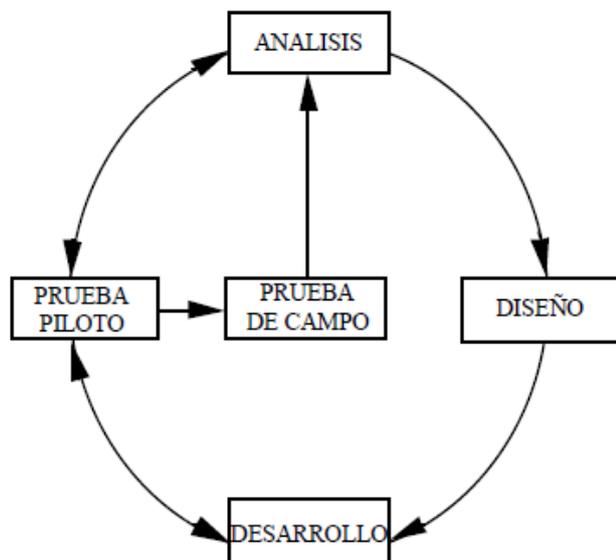


Figura 7¹⁷: Modelo sistemático para selección o desarrollo de MECs, Propuesto por Álvaro Galvis.

4.1 Diseño

Al ser este proyecto una herramienta de entrenamiento auditivo para ingenieros de sonido, se consideró clasificarlo como de tipo MEC¹⁸, esta sigla hace referencia al material educativo computarizado, que es usado para guiar la enseñanza de los aprendices.

Para el desarrollo de la herramienta se consideraron dos actividades que le ayudan al usuario a mejorar su capacidad de localización en el plano horizontal de fuentes sonoras para estas dos actividades se tuvieron en cuenta los enfoques de aprendizaje que se van a manejar a lo largo del entrenamiento así:

¹⁷ GALVIS, A.H (1992). Ingeniería de Software Educativo. Santafé de Bogotá: Ediciones Uniandes. página 71.

¹⁸ *Ibíd.*, p. 38.

- **Actividad de Comparación**

Esta actividad hace referencia al enfoque conductista en donde se habla acerca de estímulos a los que el usuario está expuesto, así después de muchos estímulos que la persona recibe a lo largo de un proceso en donde cambian sus estructuras mentales el usuario se encuentra en la capacidad de realizar una asociación que le permita establecer que la próxima vez que escuche cualquiera de los estímulos será capaz de determinar a cual corresponde¹⁹.

Por esta razón en esta actividad el usuario está expuesto a dos audios A y B dependiendo de la lección en la que se encuentre deberá determinar cuál de los dos audios corresponde a la pregunta que se indica en pantalla.

- **Actividad de Identificación**

Esta actividad corresponde por otro lado a un enfoque cognoscitivo en donde la persona no se basa ya en estímulos, si no en actitudes y en un deseo propio por alcanzar una meta determinada, se habla que la percepción de la realidad depende de cada persona es decir es relativo²⁰.

Lo que se trató de crear durante esta actividad fue una manera de que el usuario se sintiera comprometido a alcanzar una meta propuesta, esta actividad consiste en escuchar un solo audio e identificar qué posición angular tiene y a qué distancia en metros se encuentra la fuente de la persona que la está oyendo, así se propuso a crear un reto con el que la persona en entrenamiento se sintiera identificada y que por sí sola creara esa necesidad de reforzar sus conocimientos acerca de un tema y de esta manera poder lograr el objetivo de una manera satisfactoria.

4.1.1 Diseño educativo

4.1.1.1 Interacción Hombre-Maquina

Se ha vuelto un estado constante de la sociedad actual entrar a evaluar las relaciones entre la informática y la educación, con el fin de aprovechar el potencial educativo que llega a existir a la hora de tener acceso a los computadores, en este momento no se hace prescindible solamente esta evaluación sino también el hecho de que quienes tienen el poder de acceder al mundo educativo a través de la informática sean conscientes y aprendan a utilizar esta herramienta de manera racional y correcta²¹.

¹⁹ *Ibíd.*, p. 88

²⁰ *Ibíd.*, p. 93

²¹ *Ibíd.*, p. 164

Se habla de informática y educación en el mundo actual, y aunque en Colombia se sabe que para el segundo trimestre del 2013 solo 23 de cada 100 colombianos tiene acceso a un computador, la mayoría de entes educativos dentro de la población colombiana tienen una sala de cómputo para apoyo educativo de los estudiantes²².

La posibilidad de interactuar directamente con un computador y de controlarlo no es innato, y por esta razón lograr esto ha demandado superar una cantidad de obstáculos técnicos, lo cual hace que las personas, en especial los niños y adolescentes, se sientan maravillados al poder pensar, puesto que hacer que algo ocurra dentro de la computadora produce una sensación de control que no es fácil de encontrar²³.

El papel del público a nivel educativo en el creciente cambio tradicionalista que ha tenido el mundo educativo ha sido un factor muy importante y se puede notar por la creciente demanda sobre este sector para que haya educación a través de un computador, a nivel oficial, privado o por parte de los mismos padres de familia a distintos niveles de profundidad.

Ahora teniendo en cuenta la trascendencia de la educación en la relación hombre-máquina se debe tener claro qué tipo de aprendizaje se quiere impulsar, ya que el factor de aprendizaje de una persona no se remonta solamente a su capacidad de asistir a un aula de clase y aprender lo que dicta el docente, pues las características que lo determinan son de tipo subjetivas lo cual imposibilita generalizar el factor de aprendizaje de forma grupal/global.

4.1.1.2 Aprendizaje

Para iniciar el aprendizaje de la herramienta se debe tener en cuenta que la población a la cual se le van a realizar las diferentes pruebas durante el proceso son Ingenieros de Sonido que se encuentren como mínimo en octavo semestre y que hayan visto o estén viendo la materia de mezcla musical y/o audiovisual, por otro lado es necesario que la persona tenga conocimientos en acústica que le ayudaran a determinar el objetivo principal durante el entrenamiento.

Con esta herramienta se pretende entrenar al Ingeniero de Sonido en el área de localización de fuentes sonoras en el plano horizontal con la ayuda de realidad aumentada, con el fin de que a la hora de enfrentarse a una mezcla el Ingeniero se encuentre en la capacidad de discriminar la localización espacial de cada uno de los elementos que la componen. Con una aprobación del 70% de la última lección se considera que el ingeniero se encuentra en óptimas

²² Colombia subió el índice de desarrollo de las TIC en línea. Octubre 7 del 2013. Disponible en: (http://www.eltiempo.com/tecnologia/telecomunicaciones/ARTICULO-WEB-NEW_NOTA_INTERIOR-13107498.html)

²³ GALVIS, op. cit, p. 5

condiciones para determinar de dónde proviene la fuente y un aproximado de la distancia a la cual se encuentra.

Esta última evaluación se realizará con la presencia de los Ingenieros a cargo del proyecto, el usuario realizará la prueba con audífonos y en un ambiente cómodo y silencioso.

Según Marta Manterola “El aprendizaje es un proceso, una serie de pasos progresivos que conducen a algún resultado, dentro de este proceso se produce una transformación en sus estructuras mentales, como resultado de una experiencia vivida”²⁴.

El Aprendizaje, es un cambio permanente de comportamiento, donde se ve reflejada una adquisición de conocimientos y habilidades propias de un campo a través de la experiencia, para lograrlo se debe realizar un estudio, una instrucción, una observación o una práctica que le permita a la persona acertar en su proceso de aprendizaje.

Los cambios que se producen debido a este proceso son razonablemente objetivos y por lo tanto se puede realizar medición acerca de ellos, el cerebro humano es entonces un maravilloso centro que procesa toda aquella información que logramos captar a nuestro alrededor.

- **Aprendizaje conductismo-cognoscitivo**

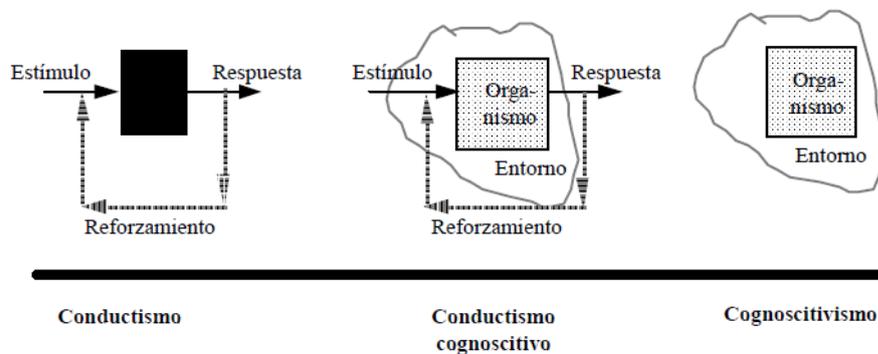


Figura 8²⁵: Focos de atención de las diferentes teorías del aprendizaje.

En la figura 4 se puede observar que el fenómeno del aprendizaje se encuentra limitado por dos polos, por un lado está el conductismo y por otro el cognoscitivismo sin embargo, existe un medio que permite combinar estos dos

²⁴ ¿Qué es el aprendizaje? Universidad de Talca-Chile disponibles en: (<http://www.educativo.otalca.cl/medios/educativo/profesores/basica/aprender.pdf>)

²⁵ Ilustración 4. Ingeniería de software, A. Galvis, 1992.

aprendizajes: conductismo-cognoscitivo²⁶. Para entender más de que se tratan se explican a continuación:

- **Enfoque Conductista**

La teoría conductista habla acerca de la conducta observable y cambio de conducta que se produce en la persona debido a una situación en particular, el aprendizaje es una variable que indica cambio como resultado a una experiencia. Según B.F Skinner, psicólogo conductista, “el cambio que se produce en el proceso de aprendizaje tiene dentro de sí cuatro diferentes pasos que se deben llevar a cabo”²⁷:

- Contigüidad
- Condicionamiento clásico
- Condicionamiento operante
- Aprendizaje observacional

Contigüidad: Es el aprendizaje que se produce por medio de asociaciones simples; este se establece cada vez que dos sensaciones ocurren al mismo tiempo repetitivamente, de esta manera se deduce que la próxima vez que solo uno de estos estímulos se produce, automáticamente el segundo de estos estímulos será recordado.

Condicionamiento Clásico: Este aprendizaje hace referencia a aquel que se limita a estímulos que anteriormente no tenían efecto, la respuesta que se aprende pueden ser emocional o física, como el miedo o un calambre, que son respuestas involuntarias que se producen porque ya han sido condicionadas o aprendidas para que ocurran de manera automática.

Condicionamiento Operante: El condicionamiento operante es el encargado de las consecuencias, las cuales determinan en gran medida si una persona repetirá o no una acción en el futuro.

Aprendizaje observacional: Éste tipo de aprendizaje se refiere a una situación social, donde se trata de identificar los efectos que la conducta modelo tiene sobre la conducta de un observador, considerando que la conducta imitada resulta en algunas ocasiones limitada.

²⁶ GALVIS, op. cit., p. 87

²⁷ GALVIS, Op. Cit, p. 88

- **Principios Básicos del Conductismo**²⁸

El reforzamiento hacia el aprendizaje humano, ha llevado a formular varias generalizaciones para el aprendizaje conductista:

- Un individuo aprende, o modifica su modo de actuar, observando las consecuencias de sus actos.
- Las consecuencias que fortalecen la probabilidad de repetición de una acción se denominan refuerzos.
- Cuanto más inmediato se realice el refuerzo de la ejecución deseada, en esta misma medida será más probable que se repita la conducta que se trata.
- Entre más frecuente se realice el refuerzo será más probable que el estudiante haga las asociaciones necesarias para obtener una respuesta acertada.
- La falta de reforzamiento, aporta al hecho de que no se repite la acción nunca más.
- El reforzamiento discontinuo de la actividad colabora para que el proceso de aprendizaje sea más largo.

En resumen la teoría del reforzamiento que está dentro del enfoque conductista nos habla acerca de que el material de aprendizaje se puede separar en componentes pequeños, de esta manera la persona reforzará sus conocimientos en etapas sucesivas, independiente de que el resultado sea positivo o negativo²⁹.

- **Enfoque cognoscitivo**

El aprendizaje cognoscitivo habla sobre cómo los individuos no responden propiamente a estímulos sino que actúan sobre la base de actitudes y un deseo de alcanzar ciertas metas, esta motivación interna, así como los sentimientos y las percepciones son elementos que los cognoscitivistas consideran fundamentales, aunque por el lado de la psicología cognoscitivista lo importante de un proceso de aprendizaje no es la conducta de la persona sino las modificaciones que se presentan en sus estructuras cognoscitivas³⁰.

- **Principios Básicos de Gestalt**

De acuerdo con *Gestalt* el conocimiento es una síntesis de forma y contenido que uno ha recibido por medio de las percepciones, donde Gestalt aclara que cada persona tiene su propia percepción y que mientras sea posible que exista una realidad concreta y objetiva, desde el punto de vista individual esa percepción es de carácter relativo³¹.

²⁸ GALVIS, Op. Cit, p. 89

²⁹ GALVIS, Op. Cit, p. 89

³⁰ GALVIS, Op. Cit, p. 93

³¹ GALVIS, Op. Cit, p. 93

Existen a su vez otros postulados acerca del cognitivismo aparte de la relatividad de la percepción planteada por Gestalt, donde Chadwick y Vázquez hablan acerca de otros parámetros que tienen que ver con el enfoque cognoscitivo:

- **Intencionalidad:** la estructura reguladora y la intencionalidad como parte del aprendizaje son dos elementos que pertenecen a la herencia genética con la que nace la persona, cualquier persona realiza actos dependiendo del nivel de desarrollo y conocimiento que posea en el momento y por lo tanto hará su mejor esfuerzo para lograr el término deseado.
 - **Interacción simultánea y mutua de la persona con su ambiente psicológico:** Al estar en constante interacción con el ambiente psicológico que lo rodea la persona aprende a usar estas herramientas de constante cambio para su ventaja en el proceso de aprendizaje.
 - **Isomorfismo:** este postulado hace referencia a aquellas personas que a diferencia del grupo anterior se sienten cómodas con una organización en particular pues esta les representa estabilidad, regularidad y simetría.
 - **Contemporaneidad.** Significa que todos aquellos eventos psicológicos que sucedan en el momento van a afectar la conducta de la persona en el campo en el que se encuentra pues hace parte de una misma estructura que favorece o no el aprendizaje.
 - **Aprendizaje por "insight"**(discernimiento repentino): Según Kohler el "*insight*" se refiere al hecho de que, cuando estamos conscientes de una relación, ésta no se experimenta como un hecho en sí mismo sino como algo que sale de las características de los objetos en consideración. El "*insight*" es el discernimiento acerca de esa relación y tiene expresiones muy particulares en América Latina (p.ej., "se le encendió la bombilla", "le sonó la flauta").
 - **Significancia:** El aprendizaje más provechoso es el que cambia radicalmente las estructuras de las personas, aquel que impacta su campo vital. Para esto se requiere que lo que se aprende tenga sentido para quien lo aprende.
- **Tipo de Aprendizaje**

Al hablar de una herramienta de entrenamiento auditivo para Ingenieros de Sonido no se puede hablar de uno u otro enfoque por separado, pues la persona para iniciar el proceso necesita tener como base las dos corrientes anteriores, así se dice que la herramienta posee un enfoque conductismo-cognoscitivo que puede llevarse a cabo de las siguientes maneras:

- **Aprendizaje dirigido por el profesor:** Supone que el aprendiz es esencialmente un ser dependiente y que el profesor tiene la responsabilidad y autoridad de decidir cómo y que enseñar.
- **Aprendizaje auto-dirigido:** supone que el ser humano crece en capacidad de auto dirigirse como un componente esencial de madurez y que esta capacidad debe nutrirse de manera que se desarrolle tan rápidamente como sea posible.

En este caso el proyecto tiene como fin que la herramienta de entrenamiento auditivo presente un aprendizaje Auto-dirigido donde se supone que la persona está en la capacidad de auto dirigirse como un componente esencial de madurez y este mismo debe poder nutrirse de manera que se desarrolle tan rápidamente como sea posible, en muchos de los casos el aprendizaje auto dirigido está relacionado con un mejor aprendizaje, más profundo, significativo, satisfactorio y duradero. El furor de esta técnica se desarrolló desde el principio de la década de los 70's cuando este fenómeno fue foco de investigaciones sistemáticas que lograrían elevar el interés de las personas; el primer hilo científico que se desarrolló acerca de este tema fue debido a la canadiense Tough de Allen (1971), que estudió los proyectos de aprendizaje de los adultos y encontró que el 70% de estos eran auto dirigidos, aun así quien realmente logró hacer el término popular fue Malcom Knoles en 1975 quien definió el aprendizaje auto dirigido como “el proceso por el cual, los individuos toman la iniciativa, con o sin la ayuda de otros, en el diagnóstico de su aprendizaje, formulación de objetivos, identificación de los recursos humanos y materiales para la formación, la elección y aplicación de estrategias de aprendizaje apropiadas y la evaluación el aprendizaje de los resultados”.

4.1.1.3 Curva de Aprendizaje

Para determinar el aprendizaje de la muestra que va a realizar el entrenamiento se considera entonces una curva de aprendizaje que permita identificar cuál es el flujo correcto en el proceso efectuado por cada persona.

La herramienta está diseñada por actividades, cada actividad incluye diferentes módulos de los cuales se desprenden un número de lecciones necesarias que el alumno debe realizar de manera progresiva, cada actividad por su enfoque distinto tiene individualmente su curva de aprendizaje la cual se presente a continuación:

- **Actividad de Comparación**

Para la primera actividad se definen 3 módulos orientados a atacar las dos características fundamentales del objetivo del entrenamiento, identificación de panorámica y profundidad. Cada uno de los módulos cuenta con una curva de aprendizaje distinta que se presenta a continuación:

- **Módulo 1:**

- **Panorámica:** identificar el audio que corresponde al costado deseado.
 - La curva de aprendizaje se define por una sola variable conocida como nivel de dificultad que en este caso para cada una de las lecciones toma los siguientes valores:

Nivel de dificultad	Descripción
Región 1	El segundo audio que se dispare corresponderá a diferente grado en el costado opuesto teniendo su ángulo entre 70°, 80° y 90°.
Región 2	El segundo audio que se dispare corresponderá a diferente grado en el costado opuesto teniendo su ángulo entre 40°, 50° y 60°.
Región 3	El segundo audio que se dispare corresponderá a diferente grado en el costado opuesto teniendo su ángulo entre 10°, 20° y 30°.

Tabla 1: Niveles de dificultad para el módulo 1 de la actividad comparación.

- **Módulo 2:**

- **Panorámica:** Identificar el audio que esta o más a la derecha o más a la izquierda.
 - Para este módulo se determina que la curva de aprendizaje la define la separación angular que para cada una de las lecciones toma los siguientes valores:

Separación angular	Descripción
Rango 1	El segundo audio que se dispare debe estar en el mismo lado, pero separado en ángulo entre 90° y 40°.
Rango 2	El segundo audio que se dispare debe estar en el mismo lado, pero separado en ángulo entre 30° y 10°.

Tabla 2: Niveles de dificultad para el módulo 2 de la actividad comparación.

- **Módulo 3:**

- **Profundidad:** Identificar el audio que está más cerca.
 - La curva de aprendizaje se define por una variable (separación en metros) que para cada una de las lecciones toma los siguientes valores:

Separación en metros	Descripción
Rango 1	El segundo audio que se dispare debe estar en el mismo eje que el anterior (por ejemplo -40°), pero separado en distancia entre el siguiente rango 10m y 5m.
Rango 2	El segundo audio que se dispare debe estar en el mismo eje que el anterior (por ejemplo 20°), pero separado en distancia entre el siguiente rango 4m y 1m.

Tabla 3: Niveles de dificultad para el módulo 3 de la actividad comparación.

- **Actividad de Identificación**

Para la segunda actividad se tienen en consideración los 3 módulos que la conforman en donde la curva de aprendizaje se determina dependiendo del módulo y la lección como se muestra a continuación:

- **Módulo 1:**

- **Panorámica:** Ubicar el marcador en la región correspondiente.
 - La curva de aprendizaje se define por una variable (sección panorámica) que para cada una de las lecciones toma los siguientes valores.

Sección panorámica	Descripción
Región 1	El usuario debe ubicar el marcador en alguna de las siguientes dos regiones: Ángulo entre: 1. (-90° a 0°), 2. (0° a 90°).
Región 2	El usuario debe ubicar el marcador en alguna de las siguientes dos regiones: Ángulo entre: 1. (-90° a -45°), 2. (-45° a 0°), 3. (0° a 45°), 4. (45° a 90°).
Región 3	El usuario debe ubicar el marcador en alguna de las siguientes dos regiones: Ángulo entre: 1. (-90° a -60°), 2. (-60° a -30°), 3. (-30° a 0°), 4. (0° a 30°), 5. (30° a 60°), 6. (60° a 90°).

Tabla 4: Niveles de dificultad para el módulo 1 de la actividad identificación.

- **Módulo 2:**

- **Profundidad:** Ubicar el marcador en la región correspondiente (profundidad).
 - La curva de aprendizaje en este caso se define por una sola variable (sección de distancia), que para cada una de las secciones toma los siguientes valores.

Sección en distancia	Descripción
Rango 1	El usuario debe ubicar el marcador en alguna de las siguientes dos regiones: Distancia entre: 1. (0m a 5m), 2. (5m a 10m).

Tabla 5: Niveles de dificultad para el módulo 2 de la actividad identificación.

- **Módulo 3:**

- **Plano Horizontal:** Ubicar el marcador en la región correspondiente (plano horizontal).
 - La curva de aprendizaje se define por una variable (separación en metros) que para cada una de las lecciones toma los siguientes valores:

Descripción	Sección en distancia	Descripción
El usuario debe ubicar el marcador en alguna de las siguientes dos regiones: Distancia entre: 1. (0m a 5m), 2. (5m a 10m).	Región 1	El usuario debe ubicar el marcador en alguna de las siguientes dos regiones: Ángulo entre: 1. (-90° a 0°), 2. (0° a 90°).
	Región 2	El usuario debe ubicar el marcador en alguna de las siguientes dos regiones: Ángulo entre: 1. (-90° a -45°), 2. (-45° a 0°), 3. (0° a 45°), 4. (45° a 90°).
	Región 3	El usuario debe ubicar el marcador en alguna de las siguientes dos regiones: Ángulo entre: 1. (-90° a -60°), 2. (-60° a -30°), 3. (-30° a 0°), 4. (0° a 30°), 5. (30° a 60°), 6. (60° a 90°).

Tabla 6: Niveles de dificultad para el módulo 3 de la actividad identificación.

Las anteriores fueron las curvas de aprendizaje que se utilizaron para determinar el orden de lecciones y de módulos que le permitieran avanzar al usuario desde el nivel más bajo posible y aumentar progresivamente la dificultad en su entrenamiento.

Así la dificultad por módulo y por lección, como el número de preguntas mínimo y máximo por cada uno de ellas se presenta a continuación:

- **Actividad de Comparación**

	Modulo	Leccion	Nro. De Preguntas		Porcentaje de aprobación
			Mínimo	Máximo	
Panorámica	1	1	4	20	90%
		2	4	20	90%
		3	6	20	90%
	2	1	8	20	90%
		2	8	20	80%

Tabla 7: Cantidad de preguntas mínimas, máximas y porcentaje de aprobación para módulos de panorámica.

	Modulo	Leccion	Nro. De Preguntas		Porcentaje de aprobación
			Mínimo	Máximo	
Profundidad	3	1	8	20	90%
		2	8	20	85%

Tabla 8: Cantidad de preguntas mínimas, máximas y porcentaje de aprobación para el módulo de profundidad.

- **Actividad de Identificación**

			Nro. De Preguntas		Porcentaje de aprobación
			Mínimo	Máximo	
Panorámica	1	1	4	20	90%
		2	8	20	85%
		3	12	25	80%

Tabla 9: Cantidad de preguntas mínimas, máximas y porcentaje de aprobación para módulos de panorámica.

			Nro. De Preguntas		Porcentaje de aprobación
			Mínimo	Máximo	
Profundidad	2	1	8	20	85%

Tabla 10: Cantidad de preguntas mínimas, máximas y porcentaje de aprobación para el módulo de profundidad.

			Nro. De Preguntas		Porcentaje de aprobación
			Mínimo	Máximo	
Plano horizontal	3	1	8	30	90%
		2	16	30	80%
		3	24	30	70%

Tabla 11: Cantidad de preguntas mínimas, máximas y porcentaje de aprobación para el módulo de plano horizontal.

4.1.1.4 Microambiente en el cual se realiza el entrenamiento

A su vez antes de iniciar el proceso de aprendizaje se realizaron unas pruebas previas que ayudaron al proyecto a determinar en qué ambiente debería realizarse el entrenamiento.

Para la realización del entrenamiento auditivo se tuvieron en cuenta dos ambientes previos para determinar la distancia máxima y la separación angular mínima que alcanza a distinguir la persona, para determinar estos parámetros se realizó el diseño de una prueba con posibles resultados que se presentan a continuación:

- **Prueba de Escucha Preliminar:** lo que se espera obtener de la prueba es dar respuesta a los siguientes interrogantes:
 1. ¿Cuál es la distancia máxima que perciben los oyentes de manera acertada?
 2. ¿Cuál es la separación mínima para la cual se percibe un cambio de distancia?

3. ¿Cuál es la separación mínima para la cual se percibe un cambio de panorámica?
4. ¿Qué tan efectivo es realizar el monitoreo de los estímulos en audífonos?
5. ¿Qué tan efectivo es realizar el monitoreo con parlantes angulados a 60°?

De la prueba de escucha preliminar se espera obtener los siguientes resultados para cada una de las anteriores preguntas:

1. Distancia máxima perceptible de forma acertada igual a 10m.
2. Separación mínima para la cual se percibe un cambio de distancia igual a 1m.
3. Separación mínima para la cual se percibe un cambio de panorámica igual a 10°.
4. Para los interrogantes 4. Y 5. Se espera que los resultados de la prueba arrojen ser independientes del sistema de escucha.

Para determinar estos interrogantes se realizaron dos pruebas Tipo A, y Tipo B a diez personas cada una, en audífonos y en parlantes angulados a 60°. Cada prueba constaba de dos secciones, una sección encargada de evaluar la panorámica y la otra sección encargada de evaluar la profundidad en metros. Los resultados que se obtuvieron fueron analizados por pregunta, se determinó de ellos el promedio aritmético, la varianza y la desviación estándar para establecer los posibles resultados, además de eso por ser una evaluación cualitativa se optó por utilizar una convención de puntaje de la siguiente manera:

Respuesta correcta: 1
Respuesta Incorrecta: 0
Respuestas Cercanas: 0,5

En este caso a las respuestas cercanas se les decidió dar una puntuación de 0,5 debido a que la prueba no es con un fin evaluativo, si no de verificar ciertos parámetros como la separación angular, la separación en metros y la distancia así si la persona colocó erróneamente la respuesta pero se acercó se pueden establecer las distancias que puede identificar. A continuación la prueba que se realizó:

(Suenan las FLAUTAS de 40° a 1m)

1. El ángulo de procedencia de la siguiente fuente es:
a. 10° b. 70° c. -20° d. 40°

(Suenan las FLAUTAS de 10° a 1m)

2. El ángulo de procedencia de la siguiente fuente es:
a. 10° b. 70° c. -20° d. 40°

(Suenan las VIOLAS de -50° a 1m)

3. El ángulo de procedencia de la siguiente fuente es:
a. -50° b. -30° c. -90° d. -70°

(Suenan las VIOLAS de -30° a 1m)

4. El ángulo de procedencia de la siguiente fuente es:
a. -50° b. -30° c. -90° d. -70°

(Suenan las VOZES de 0° a 1m)

5. El ángulo de procedencia de la siguiente fuente es:
a. 10° b. -20° c. -10° d. 0°

(Suenan las VOZES de -10° a 1m)

6. El ángulo de procedencia de la siguiente fuente es:
a. 10° b. -20° c. -10° d. 0°

(Suenan los CORNOS de 80° a 1m)

7. El ángulo de procedencia de la siguiente fuente es:
a. 70° b. 90° c. 60° d. 80°

(Suenan los CORNOS de 70° a 1m)

8. El ángulo de procedencia de la siguiente fuente es:
a. 70° b. 90° c. 60° d. 80°

(Suenan los BASSOONS de 0° a 6m)

9. La distancia de la siguiente fuente es:
a. 16m b. 1m c. 6m d. 11m

(Suenan los BASSOONS de 0° a 1m)

10. La distancia de la siguiente fuente es:
a. 16m b. 1m c. 6m d. 11m

(Suenan las TUBAS de 0° a 10m)

11. La distancia de la siguiente fuente es:
a. 10m b. 4m c. 13m d. 7m

(Suenan las TUBAS de 0° a 13m)

12. La distancia de la siguiente fuente es:
a. 10m b. 4m c. 13m d. 7m

- (Suenan los TIMBALES de 0° a 4m)
13. La distancia de la siguiente fuente es:
a. 10m b. 1m c. 4m d. 7m
- (Suenan los TIMBALES de 0° a 7m)
14. La distancia de la siguiente fuente es:
a. 10m b. 1m c. 4m d. 7m
- (Suenan la VIOLA de 0° a 18m)
15. La distancia de la siguiente fuente es:
a. 17m b. 15m c. 18m d. 16m
- (Suenan la VIOLA de 0° a 17m)
16. La distancia de la siguiente fuente es:
a. 17m b. 15m c. 18m d. 16m
- (Suenan el CLARINETE de 0° a 15m)
17. La distancia de la siguiente fuente es:
a. 14m b. 15m c. 13m d. 16m
- (Suenan el CLARINETE de 0° a 14m)
18. La distancia de la siguiente fuente es:
a. 14m b. 15m c. 13m d. 16m
- (Suenan el CORNO de 0° a 3m)
19. La distancia de la siguiente fuente es:
a. 2m b. 4m c. 3m d. 1m
- (Suenan el CORNO de 0° a 2m)
20. La distancia de la siguiente fuente es:
a. 2m b. 4m c. 3m d. 1m
- (Suenan el CONTRABAJO de 0° a 6m)
21. La distancia de la siguiente fuente es:
a. 6m b. 4m c. 5m d. 7m
- (Suenan el CONTRABAJO de 0° a 7m)
22. La distancia de la siguiente fuente es:
a. 6m b. 4m c. 5m d. 7m

De la prueba preliminar se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Audífonos**

Convenciones		Promedio Aritmetico		Pregunta Numero 1									
a	0.5		0,7										
b	0.5	Varianza		0,066667									
c	0	Desviacion estandar		0,258199									
d	1												
#Estudiante													
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	0,5	0,5	0,5	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1			

Tabla 12: Resultados prueba de audífonos pregunta 1.

Convenciones		Promedio Aritmetico		Pregunta Numero 2									
a	1		0,8										
b	0	Varianza		0,066667									
c	0.5	Desviacion estandar		0,258199									
d	0.5												
#Estudiante													
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
2	0,5	1	0,5	1	1	0,5	0,5	1	1	1			

Tabla 13: Resultados prueba de audífonos pregunta 2.

Convenciones		Promedio Aritmetico		Pregunta Numero 3									
a	1		0,6										
b	0.5	Varianza		0,155556									
c	0	Desviacion estandar		0,394405									
d	0.5												
#Estudiante													
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
3	0,5	1	0,5	0,5	1	0	1	0	1	0,5			

Tabla 14: Resultados prueba de audífonos pregunta 3.

Convenciones		Promedio Aritmetico		0,3		Pregunta Numero 4				
a	0,5	Varianza		0,233333						
b	1	Desviacion estandar		0,483046						
c	0									
d	0									
#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0

Tabla 15: Resultados prueba de audifonos pregunta 4.

Convenciones		Promedio Aritmetico		0,95		Pregunta Numero 5				
a	0,5	Varianza		0,025						
b	0	Desviacion estandar		0,158114						
c	0,5									
d	1									
#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1

Tabla 16: Resultados prueba de audifonos pregunta 5.

Convenciones		Promedio Aritmetico		0,8		Pregunta Numero 6				
a	0	Varianza		0,122222						
b	0,5	Desviacion estandar		0,349603						
c	1									
d	0,5									
#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1	0	1

Tabla 17: Resultados prueba de audifonos pregunta 6.

Convenciones		Promedio Aritmetico		0,65		Pregunta Numero 7				
a	0,5	Varianza		0,169444						
b	0,5	Desviacion estandar		0,411636						
c	0									
d	1									
#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	1	1	0	1	0,5	1	1	0,5	0,5	0

Tabla 18: Resultados prueba de audifonos pregunta 2.

Convenciones		Promedio Aritmetico		0,45		Pregunta Numero 8				
a	1	Varianza		0,191667						
b	0	Desviacion estandar		0,437798						
c	0,5									
d	0,5									
#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	0	1	1	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1

Tabla 19: Resultados prueba de audífonos pregunta 8.

Convenciones		Promedio Aritmetico		0,8		Pregunta Numero 9				
a	0	Varianza		0,066667						
b	0,5	Desviacion estandar		0,258199						
c	1									
d	0,5									
#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	1	1	1	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	1

Tabla 20: Resultados prueba de audífonos pregunta 9.

Convenciones		Promedio Aritmetico		0,85		Pregunta Numero 10				
a	0	Varianza		0,113889						
b	1	Desviacion estandar		0,337474						
c	0,5									
d	0									
#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	1	1	0	0,5	1	1	1	1	1	1

Tabla 21: Resultados prueba de audífonos pregunta 10.

Convenciones		Promedio Aritmetico		0,5		Pregunta Numero 11				
a	1	Varianza		0,055556						
b	0	Desviacion estandar		0,235702						
c	0,5									
d	0,5									
#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5

Tabla 22: Resultados prueba de audífonos pregunta 11.

Convenciones		Promedio Aritmetico		Pregunta Numero 12									
a	0,5		0,55										
b	0		0,19167										
c	1		0,4378										
d	0												
#Estudiante													
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
12	1	1	0,5	0	0	0,5	0	0,5	1	1			

Tabla 23: Resultados prueba de audífonos pregunta 12.

Convenciones		Promedio Aritmetico		Pregunta Numero 13									
a	0		0,7										
b	0,5		0,12222										
c	1		0,3496										
d	0,5												
#Estudiante													
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
13	0,5	1	0,5	1	0	1	0,5	0,5	1	1			

Tabla 24: Resultados prueba de audífonos pregunta 13.

Convenciones		Promedio Aritmetico		Pregunta Numero 14									
a	0,5		0,7										
b	0		0,17778										
c	0,5		0,42164										
d	1												
#Estudiante													
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
14	0,5	1	0	1	0	1	0,5	1	1	1			

Tabla 25: Resultados prueba de audífonos pregunta 14.

Convenciones		Promedio Aritmetico		Pregunta Numero 15									
a	0,5		0,2										
b	0		0,06667										
c	1		0,2582										
d	0												
#Estudiante													
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
15	0	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0	0,5	0			

Tabla 26: Resultados prueba de audífonos pregunta 15.

Convenciones		Promedio Aritmetico		Pregunta Numero 16									
a	1		0,3										
b	0	Varianza		0,17778									
c	0.5	Desviacion estandar		0,42164									
d	0.5												
#Estudiante													
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
16	1	1	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0,5		

Tabla 27: Resultados prueba de audífonos pregunta 16.

Convenciones		Promedio Aritmetico		Pregunta Numero 17									
a	0.5		0,3										
b	1	Varianza		0,17778									
c	0	Desviacion estandar		0,42164									
d	0.5												
#Estudiante													
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
17	1	0,5	0	1	0	0	0	0,5	0	0	0		

Tabla 28: Resultados prueba de audífonos pregunta 17.

Convenciones		Promedio Aritmetico		Pregunta Numero 18									
a	1		0,65										
b	0.5	Varianza		0,05833									
c	0.5	Desviacion estandar		0,24152									
d	0												
#Estudiante													
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
18	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	1	0,5	0,5		

Tabla 29: Resultados prueba de audífonos pregunta 18.

Convenciones		Promedio Aritmetico		Pregunta Numero 19									
a	0.5		0,55										
b	0.5	Varianza		0,025									
c	1	Desviacion estandar		0,15811									
d	0												
#Estudiante													
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
19	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5		

Tabla 30: Resultados prueba de audífonos pregunta 19.

Convenciones		Promedio Aritmetico		Pregunta Numero 20									
a	1		0,65										
b	0	Varianza											
c	0,5	Desviacion estandar											
d	0,5												
#Estudiante													
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
20	0,5	0,5	1	0,5	0	1	1	1	0,5	0,5			

Tabla 31: Resultados prueba de audífonos pregunta 20.

Convenciones		Promedio Aritmetico		Pregunta Numero 21									
a	1		0,4										
b	0	Varianza											
c	0,5	Desviacion estandar											
d	0,5												
#Estudiante													
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
21	0,5	0,5	0	0,5	0	1	0	0,5	0,5	0,5			

Tabla 32: Resultados prueba de audífonos pregunta 21.

Convenciones		Promedio Aritmetico		Pregunta Numero 22									
a	0,5		0,6										
b	0	Varianza											
c	0	Desviacion estandar											
d	1												
#Estudiante													
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
21	1	1	0	0	1	1	0,5	1	0	0,5			

Tabla 33: Resultados prueba de audífonos pregunta 22.

- Parlantes angulados a 60°

Convenciones		Promedio Aritmetico		Pregunta Numero 1 Flauta a 40°									
a	0,5		0,85										
b	0,5	Varianza											
c	0	Desviacion estandar											
d	1												
#Estudiante													
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5	1	0,5			

Tabla 34: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 1.

Convenciones	
a	1
b	0
c	0.5
d	0.5

Promedio Aritmetico	0,95
Varianza	0,025
Desviacion estandar	0,15811

Pregunta Numero 2
flauta a 10^º

#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1

Tabla 35: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 2.

Convenciones	
a	1
b	0.5
c	0
d	0.5

Promedio Aritmetico	0,55
Varianza	0,19167
Desviacion estandar	0,4378

Pregunta Numero 3
viola a -50^º

#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	0,5	1	0,5	0,5	0	0	1	0	1	1

Tabla 36: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 3.

Convenciones	
a	0.5
b	1
c	0
d	0

Promedio Aritmetico	0,6
Varianza	0,21111
Desviacion estandar	0,45947

Pregunta Numero 4
viola a -30^º

#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	1	1	1	0,5	0	0	0,5	0	1	1

Tabla 37: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 4.

Convenciones	
a	0.5
b	0
c	0.5
d	1

Promedio Aritmetico	1
Varianza	0
Desviacion estandar	0

Pregunta Numero 5
Voz a 0^º

#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 38: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 5.

Convenciones	
a	0
b	0.5
c	1
d	0.5

Promedio Aritmetico	1
Varianza	0
Desviacion estandar	0

Pregunta Numero 6
voz a -10°

#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 39: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 6.

Convenciones	
a	0.5
b	0.5
c	0
d	1

Promedio Aritmetico	0,15
Varianza	0,11389
Desviacion estandar	0,33747

Pregunta Numero 7
corno a 80°

#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	0	0	0	0	0	0,5	0	1	0	0

Tabla 40: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 7.

Convenciones	
a	1
b	0
c	0.5
d	0.5

Promedio Aritmetico	0,35
Varianza	0,11389
Desviacion estandar	0,33747

Pregunta Numero 8
corno a 70°

#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	0	0,5	0	0,5	1	0,5	0,5	0	0,5	0

Tabla 41: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 8.

Convenciones	
a	0
b	0.5
c	1
d	0.5

Promedio Aritmetico	0,65
Varianza	0,11389
Desviacion estandar	0,33747

Pregunta Numero 9
basoon a 6m

#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	1	0	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5

Tabla 42: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 9.

Convenciones	
a	0
b	1
c	0,5
d	0

Promedio Aritmetico	0,8
Varianza	0,12222
Desviacion estandar	0,3496

Pregunta Numero 10
basoon a 1m

#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	1	0	0,5	1	1	0,5	1	1	1	1

Tabla 43: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 10.

Convenciones	
a	1
b	0
c	0,5
d	0,5

Promedio Aritmetico	0,5
Varianza	0,05556
Desviacion estandar	0,2357

Pregunta Numero 11
tuba a 10m

#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5

Tabla 44: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 11.

Convenciones	
a	0,5
b	0
c	1
d	0

Promedio Aritmetico	0,85
Varianza	0,1138889
Desviacion estandar	0,3374743

Pregunta Numero 12
Tuba a 13m

#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,5

Tabla 45: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 12.

Convenciones	
a	0
b	0,5
c	1
d	0,5

Promedio Aritmetico	0,6
Varianza	0,1
Desviacion estandar	0,3162278

Pregunta Numero 13
Timbales a 4m

#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5	0	1	0,5	0,5

Tabla 46: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 13.

Convenciones		Promedio Aritmetico		Pregunta Numero 14	
a	0,5		0,55		
b	0	Varianza		0,0805556	
c	0,5	Desviacion estandar		0,2838231	
d	1				

Timbales a 7m

#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1	0	0,5

Tabla 47: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 14.

Convenciones		Promedio Aritmetico		Pregunta Numero 15	
a	0,5		0,1		
b	0	Varianza		0,1	
c	1	Desviacion estandar		0,3162278	
d	0				

Viola a 18m

#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Tabla 48: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 15.

Convenciones		Promedio Aritmetico		Pregunta Numero 16	
a	1		0,2		
b	0	Varianza		0,1222222	
c	0,5	Desviacion estandar		0,3496029	
d	0,5				

Viola a 17m

#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	0	0,5	0	0	0	1	0	0	0	0,5

Tabla 49: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 16.

Convenciones		Promedio Aritmetico		Pregunta Numero 17	
a	0,5		0,4		
b	1	Varianza		0,1555556	
c	0	Desviacion estandar		0,3944053	
d	0,5				

Clarinete a 15m

#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	0,5	0,5	0	0,5	1	0	1	0	0	0,5

Tabla 50: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 17.

Convenciones	
a	1
b	0,5
c	0,5
d	0

Promedio Aritmetico	0,65
Varianza	0,1138889
Desviacion estandar	0,3374743

Pregunta Numero 18
clarinete a 14m

#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18	0,5	0,5	0	1	0,5	0,5	1	1	1	0,5

Tabla 51: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 18.

Convenciones	
a	0,5
b	0,5
c	1
d	0

Promedio Aritmetico	0,7
Varianza	0,0666667
Desviacion estandar	0,2581989

Pregunta Numero 19
corno a 3m

#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	1	1

Tabla 52: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 19.

Convenciones	
a	1
b	0
c	0,5
d	0,5

Promedio Aritmetico	0,65
Varianza	0,1138889
Desviacion estandar	0,3374743

Pregunta Numero 20
corno a 2m

#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	0	0,5	1	1

Tabla 53: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 20.

Convenciones	
a	1
b	0
c	0,5
d	0,5

Promedio Aritmetico	0,55
Varianza	0,1916667
Desviacion estandar	0,4377975

Pregunta Numero 21
contrabajo 6m

#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	1	0,5	1	1	0,5	0,5	1	0	0	0

Tabla 54: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 21.

Convenciones		Promedio Aritmetico		0,35		Pregunta Numero 22				
a	0,5	Varianza		0,225		contrabajo a 7m				
b	0	Desviacion estandar		0,4743416						
c	0									
d	1									
#Estudiante										
# Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	0	1	0	0	1	0,5	0	1	0	0

Tabla 55: Resultados prueba de parlantes angulados a 60° pregunta 22.

- La comparación que se realizó arrojó los siguientes resultados:

#Pregunta	Panoramica			
	Audifonos		Monitores	
	Promedio	Desviacion estandar	Promedio	Desviacion estandar
1	0,7	0,25	0,85	0,24
2	0,8	0,25	0,95	0,15
3	0,6	0,39	0,55	0,43
4	0,3	0,48	0,6	0,45
5	0,95	0,15	1	0
6	0,8	0,35	1	0
7	0,65	0,41	0,15	0,33
8	0,45	0,43	0,35	0,33

Tabla 56: Comparación de los resultados en audífonos y monitores para ubicar la posición angular en la cual se encuentra la fuente sonora

#Pregunta	Distancia en Metros			
	Audifonos		Monitores	
	Promedio	Desviacion estandar	Promedio	Desviacion estandar
9	0,8	0,25	0,65	0,33
10	0,85	0,33	0,8	0,34
11	0,5	0,23	0,5	0,23
12	0,55	0,43	0,85	0,33
13	0,7	0,43	0,6	0,31
14	0,7	0,42	0,55	0,28
15	0,2	0,25	0,1	0,31
16	0,3	0,42	0,2	0,34
17	0,3	0,42	0,4	0,39
18	0,65	0,24	0,65	0,33
19	0,55	0,15	0,7	0,25
20	0,65	0,33	0,65	0,33
21	0,4	0,31	0,55	0,43
22	0,6	0,45	0,35	0,47

Tabla 57: Comparación de los resultados en audifonos y monitores para ubicar la Profundidad en metros en la cual se encuentra la fuente sonora

En las tablas anteriores se puede observar el promedio aritmético y la desviación estándar respectivamente, de las pruebas con audifonos y con monitores de cada una de las preguntas de la prueba, de esta manera se logra establecer que los resultados propuestos anteriormente para la prueba se han logrado a cabalidad.

- La distancia máxima que los oyentes distinguieron con claridad en la prueba preliminar fue hasta los 10 metros.
- La separación mínima en distancia que el oyente pudo distinguir en la prueba fue de 1 m.
- La separación angular de 10° fue la indicada para la prueba.
- El resultado arrojó que el entrenamiento se puede realizar en cualquiera de los dos ambientes con audifonos o con parlantes angulados a 60°. Por comodidad del usuario se decide que todo el proceso de aprendizaje se realizará con audifonos, ya que permiten conservar la característica de portabilidad del sistema, facilitando el desarrollo del entrenamiento en el espacio elegido por cada uno de los usuarios.

4.1.2 Diseño comunicacional

Éste apartado corresponde al resultado de considerar la forma en la que la aplicación de entrenamiento auditivo se comunica con el usuario y viceversa, la información fundamental que se le debe presentar al usuario, la forma en la que se presentan los llamados de acción, la distribución general de los elementos en pantalla, entre otros, este apartado hace referencia a la creación de una interfaz de usuario que permita implementar los algoritmos elegidos y transmitir la información de forma interactiva.

4.1.2.1 Módulos de información

Se identifican cuatro módulos de información orientados a proveer detalles respecto a la descripción de cada uno de los módulos y lecciones, el punto en la ruta de aprendizaje en el cuál se encuentra el usuario, el progreso de la lección en curso y la efectividad del entrenamiento.

- **Descripción de la actividad**

Uno de los principales requisitos que se deben proveer durante el desarrollo del entrenamiento es la descripción de cada una de las actividades –Comparación e Identificación-. Aquí se informará al usuario los objetivos de cada lección, con la intención de aclarar el para qué de cada actividad.

De acuerdo a lo anterior, se determina que la descripción de cada una de las actividades corresponderá a las siguientes:

- **Comparación:** Esta actividad consta de tres módulos en los cuales aprenderás a identificar:
 - El costado de donde provienen las fuentes (derecho e izquierdo).
 - ¿Cuál de las dos fuentes está o más a la derecha o más a la izquierda?
 - ¿Cuál de las dos fuentes está más lejos?
- **Identificación:** Esta actividad consta de tres módulos en los cuales aprenderás a identificar:
 - El ángulo de procedencia.
 - La distancia en metros y
 - La combinación de estos dos parámetros.

- **Progreso general del entrenamiento**

Un componente fundamental de comunicación de la herramienta es el proveer la información referente al estado en el cuál se encuentra el usuario al momento de iniciar cada una de las actividades, puesto que la ruta de aprendizaje del programa de entrenamiento está diseñada para que se desarrolle durante varias sesiones – días, motivo por el cual se hace necesario almacenar la última lección desarrollada por cada uno de los usuarios, así cuando cada usuario retome su entrenamiento, podrá continuar en su anterior lección.

Éste módulo de información será presentado después de seleccionar la actividad en la que desea entrenar el usuario, estipulando que los elementos presentes en pantalla serán los siguientes:

- Número y título del módulo en el que se encuentra.
- Lección en la que se encuentra el usuario.
- Descripción de la lección en la que se encuentra el usuario.

Para cada una de las lecciones se ha planteado la siguiente descripción considerando el transmitir el mensaje indicado procurando evitar generar confusión, así pues se tiene que para la actividad:

- **Comparación**

- **Módulo 1**

- **Nombre del módulo:** Comparación Panorámica de dos fuentes, una al lado derecho y otra al izquierdo.
- **Descripción del módulo:** En ésta lección escucharás dos fuentes (A y B) y deberás escoger cuál de las dos corresponde a la pregunta indicada en pantalla. Para introducir tu respuesta cubre con tu mano el marcador de la opción que deseas seleccionar.

- **Módulo 2**

- **Nombre del módulo:** Comparación Panorámica de dos fuentes al mismo lado.
- **Descripción del módulo:** En ésta lección escucharás dos fuentes (A y B), la actividad consiste en identificar cuál de los dos está o más a la derecha o más a la izquierda. Para introducir tu respuesta cubre con tu mano el marcador de la opción que deseas seleccionar.

- **Módulo 3**

- **Nombre del módulo:** Comparación de Profundidad de dos fuentes en el mismo eje.
- **Descripción del módulo:** En ésta lección escucharás dos fuentes (A y B), la actividad consiste en identificar “¿Cuál de las dos está más lejos?”. Para introducir tu respuesta cubre con tu mano el marcador de la opción que deseas seleccionar.

Se ha decidido determinar el nombre y descripción de cada módulo en lugar de cada una de las lecciones que componen cada módulo debido a que la mecánica de operación de las lecciones contenidas dentro de cada uno de los módulos responde a la misma y a que, como se observó anteriormente en el apartado Curva de Aprendizaje, el incremento de la dificultad se hace variando los valores de las variables denominadas *nivel de dificultad*, *separación angular* y *separación en metros*.

- **Identificación**

- **Módulo 1**

- **Lección 1**

- **Nombre de la lección:** Identificación de Panorámica de una fuente en dos posibles regiones.

- **Lección 2**

- **Nombre de la lección:** Identificación de Panorámica de una fuente en cuatro posibles regiones.

- **Lección 3**

- **Nombre de la lección:** Identificación de Panorámica de una fuente en seis posibles regiones.

- **Módulo 2**

- **Lección 1**

- **Nombre de la lección:** Identificación de Profundidad de una fuente en dos posibles regiones.

- **Módulo 3**

- **Lección 1**

- **Nombre de la lección:** Identificación de Panorámica y Profundidad de una fuente en cuatro posibles regiones.

- **Lección 2**

- **Nombre de la lección:** Identificación de Panorámica y Profundidad de una fuente en ocho posibles regiones.

- **Lección 3**

- **Nombre de la lección:** Identificación de Panorámica y Profundidad de una fuente en doce posibles regiones.

Para el elemento de descripción de cada una de las lecciones se ha decidido generalizarlo a la misma información puesto que la mecánica de cada lección es la misma, así, el elemento descripción toma el siguiente texto:

- **Descripción de la lección:** En ésta lección deberás ubicar el marcador de realidad aumentada en la región correspondiente a la fuente escuchada, teniendo en cuenta que las regiones son las siguientes:

Para después pasar a mostrar los gráficos de las posibles regiones que se mencionan en el nombre y descripción de cada lección, tal como se observa a continuación.

- **Módulo 1**
 - **Lección 1**

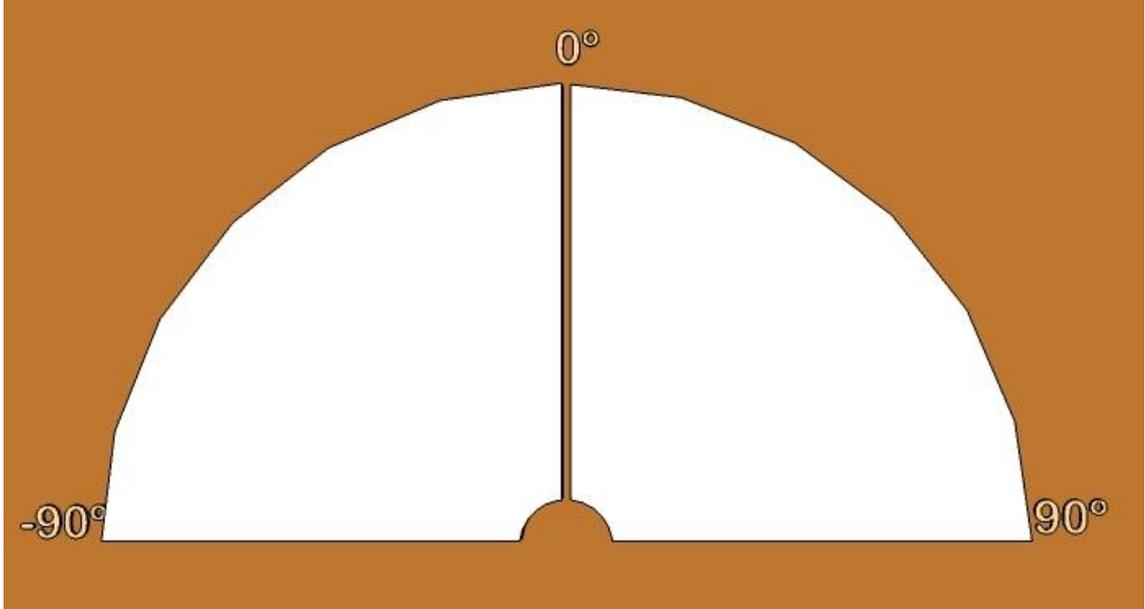


Figura 9: Módulo 1-Lección 1

- **Lección 2**

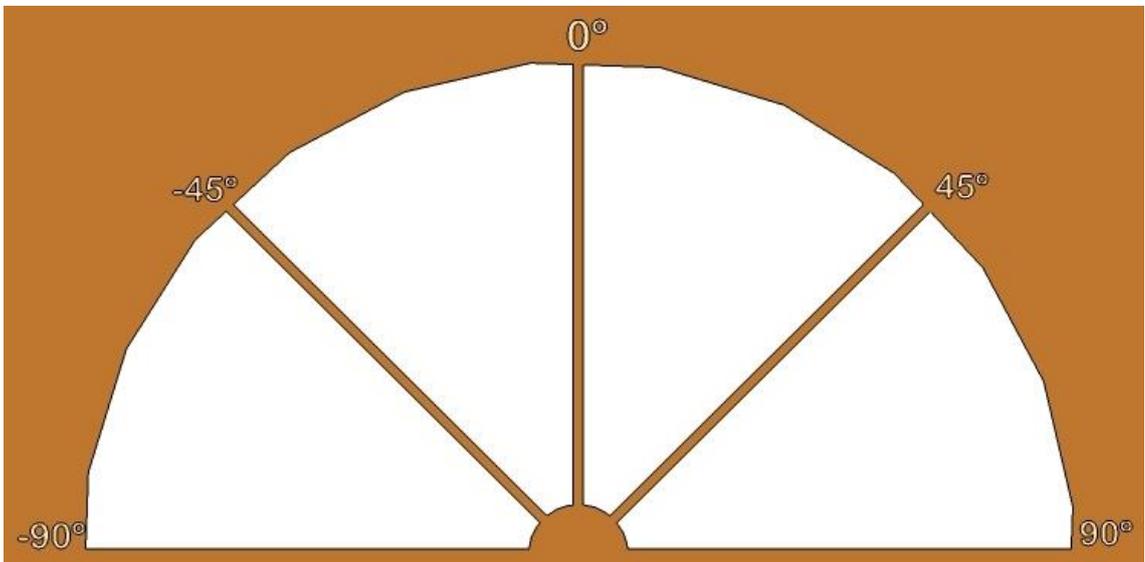


Figura 10: Módulo 1-Lección 2

- **Lección 3**

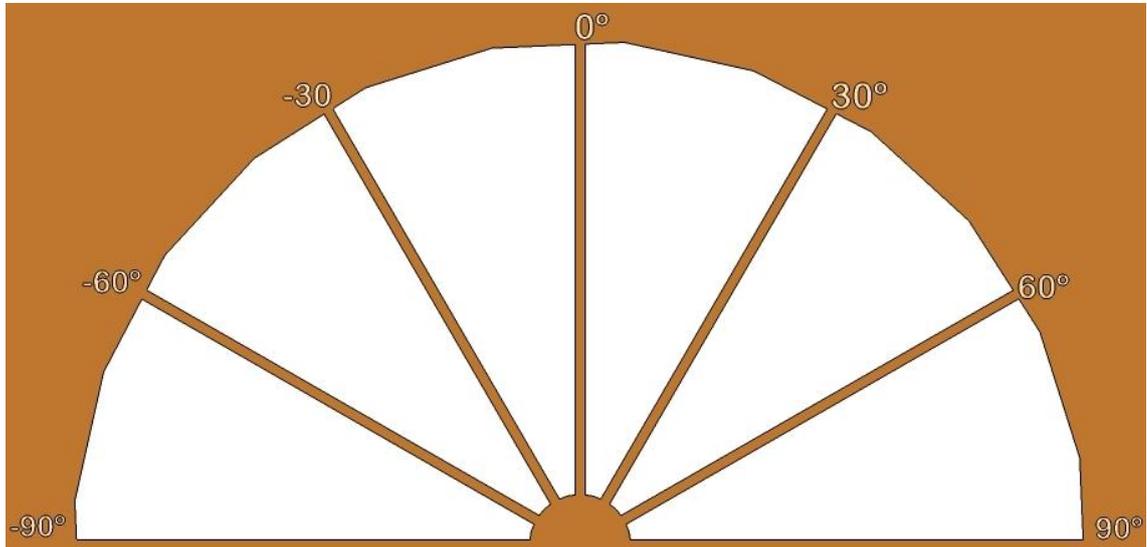


Figura 11: Módulo 1-Leccion 3

- **Módulo 2**

- **Lección 1**

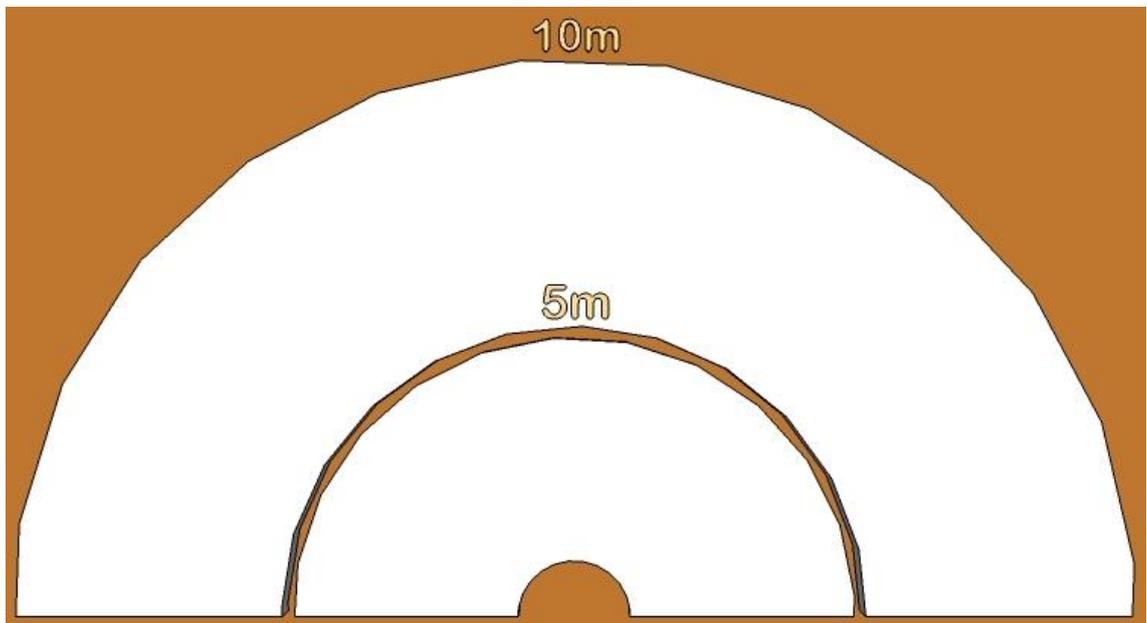


Figura 12: Módulo 2-Leccion 1

- **Módulo 3**

- **Lección 1**

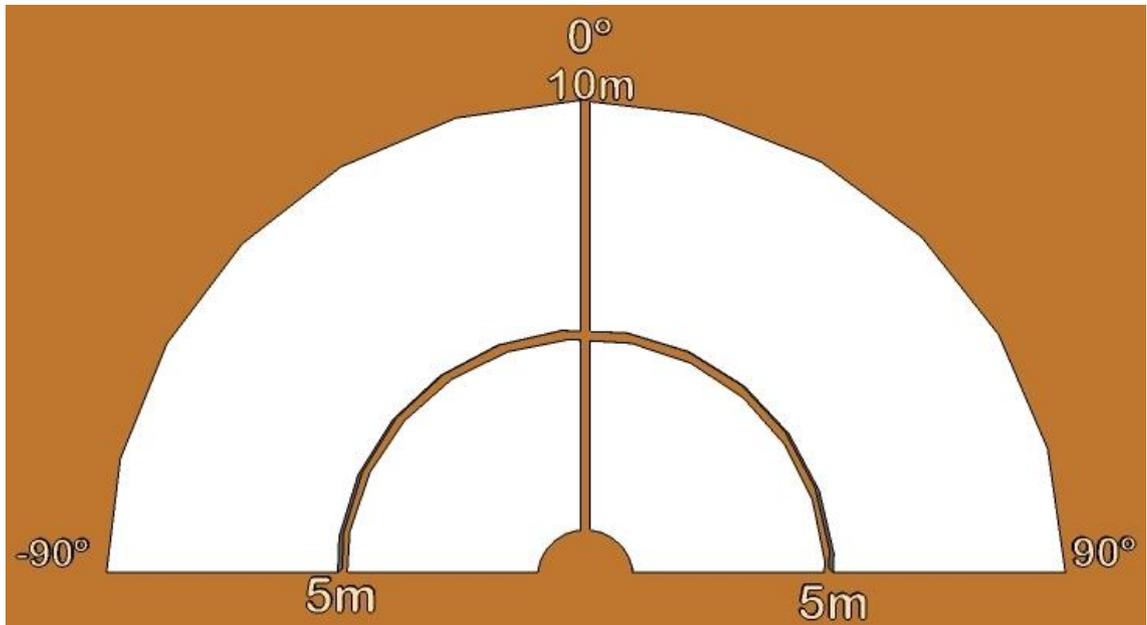


Figura 13: Módulo 3-Lección 1

- **Lección 2**

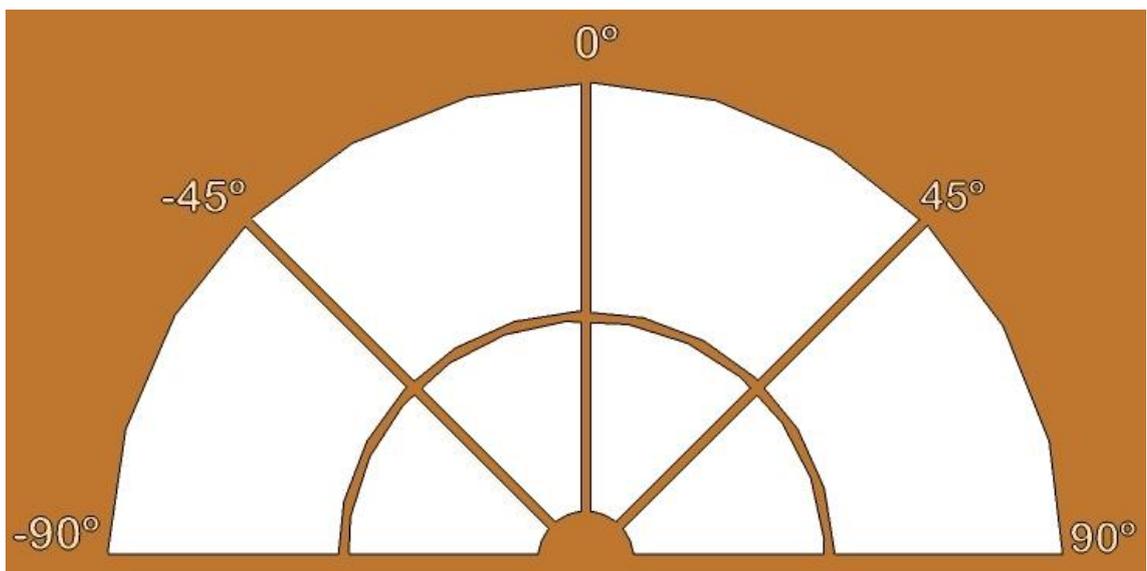


Figura 14: Módulo 3-Lección 2

- **Lección 3**

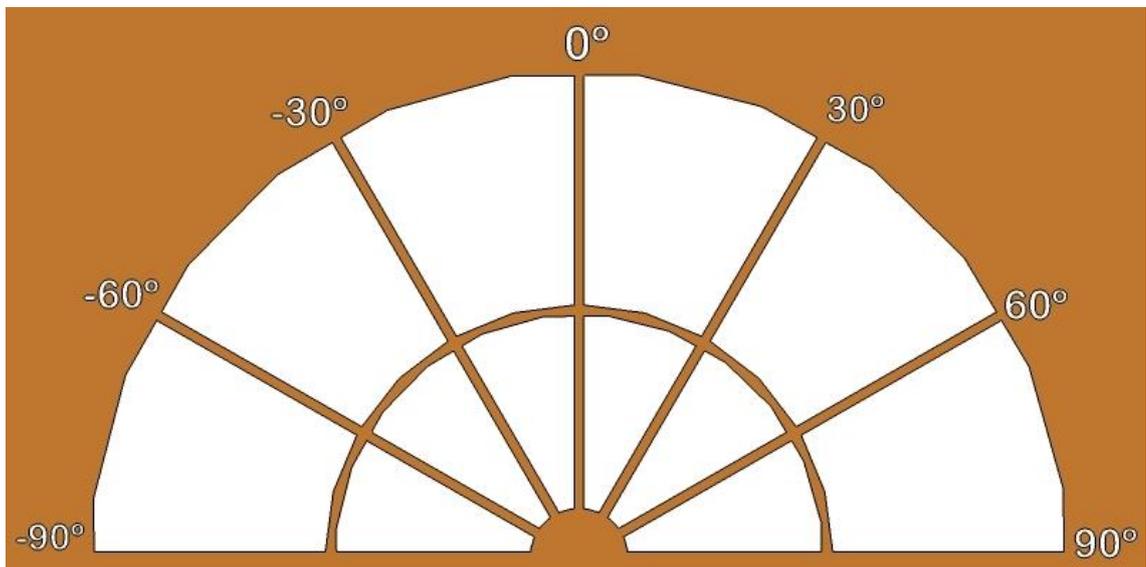


Figura 15: Módulo 3-Lección 3

- **Progreso de la lección en curso**

En éste módulo de información se pretende comunicar al usuario el estado y progreso de la lección que se encuentre desarrollando, para lo cual se decide incluir los siguientes elementos:

- Pregunta.
- Número de pregunta.
- Opciones de repetición de la pregunta.
- Retroalimentación de la opción seleccionada por el usuario, indicando si fue acertada o errada.
- Puntaje actual en porcentaje y barra de puntaje.

- **Información de la efectividad del entrenamiento**

Como ya se ha otorgado información referente al progreso general del entrenamiento, descripción y progreso de cada lección, ahora se procede a informar al usuario del rendimiento que ha obtenido durante el curso del entrenamiento, para lo cual se crea una pantalla de resultados que muestre el histórico de puntajes obtenidos en cada uno de los intentos en cada lección.

Los elementos que deben ser presentados en ésta pantalla, para cada intento registrado por el sistema, son los siguientes:

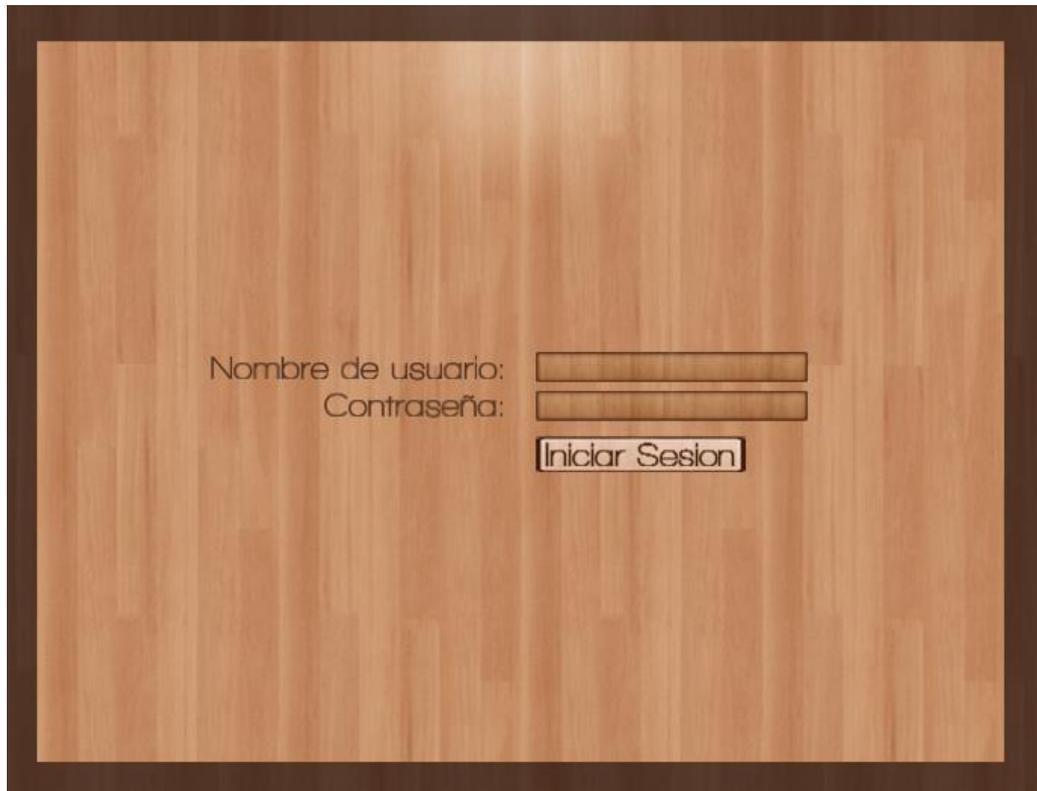
- Fecha
- Hora
- Módulo
- Lección
- Nombre de la lección
- Número de acierto respecto al número total de preguntas

Brindando la posibilidad de elegir ver los resultados de la actividad comparación o identificación.

4.1.2.2 Interfaz gráfica

Este ítem hace referencia a lo explicado anteriormente, pero ya de manera visual. Es la manera como el usuario vera la información del funcionamiento de la aplicación y de su progreso durante el entrenamiento.

- Pantalla de inicio de sesión



Nombre de usuario:

Contraseña:

Figura 16: Inicio de sesión

- Pantalla de Menú



Figura 17: Pantalla de menú donde se elige la actividad a realizar

- **Actividad de comparación**

- Descripción de lo que el usuario aprenderá en esta actividad



Figura 18: Descripción de la actividad de comparación ¿Qué se va a aprender en esta actividad?

- Información de la posición en la que se encuentra el usuario.

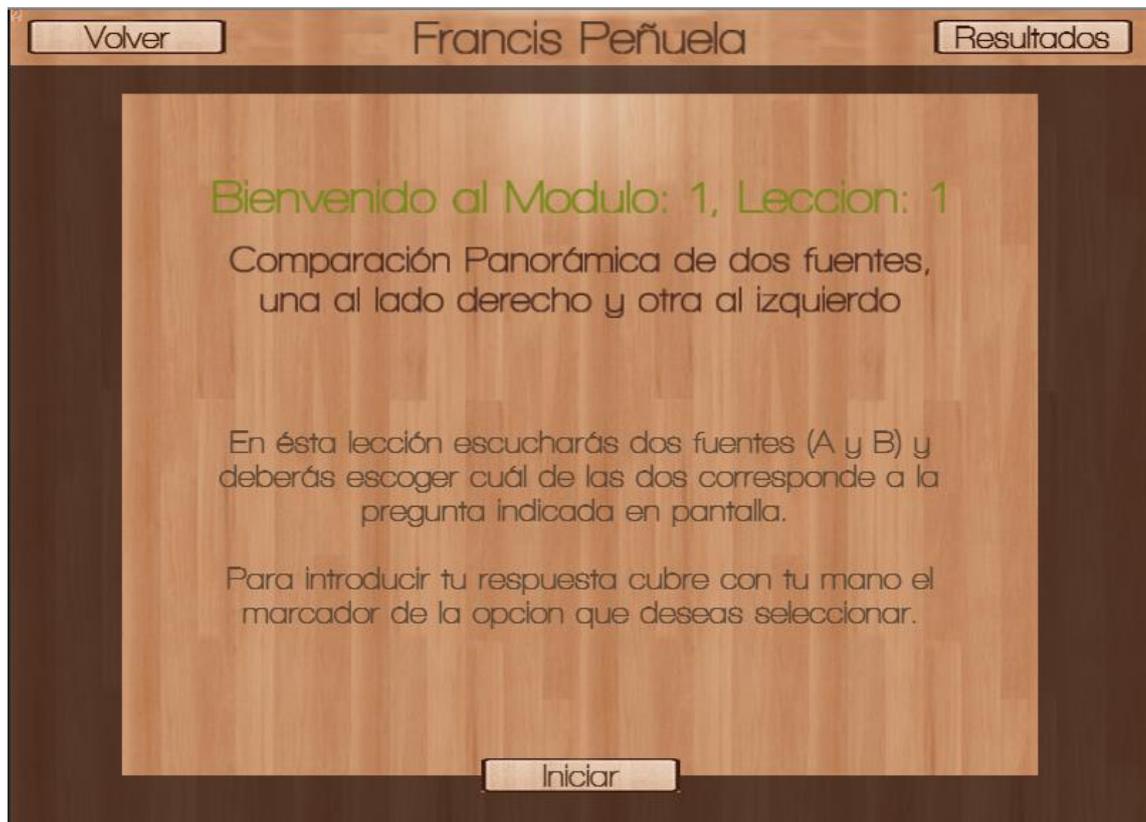


Figura 19: Información acerca del nivel en el que se encuentra el usuario, y como se realiza la actividad

- Vista de la actividad



Figura 20: Pantalla de visualización de la actividad

- **Actividad de Identificación**

- Descripción de lo que el usuario aprenderá en esta actividad.



Figura 21: Información acerca de la actividad de identificación

- Información de donde se encuentra el usuario y como llevar a cabo la actividad

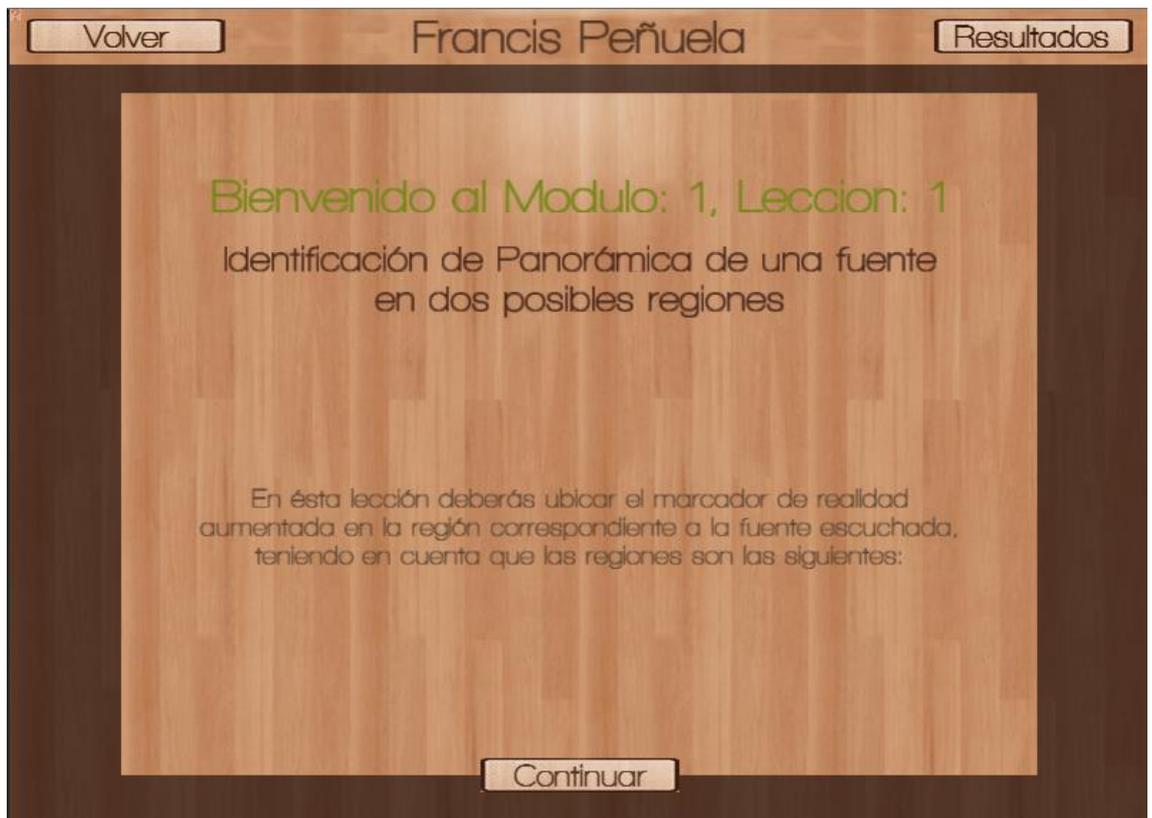


Figura 22: Pantalla de información acerca de la actividad de identificación ¿Dónde se encuentra el usuario? Y ¿Cómo llevar a cabo la lección?

- Regiones disponibles para colocar el marcador según el audio que el usuario escuche.

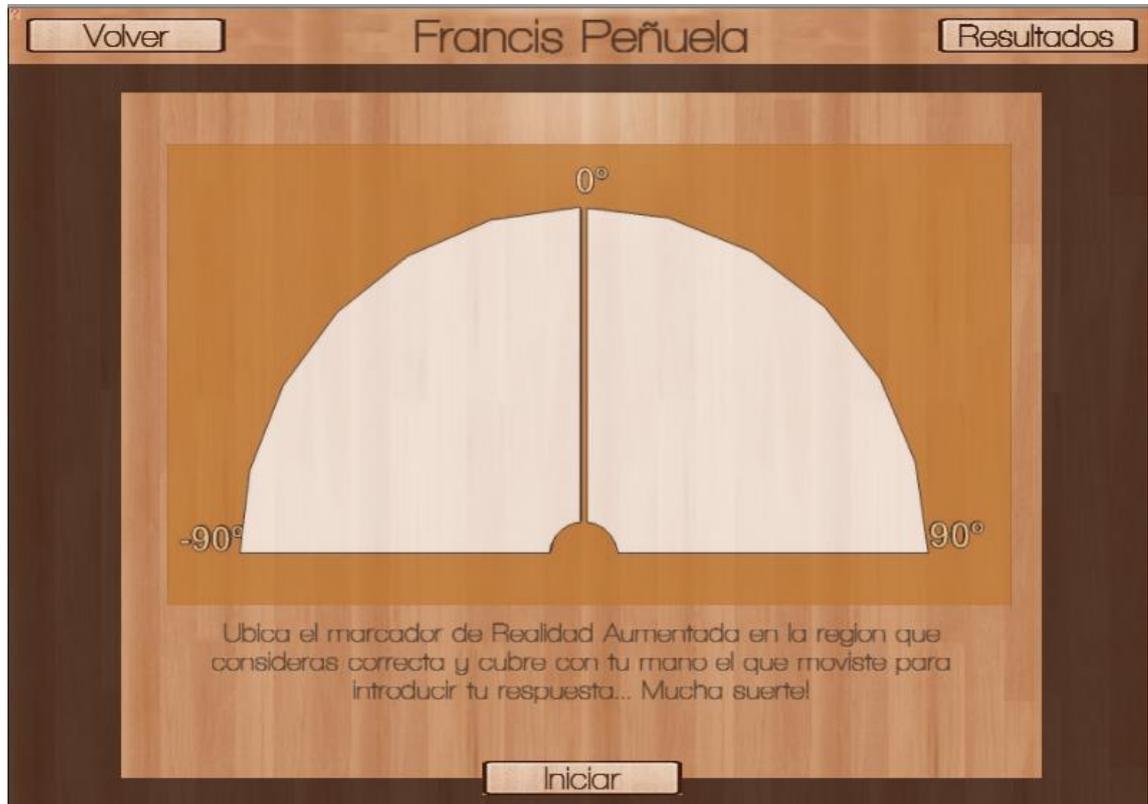


Figura 23: Visualización de las regiones disponibles según la lección en la que se encuentre el usuario.

- Vista de la actividad



Figura 24: Visualización de la actividad de identificación.

- Pantalla para elegir de que actividad desea el usuario ver los resultados.



Figura 25: Elección, acerca de cuáles resultados según las actividades realizadas desear ver el usuario.

- Vista de los resultados de cualquiera de las dos actividades.



Figura 26: Visualización de resultados en cualquiera de las dos actividades del programa.

4.1.3 Diseño computacional

4.1.3.1 Características del *software*

Para conseguir una adecuada integración de cada uno de los elementos descritos en los apartados Diseño Educativo y Diseño Comunicacional, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Puesto que la herramienta será usada por varios usuarios que irán desarrollando su entrenamiento y en el transcurso de varias sesiones – días, se debe contar con una base de datos en la que se almacene la información de autenticación de cada uno de los usuarios, así como implementar un sistema de inicio de sesión al correr el programa.
- Como uno de los requisitos en el diseño comunicacional es proveer al usuario de la capacidad de observar su progreso general en cada una de las actividades, se presenta la necesidad de almacenar el registro y puntaje de cada uno de los intentos tomados por el usuario.

- Para evitar que el usuario identifique alguna secuencia en las respuestas correctas o incorrectas de cada lección, contar con aleatoriedad es fundamental. Para ello se plantea poseer aleatoriedad en:
 - La pregunta
 - Opción correcta
 - En los instrumentos que se reproducen en cada pregunta
- Como se cuenta con una estructura de preguntas mínimas, máximas y puntajes de aprobación por cada lección, se debe evaluar constantemente el progreso del usuario en cada lección, considerando las anteriores variables.
- Para fortalecer el lazo que se crea entre el usuario y el programa cada vez que el primero se encuentra en una sesión de entrenamiento, se establece que la forma en la que los usuarios introducirán su respuesta será principalmente interactiva, para lo cual se determina que el usuario deberá cubrir con su mano alguno de los marcadores de realidad aumentada.

4.1.3.2 Unity3D como entorno de desarrollo

Unity es un motor de videojuego multiplataforma, disponible para desarrollar en Windows y OS X, cuya premisa principal responde a la de una herramienta en la que se procura desarrollar y codificar una sola vez, brindando la posibilidad de compilar para diferentes plataformas.

Uno de los principales puntos de interés de los creadores y desarrolladores de Unity ha sido centrar su atención a plataformas emergentes y móviles, lo cual se evidencia en la variada cantidad de sistemas operativos y dispositivos que soporta el motor para compilar los desarrollos, así pues, se tiene que en la versión actual Unity 4.2 para cada una de las siguientes plataformas se soportan los siguientes dispositivos/sistemas operativos:

- Escritorio
 - Windows, OS X y Linux (principalmente la distribución Ubuntu).
- Consolas de videojuegos
 - PlayStation 3
 - Xbox 360
 - Wii

- Wii U
- Smartphones y Tablets
 - iPad
 - iPhone
 - Android
- Web mediante un plug-in para el navegador

Una de las principales consideraciones al momento de seleccionar este motor para el desarrollo de la herramienta de entrenamiento, es la comparación entre sus dos licencias: Unity y Unity Pro, pues la primera a pesar de ser gratuita provee gran cantidad de herramientas y funcionalidad que permite, sin costo alguno, desarrollar videojuegos de corte profesional.

La forma de introducir la lógica de cada componente en el videojuego es mediante el uso de scripts que pueden ser programados en C#, JavaScript y Boo (lenguaje basado en Python), permitiendo combinarlos para no limitar el desarrollo a la necesidad de usar un solo lenguaje. El principal lenguaje seleccionado para codificar la lógica de la herramienta ha sido JavaScript debido a:

- La gran documentación de ejemplos y referencias que existen respecto a la aplicación de éste lenguaje en el entorno Unity.
- La versión de JavaScript implementada en el desarrollo en dicho entorno responde a una modificada (conocida también como UnityScript) para realizar una mejor integración con el motor, permitiendo omitir líneas de código como la importación de librerías para enlazar al motor.

4.1.3.3 Librería de Realidad Aumentada NyARToolkit

NyARToolkit es una librería de código abierto para visión computacional orientada a facilitar el desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada Visual.

Los orígenes de NyARToolkit se remontan a la creación de la librería ARToolKit, que fue una de las principales para el desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada Visual. Disponibles en la red en 1999³² fue desarrollada para los lenguajes C y C++, pero debido a su gran popularidad entre los

³² <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/history.htm>

desarrolladores se presentaron adaptaciones a diferentes lenguajes de programación, comenzando por los que eran usados principalmente en plataformas emergentes como la Web, así pues nació la primera gran adaptación al lenguaje ActionScript3 (lenguaje usado para codificar en la plataforma Flash). La siguiente adaptación que se presentó fue al lenguaje Java, con lo cual nació la librería NyARToolkit, que después del abandono en el mantenimiento de la librería ARToolKit en el año 2007 se convirtió en una de las principales para la implementación de Realidad Aumentada Visual³³.

Su gran regularidad de mantenimiento y desarrollo ha permitido no sólo adaptarla al lenguaje de programación Java, sino también (tal como en la última versión: 4.0.3) al lenguaje ActionScript3 y C#, con especial adaptación para las plataformas de desarrollo Android, Processing y Unity (Pues como se mencionó anteriormente, uno de los lenguajes de programación compatibles para el desarrollo de Unity es C#).

Los principios de funcionamiento de NyARToolkit, responden a los mismos de ARToolKit, son:

- La cámara captura video del mundo real y lo envía al computador.
- Un programa en el computador busca en cada fotograma de video por cualquier forma de cuadrado.
- Si un cuadrado es encontrado, el programa usa matemática para calcular la posición de la cámara relativa al cuadrado negro.
- Una vez se conoce la posición de la cámara, un modelo 3D es dibujado desde esa misma posición.
- Dicho modelo es dibujado encima del video del mundo real y así parece pegado encima del recuadro.
- El resultado final es mostrado en pantalla, así se observa que gráficos por computador se superponen a imágenes reales.

³³ <http://sourceforge.net/projects/artoolkit/files/>

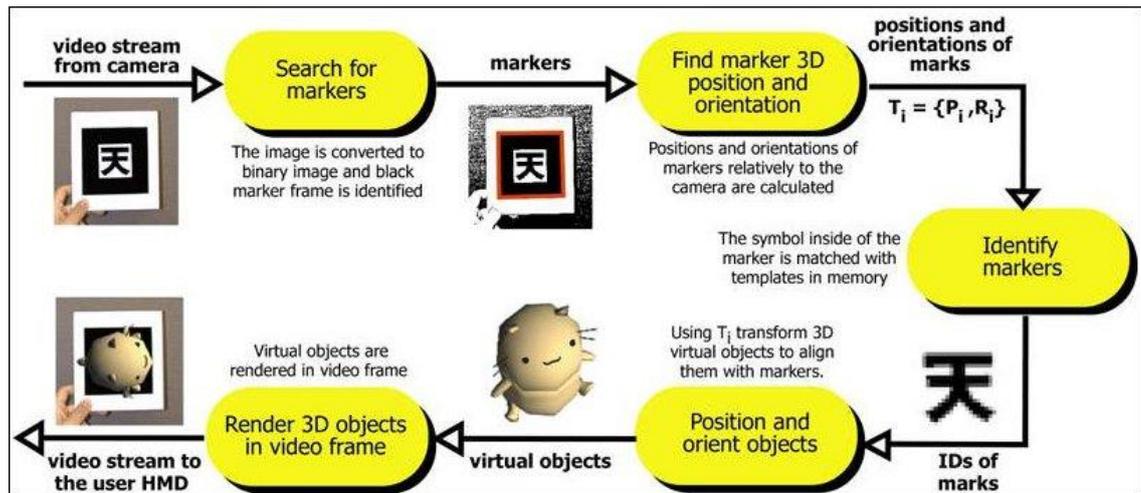


Figura 27³⁴: Los principios de funcionamiento de ARToolkit

4.1.3.4 Simplify! for NyARToolkit³⁵

- Simplify! es un ayudante para la librería NyARToolkit que permite a los usuarios desarrollar Realidad Aumentada mediante objetos prefabricados de arrastrar y soltar.
- También es útil para los estudiantes de multimedia e investigadores en el contenido de realidad aumentada, ya que pueden concentrarse en la creación de contenidos sin tener que preocuparse demasiado por el seguimiento, programación de múltiples marcadores, etc.
- Permite a los desarrolladores centrarse más en la creación de un contenido impactante sin tener que preocuparse demasiado en el aspecto técnico.

Los requisitos para el funcionamiento de ésta librería son:

- Unity 4 o mayor.
- Un computador que cumpla con los requisitos mínimos para correr Unity 4.

³⁴ <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/userarwork.html>

³⁵ <http://www.syazmedia.com/simplify-for-nyartoolkit.html>

4.1.3.5 NGUI: Framework para creación de interfaces gráficas de usuario

NGUI es un sistema de interfaz de usuario de gran alcance y un marco de la notificación de eventos para Unity (tanto en la versión de pago como gratuita) escrito en C # que sigue de cerca el principio KISS. Cuenta con código limpio y un enfoque simple, minimalista a todo. La mayoría de las clases se mantienen por debajo de 200 líneas de código. Para un programador esto significa un tiempo mucho más fácil cuando se trata de trabajar con el kit³⁶.

4.1.3.6 SQLite

SQLite es una librería que implementa un motor de base de datos SQL autónomo sin la necesidad de correr en un servidor. El código de SQLite es de dominio público y por lo tanto libre para el uso para cualquier propósito, comercial o privado.

SQLite es un motor de base de datos SQL embebido. A diferencia de la mayoría de las otras bases de datos SQL, SQLite no tiene un proceso de servidor independiente. Lee y escribe directamente en archivos almacenados en el disco. Una base de datos SQL completa con varias tablas, índices, *triggers* y vistas, está contenida en un archivo de disco. El formato de archivo de base de datos es multiplataforma -se puede copiar libremente entre sistemas de 32 bits y de 64 bits. Estas características hacen de SQLite una opción popular como formato de archivo de la aplicación³⁷.

4.1.3.7 Elementos Hardware del sistema

Ya que el entrenamiento se desarrolla sobre una plataforma de programa de computador, aparte del sistema de computación lo elementos hardware del sistema los componen aquellos elementos de entrada de datos, así:

- Al tratarse de una aplicación que implementa Realidad Aumentada Visual es indispensable la presencia de una cámara para capturar las imágenes del mundo real y poder realizar el rastreo de marcadores.
- Como el entrenamiento es de tipo auditivo es necesaria la presencia de un sistema de reproducción y monitoreo, que como se comprobó en el apartado Diseño Educativo, es independiente entre parlantes angulados a 60° y audífonos, que por motivos de portabilidad se eligieron los últimos.
- Para poder repetir los audios que componen cada pregunta al realizar clic en un botón y navegar entre la interfaz gráfica se debe contar con un *mouse*.

³⁶ http://www.tasharen.com/?page_id=140

³⁷ <http://www.sqlite.org/about.html>

- Dar funcionalidad a la pantalla de inicio de sesión significa contar con una entrada de teclado en el sistema.

4.1.3.8 Requisitos mínimos del sistema

Se identifican dos elementos principales para establecer los requisitos mínimos del sistema: correr el entorno Unity y el motor de Realidad Aumentada.

El entorno Unity establece que los requisitos mínimos del sistema son:

- Windows XP SP2 o posterior; Windows 7 SP1; Mac OS X "Snow Leopard" 10.6 o posterior. Unity no ha sido probado en versiones de servidor de Windows y OS X.

Para el motor de Realidad Aumentada, en cuyo caso no se registra documentación de requisitos mínimos del sistema, se puede establecer que un computador compuesto por:

- Sistema Operativo: corresponde a los establecidos por Unity.
- Procesador de 2 GHz o superior de arquitectura x86 o x64.
- Memoria de 4 GB o más.

4.2 Desarrollo

Para llevar a cabo el desarrollo de la herramienta de entrenamiento auditivo se tuvieron en cuenta varios aspectos, que estuvieron basados en el planteamiento de Álvaro Galvis en su libro ingeniería de software, dentro de estos aspectos se encuentra que el número de personas a las cuales se les realiza el entrenamiento y el tiempo de este, no está especificado, así pues para esta ocasión se eligió una muestra de 7 personas, que tuvieran la disponibilidad de tiempo de mínimo una hora durante 1 semana, y de esta manera comprobar el funcionamiento del MEC.

Cuando se tiene la muestra a la cual se le va a realizar el entrenamiento se debe realizar entonces una prueba llamada conducta de entrada, esta prueba se hace para que los desarrolladores del proyecto tengan presente si esta muestra es la indicada, el único requerimiento de esta prueba es que las personas tengan los conocimientos básicos (prerrequisitos) sobre el tema acerca del cual se les va a instruir.

Si los resultados fueron positivos antes de iniciar el entrenamiento se debe realizar una prueba diagnóstica, que permite conocer en qué nivel se encuentra la persona en cuanto al tema que se le va a instruir, el resultado de esta prueba debería ser Fallo, para que de esta manera se haga necesaria la enseñanza con el MEC.

Teniendo que los resultados de la prueba diagnóstica efectivamente fueron negativos y que la muestra si necesita la instrucción, se determina que están listos para iniciar el respectivo entrenamiento.

Antes de que la población inicie con el aprendizaje a través del MEC, se realizaron unas correcciones de tipo técnico explicadas a continuación:

- Correcciones por un Ingeniero
 - Realizar pequeños cambios en la interfaz gráfica que le permitan al usuario tener un mayor entendimiento de lo que el software le está mostrando (cambio de colores, títulos, entre otros)
 - Impedir que mientras este sonando un audio en cualquiera de las actividades, el usuario intervenga el sonido con alguno de los botones que se encuentren en pantalla o con el marcador.
- Correcciones por un Estudiante
 - Realizar un cambio en la barra de progreso donde se muestre el valor en porcentaje en el cual se encuentra el usuario en todo momento de la actividad

Al tener las correcciones anteriores ya realizadas se considera que el MEC está listo para empezarse a usar.

El entrenamiento de los usuarios se realizó durante 1 semana, 1 hora diaria.

4.2.1 Renderizacion de Audios

Para realizar este apartado se tuvieron en cuenta las características que debía tener cada uno de los *plug-ins* dentro del algoritmo que utiliza cada uno de ellos para llevar a cabo el procesamiento de la señal, así para el caso de panorámica se tuvieron determino que los parámetros acústicos que intervenían en su apreciación son las diferencias interaurales de intensidad y tiempo, y en el caso de profundidad, su evaluación está determinada por los cambios en el nivel de presión sonora, la relación entre la señal directa y la señal reverberante, la distribución energética de las reflexiones tempranas y el cambio en el contenido frecuencial que se presenta entre más alejada este la fuente.

Los audios que se han utilizado en esta herramienta son grabaciones de cámara anecoica por una sinfónica en *Aalto University, School of science, department of Media Technology* en Finlandia realizadas para estudios

académicos en el área de la acústica. Los audios escogidos para el proyecto fueron los siguientes:

Voz	Mozart
Violines	Beethoven
Viola	Bruckner
Contrabajo	Beethoven
Timbales	Beethoven
Trompeta	Mahler
Corno	Mahler
Flautas	Mozart
Tuba	Bruckner
Oboe	Mahler
Clarinete	Mozart
Bassoon	Mozart

Tabla 58: Selección de audios para el entrenamiento.

Para procesar los audios se utilizaron dos tipos de *plug-ins* uno para dar la sensación de panorámica llamado *Binauralizer* y otro para crear la sensación de espacio conocido como *TrueVerb*.

4.2.1.1 Binauralizer

Este *plug-in* VST le permite al usuario la colocación de una fuente de sonido en alguna parte alrededor de la cabeza.

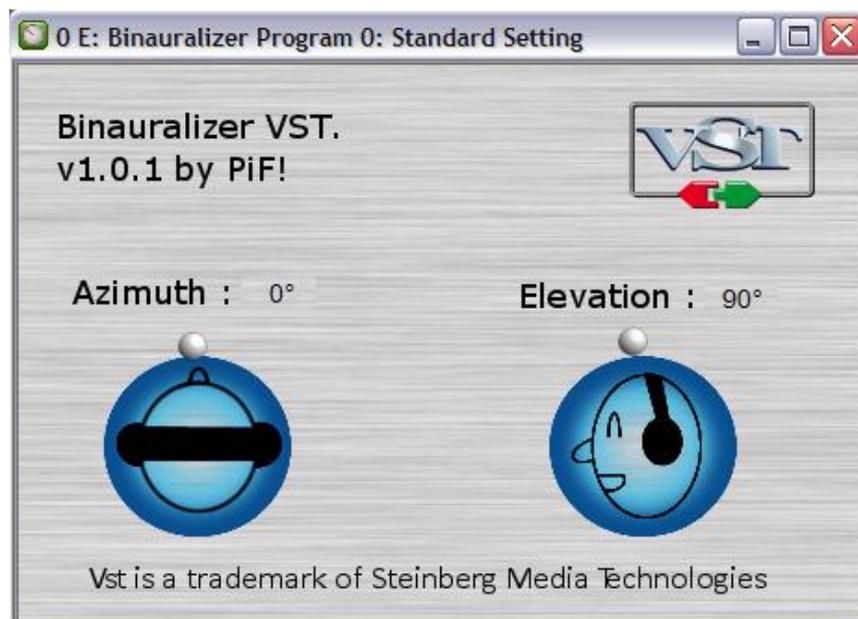


Figura 28: Visualización el *plug-in* Binauralizer.

Debido a que la herramienta está diseñada solo para funcionar en el plano horizontal, el parámetro "*Elevation*" (Elevación) se mantiene durante el proceso en 0° y el *Azimuth* (Panorámica) cambia dependiendo del ángulo que se le quiera dar a la fuente teniendo en cuenta que solo se trabaja 180° hacia adelante.

4.2.1.2 TrueVerb

Este *plug-in* de *Waves* utiliza técnicas de realidad virtual para colocar de manera convincente sonidos en el espacio real de una sala con buena acústica. Este dispositivo trabaja de manera estéreo en todas y cada una de las etapas de la ruta de la señal interna, que incluyen reflexiones tempranas y reverberación. Al utilizar *TrueVerb* cada elemento de la mezcla estéreo de entrada mantiene la posición estéreo original durante el procesamiento de señal por el *plug-in*, lo que hace que el resultado sea más natural y realista que cualquier otro efecto colocado en un audio por muchos dispositivos de reverberación.

En este *plug-in* la localización de sonidos en diferentes partes de la sala virtual se ven afectados por factores tales como proximidad, superficies reflejantes, entre otros, tal y como sucede en una sala real.

El sonido producido por este *plug-in* es la combinación de tres componentes:

- Sonido Directo
- Reflexiones Tempranas
- Reverberación

La ventana del *plug-in* está conformada por dos secciones principales: la ventana de tiempo y la ventana de respuesta en frecuencia. Los ajustes de los parámetros se realizan haciendo clic en las pantallas numéricas, en esta ventana así se puede definir el ancho, la profundidad reflectividad de la sala virtual y lo más importante, se puede especificar la distancia del oyente a la fuente de audio³⁸.

³⁸ http://www.soundonsound.com/sos/1997_articles/jun97/wavesnative.html

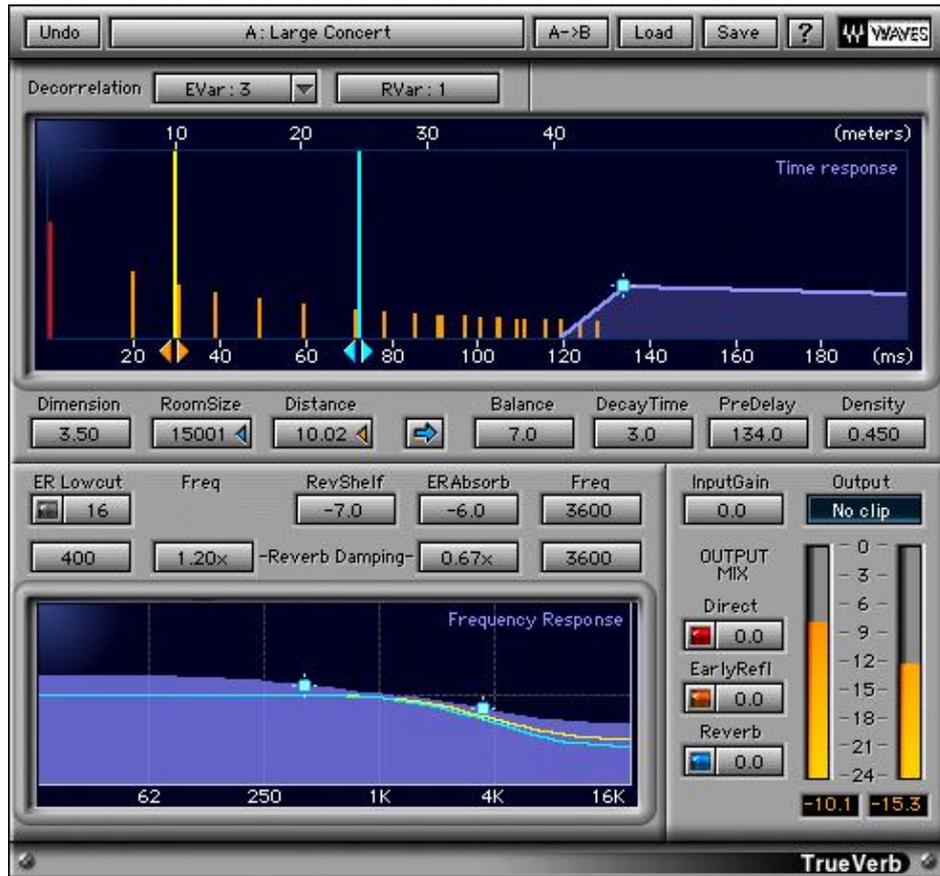


Figura 29: Visualización del *plug-in Trueverb*.

Para renderizar los audios se realizaron dos pasos por un lado en el DAW Audacity se importaron y se realizaron los cambios en la panorámica de cada uno de los audios.

Violines: 70° a 90°
Trompeta: 40° a 60°
Voz: 10° a 30°
Oboe: -90° a 90°
Bassoon: -90° a 90°
Contrabajo: -90° a 90°
Corno: -90° a 90°
Flauta: -90° a 90°
Viola: -90° a 90°
Clarinete: 0°
Tuba: 0°
Timbales: 0°

Tabla 59: Selección de la posición angular de cada uno de los audios.

Estos son los audios y sus posibles posiciones de panorámica que se determinaron para usar dentro del uso de la herramienta.

Violines: 1m a 10m
Trompeta: 1m a 10m
Voz: 1m a 10m
Oboe: 1m a 10m
Bassoon: 1m a 10m
Contrabajo: 1m a 10m
Corno: 1m
Flauta: 1m
Viola: 1m
Clarinete: 1m a 10m
Tuba: 1m a 10m
Timbales: 1m a 10m

Tabla 60: Selección de la distancia en metros de cada uno de los audios.

Por otro lado al tener ya los audios con sus respectivas posiciones angulares se importaron a *Pro Tools* en donde con ayuda del *TrueVerb* se logró crear la sensación de distancia en metros de cada uno de los audios, quedando de la siguiente manera, este *plug-in* le permite a los desarrolladores ingresar el tamaño de la sala en la cual se van a simular todos los audios, en este caso ese tamaño fue 5000 metros cúbicos.

Violines: 70 a 90°, 1m a 10m	60
Trompeta: 40° a 60°, 1m a 10m	60
Voz: 10° a 30°, 1m a 10m	60
Oboe: -90° a 90°, 1m a 10m	190
Bassoon: -90° a 90°, 1m a 10m	190
Contrabajo: -90° a 90°, 1m a 10m	190
Corno: -90° a 90°, 1m	18
Flauta: -90° a 90°, 1m	18
Viola: -90° a 90°, 1m	18
Clarinete: 0°, 1m a 10m	10
Tuba: 0°, 1m a 10m	10
Timbales: 0°, 1m a 10m	10

Tabla 61: Selección Final de los audios que se van a trabajar dentro de la herramienta.

Después de renderizar todos los audios con sus respectivos procesos se tienen en total un

4.2.2 Implementación de las características del *software*

En ésta sección se mostrará la forma en la que fue implementada cada una de las características del *software* estipulados en el apartado *Características del software* de la sección *Diseño Computacional*.

4.2.2.1 Integración de SQLite en el entorno Unity3D

Para dotar de funcionalidad de comunicación y manipulación de información en una base de datos de lenguaje SQL, se cuenta con la posibilidad de añadir SQLite como forma de *plug-in* al editor Unity. Para ello existe una buena guía en la página Wiki de Unity en la cual se expresan uno a uno los pasos a seguir para realizar dicha integración³⁹.

La forma en la que se realiza el enlace entre Unity y SQLite es por medio del archivo binario precompilado disponible en la zona de descarga del último el cual cuenta con una biblioteca de enlace dinámico –DLL- que se copia a la estructura de archivos del proyecto de Unity al que se desea integrar SQLite.

Posteriormente se procede a crear una clase (dbAccess, Anexo D. Diagrama de Clases) encargada de crear el canal de comunicación entre el editor Unity y SQLite permitiendo acceder a los objetos de la base de datos, lo cual permite llamar sus métodos y de ésta forma proveer acceso a información como la posibilidad de manipulación y creación de la misma.

Si bien una de las características de las bases de datos SQL es la posibilidad de almacenar diferentes tipos de datos (*null, integer, real, text, blob*) se debe tener en cuenta que al momento de realizar el enlace entre el editor y la base de datos, toda la información que viaje a través del canal de comunicación es de tipo *text*, conocido en los lenguajes de programación como *String*, lo que obliga a tener que convertir todas las variables que se quieran introducir en la base de datos a formato *String*⁴⁰.

- **Pantalla de Inicio de Sesión**

Para ejemplificar la forma de entablar comunicación con SQLite, se procede a describir la forma de implementar la pantalla de inicio de sesión del *software*. Para brindar una mejor comprensión de la lógica involucrada en ésta pantalla se provee su correspondiente diagrama de actividad.

La creación y puesta en marcha del canal de comunicación se compone de los siguientes dos pasos:

1. Se crea una instancia (objeto) de la clase *dbAccess.js*

³⁹ <http://wiki.unity3d.com/index.php?title=SQLite>

⁴⁰ <http://www.sqlite.org/datatype3.html>

- Se abre la base de datos pasando como parámetro de entrada la ruta de ubicación de la misma al método *OpenDB*. Si la base de datos no existe SQLite la crea.

Como la estructura de almacenamiento de las bases de datos SQL es por medio de tablas, el adquirir y enviar información a la misma debe estar siempre referenciado al nombre de la tabla que se quiere manipular, así por ejemplo el comando SQL para introducir una fila en una tabla es el siguiente:

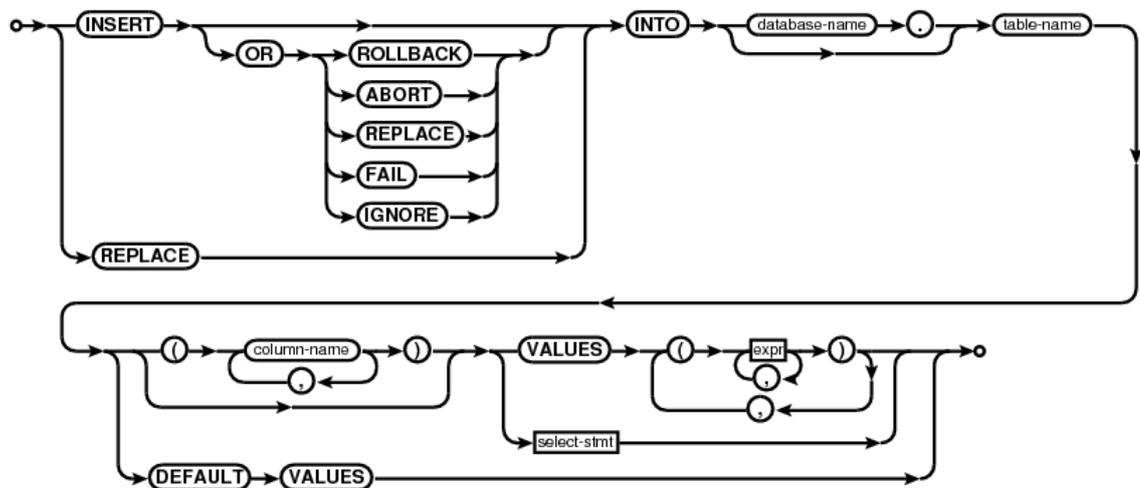


Figura 30⁴¹: Comando SQL para introducir una fila en una tabla.

Y el respectivo comando SQL para leer información de una tabla es:

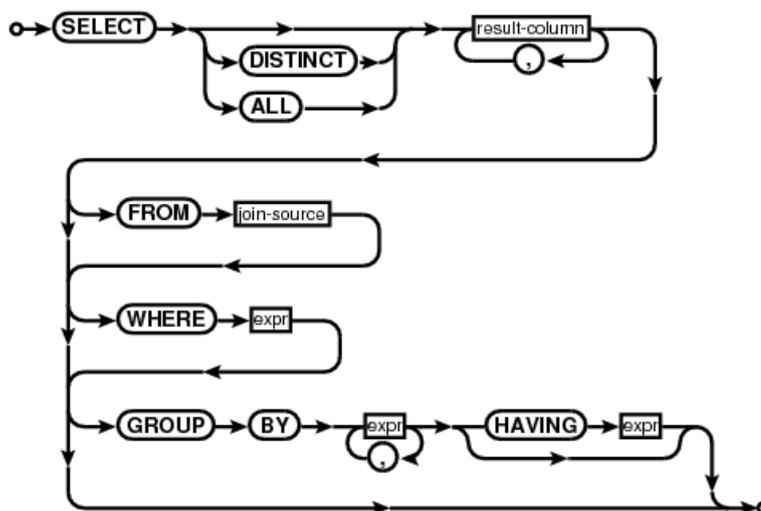


Figura 31⁴²: comando SQL para leer información en una tabla.

⁴¹ http://www.sqlite.org/lang_insert.html

En el Anexo B: Diagrama de Caso de Uso – Inicio de Sesión se observa cómo la introducción de texto en los campos “Nombre de usuario” y “Contraseña de Usuario” es adquirida directamente por el sistema, como requisito del usuario para realizar su validación posteriormente ante la base de datos. El caso de uso “Inicio de Sesión” (Anexo A: Caso de Uso – Inicio de Sesión) genera una interacción entre el “Sistema” y la “Base de Datos – SQLite” después de que el usuario presiona el botón de “Iniciar Sesión”, interacción que se demuestra en el respectivo diagrama de secuencia para la pantalla Inicio de Sesión.

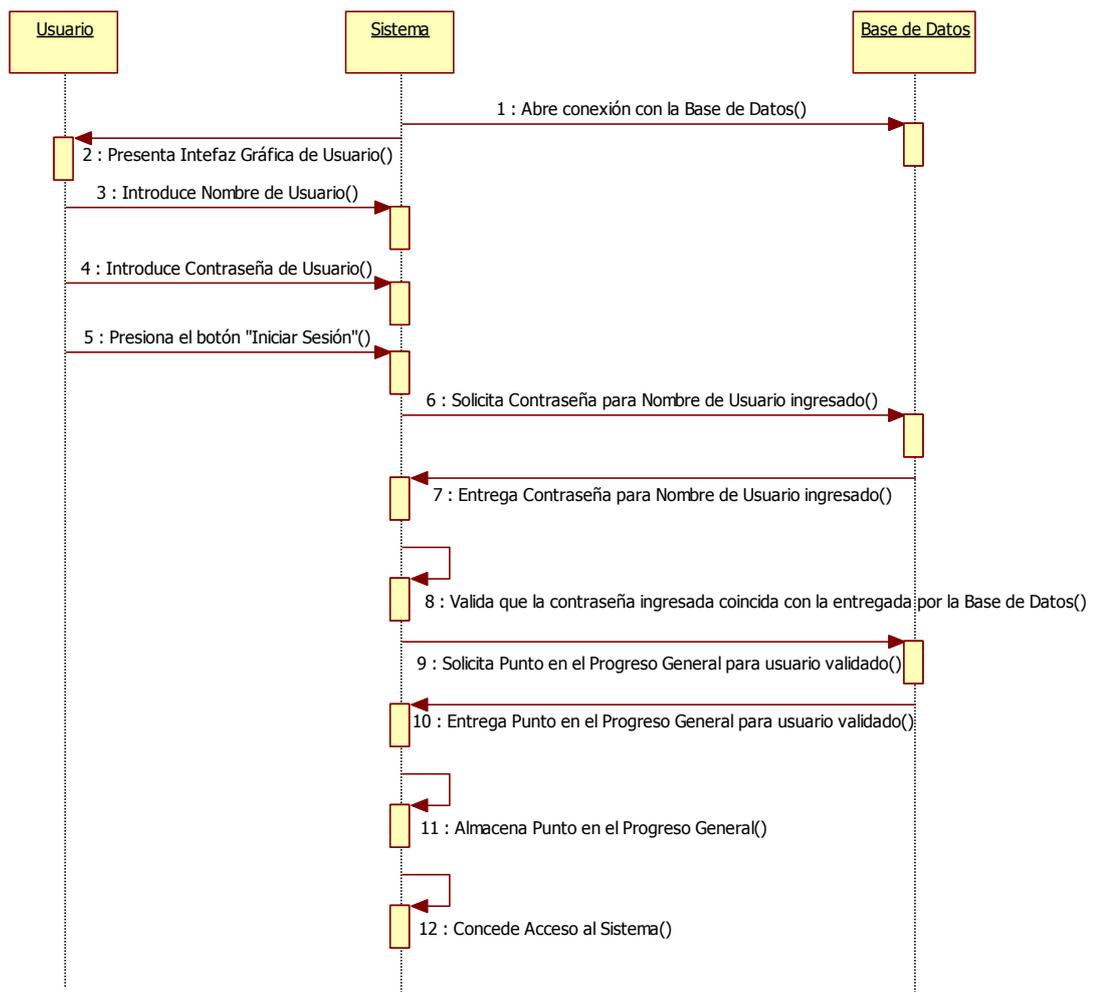


Figura 32: Diagrama de secuencia para el caso de uso Inicio de Sesión.

⁴² http://www.sqlite.org/lang_select.html

Adicionalmente para la pantalla Inicio de Sesión, se desarrolla el siguiente diagrama de componentes:

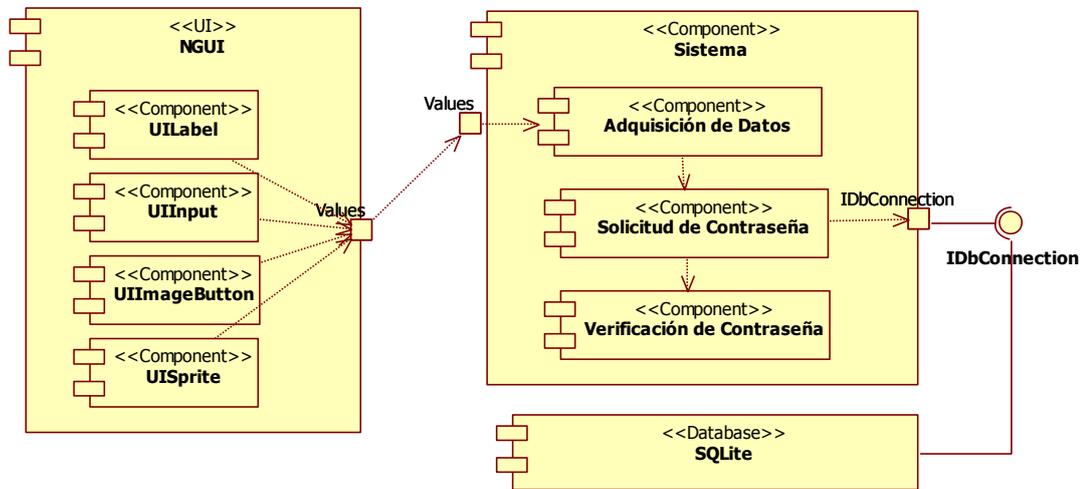


Figura 33: Diagrama de componentes para el caso de uso Inicio de Sesión.

Se identifican tres componentes principales:

- NGUI: Que corresponde al encargado de proyectar la interfaz gráfica de usuario que a su vez cuenta con los componentes:
 - UILabel para la presentación de texto en pantalla,
 - UIInput para le creación de cajas de entrada de texto,
 - UIImageButton para la creación de un botón en pantalla y
 - UISprite para la proyección de una imagen o textura.
- Sistema: Encargado de realizar la lógica detrás del procedo de inicio de sesión.
 - Adquisición de Datos: correspondiente al módulo encargado de extraer la información almacenada en los componentes de entrada de NGUI.
 - Solicitud de Contraseña: encargado de realizar la petición de la contraseña del usuario ingresado a la Base de Datos – SQLite.
 - Verificación de Contraseña: encargado de realizar la comprobación de la contraseña ingresada por el usuario y la contraseña entregada por Base de Datos – SQLite.

- SQLite: Identifica el componente referente a la Base de Datos –SQLite que se almacena, gestión y modifica la información en la base de datos con las entradas anteriormente descritas.

- **Pantalla de resultados**

Para cumplir con el requisito establecido en el diseño comunicacional de proveer al usuario de la capacidad de observar su progreso general en cada una de las actividades, se crea la pantalla de resultados que cuenta con el caso de uso número 4, presente en el Anexo A: Caso de Uso – Resultados y respectivo diagrama en el Anexo B: Diagrama de Caso de Uso – Resultados, su diagrama de componentes corresponde al de la pantalla de Inicio de Sesión puesto que requieren de los mismo módulos para obtener su respectiva funcionalidad (Figura 33. Diagrama de componentes para el caso de uso Inicio de Sesión).

El procedimiento para dar a conocer al usuario el progreso general del entrenamiento responde al siguiente diagrama de secuencia:

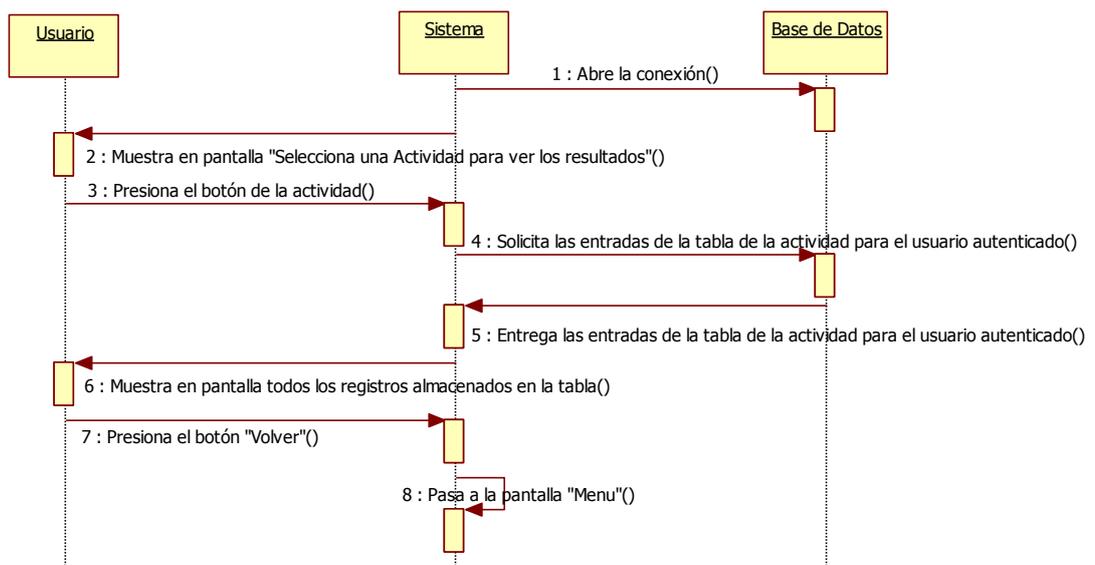


Figura 34: Diagrama de secuencia para la pantalla de Resultados.

En la Figura 34 se observa la interacción que se genera entre los distintos componentes de éste escenario, así como las solicitudes, entregas y mensajes que se presentan en pantalla, adicionalmente cómo después de seleccionar la actividad para conocer el progreso, se consulta la base de datos para adquirir los registros de progreso y posteriormente ser mostrados en pantalla. Para cumplir con ésta actividad se debe hacer uso del comando SQL “*SELECT * FROM [tabla del usuario]*”, del cual el carácter “*” permite seleccionar todas las columnas de la tabla, y el parámetro [tabla de usuario] se refiere a la tabla de progreso de la actividad del usuario que ha iniciado sesión en el sistema, lo que

permite identificar que la estructura de almacenar la información de la base de datos cuenta con las siguientes características:

- Cada usuario registrado en el sistema contará con una tabla para la actividad comparación y una para la actividad identificación.
- Las columnas de cada tabla serán las establecidas en el diseño comunicacional: fecha, hora, módulo, lección, nombre de la lección, número de aciertos respecto al número total de preguntas.

Definiendo el siguiente Diagrama de Entidad – Relación para la base de datos creada por SQLite:

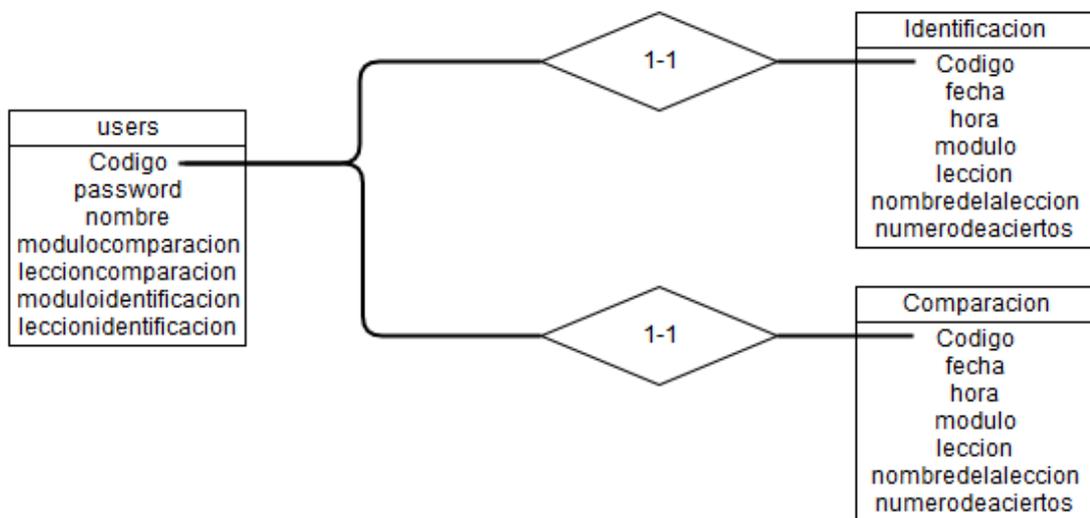


Figura 35: Diagrama de Entidad-Relación para la base de datos en la que se almacenan los registros del progreso general del entrenamiento para cada usuario.

4.2.2.2 Generación de preguntas aleatorias

Como bien se ha identificado anteriormente en el apartado “Diseño”, una de las características fundamentales del *software* es el contar con la generación de preguntas de forma aleatoria con el objetivo de evitar que el usuario identifique algún patrón correspondiente a las opciones correctas para cada pregunta, así pues, se exponen a continuación los diferentes procesos involucrados detrás de la implementación de ésta característica para cada uno de los módulos de las dos actividades.

- **Pantalla de Actividad**

El punto de partida para caracterizar la implementación de la anteriormente mencionada característica es la descripción de la pantalla de actividad, la cual corresponde a aquella escena en la que el usuario realiza los ejercicios

propuestos en la curva de aprendizaje y por ende desarrolla su sesión de entrenamiento.

El caso de uso número 3, presente en el Anexo A: Caso de Uso – Actividad muestra los eventos que ocurren al iniciar la actividad, así como cada una de las excepciones a las que hay lugar, adicionalmente el Anexo B: Diagramas de Componentes – Actividad muestra los componentes que permiten dotar de funcionalidad el caso de uso, de los cuales se puede considerar como principal el componente sistema:

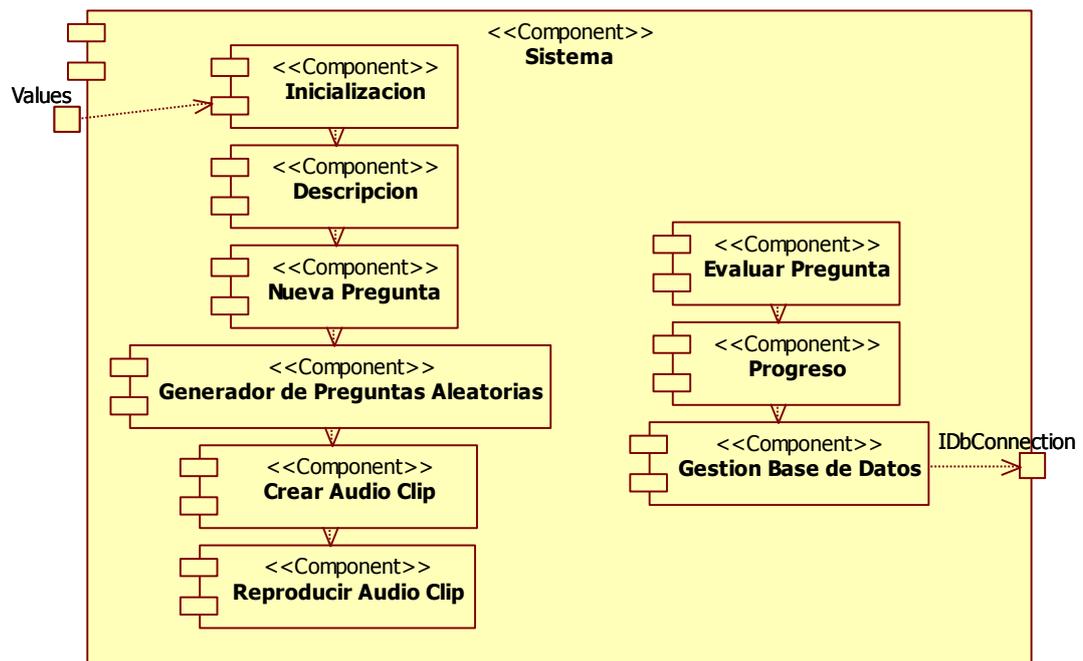


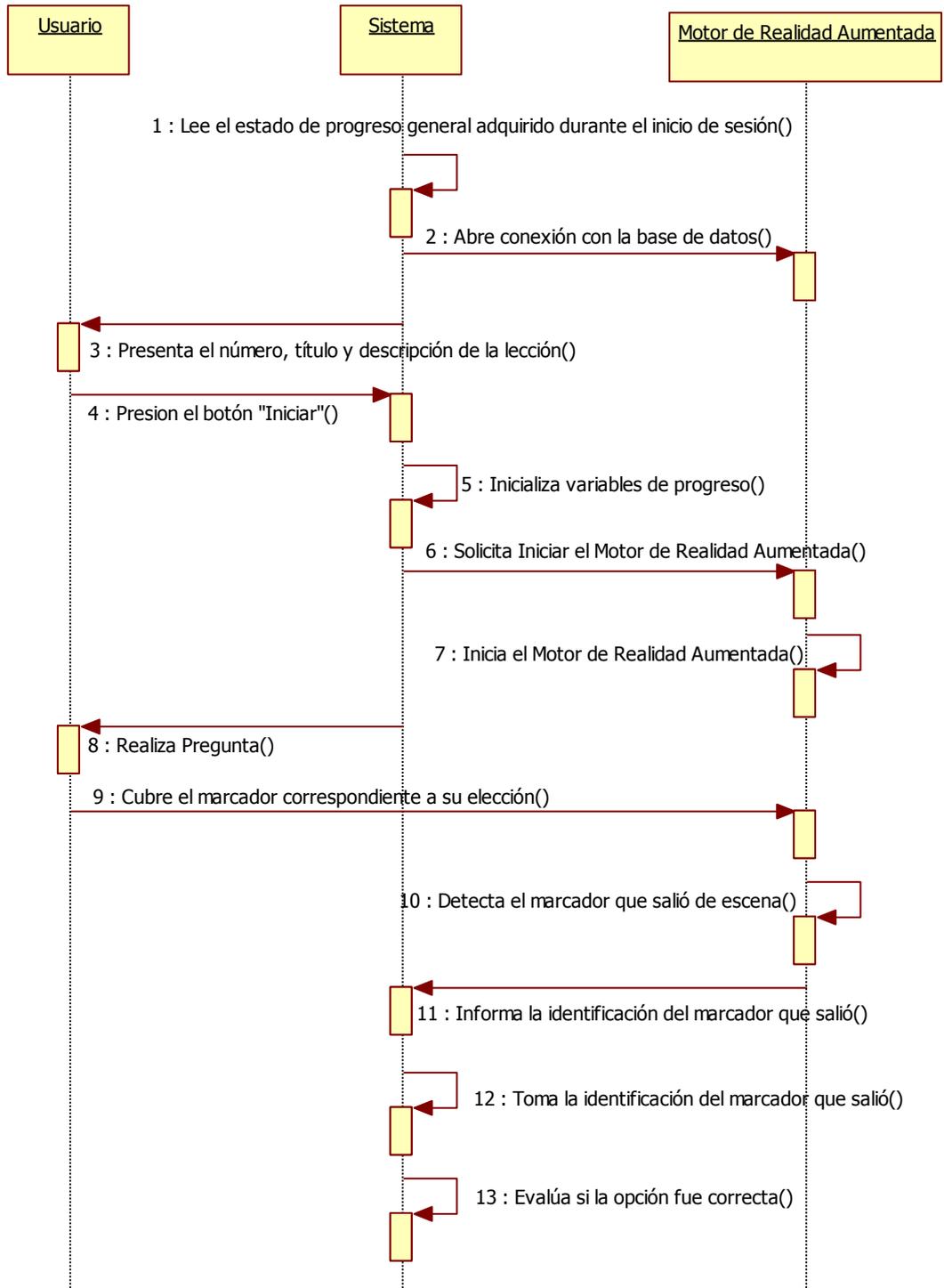
Figura 36: Diagrama de segundo nivel: componente sistema para el Caso de Uso Actividad.

Se observa la composición de cada uno de los módulos involucrados en la presentación, generación y evaluación de cada lección y pregunta, módulos que son descritos a continuación:

- Inicialización: encargado de inicializar los valores de las variables de progreso e interfaz gráfica de usuario.
- Descripción: presenta la descripción de la lección antes de dar inicio a la misma.
- Nueva Pregunta: dar la orden de generar una nueva pregunta considerando el módulo y la lección en la que se encuentra el usuario.
- Generador de Preguntas Aleatorias: componente fundamental para implementar la característica de aleatoriedad en las preguntas.

- Crear Audio Clip: encargado de cargar en el sistema los *audio clips* que resulten del anterior componente.
- Reproducir Audio Clip: para proveer al usuario de la señal sonora que se le pregunta.
- Evaluar Pregunta: módulo cuya finalidad es la de comprobar si la selección del usuario ha sido correcta o no e incrementar el puntaje obtenido por el usuario.
- Progreso: componente encargado de llevar el registro del progreso del usuario en cada uno de los intentos de las diferentes lecciones, para lo cual considera la cantidad de preguntas realizadas, la cantidad de preguntas contestadas correctamente por el usuario, el puntaje del usuario, la cantidad de preguntas mínimas establecidas para cada lección, así como la cantidad de preguntas máximas y respectivos puntajes de aprobación.
- Gestión de Base de Datos: cuya finalidad es la de escribir en la base de datos los resultados obtenidos en cada intento.

Como se ha observado en el Diagrama de Componentes – Actividad, la funcionalidad del Caso de Uso – Actividad es provista por la interacción que se genera entre tres actores: usuario, sistema y el motor de realidad aumentada.



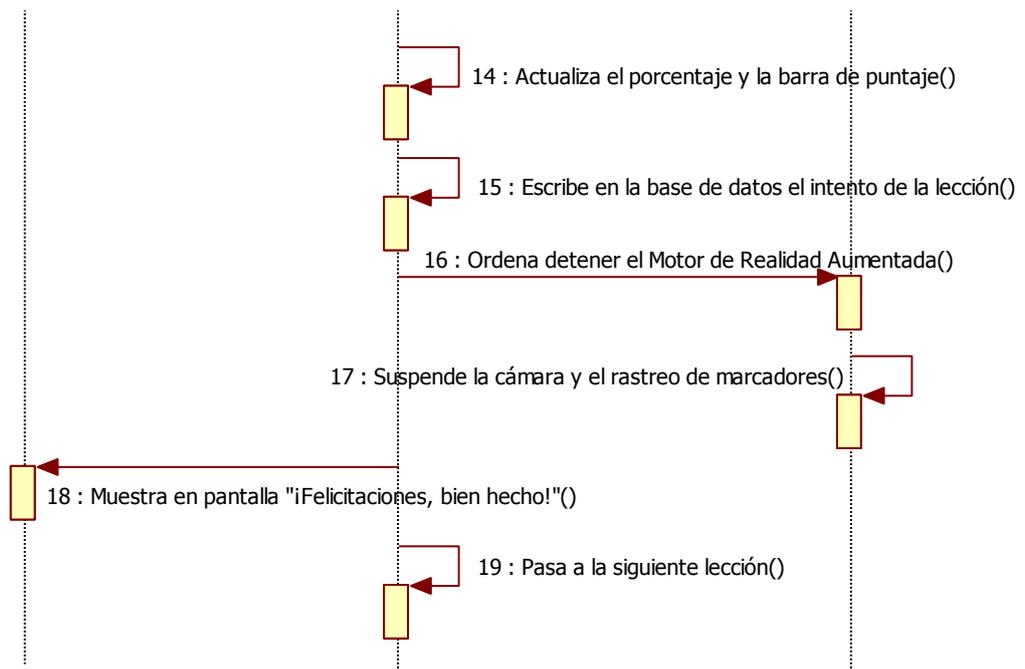


Figura 37: Diagrama de secuencia el caso de uso - Actividad.

De la Figura 37 se observa cómo la interacción del usuario al cubrir un marcador de realidad aumentada es el punto de partida para realizar la evaluación de la opción seleccionada por el usuario, procedimiento que se observa en el caso de uso número 7: Evaluar Pregunta, presente en el Anexo A: Caso de Uso – Evaluar Pregunta, cuyo diagrama de caso de uso corresponde al presente en el Anexo A: Caso de Uso – Evaluar Pregunta.

- **Componente generador de preguntas aleatorias**

Tal como se ha dicho en el anterior inciso, el componente fundamental para la implementación de la característica de preguntas aleatorias es el generador de preguntas aleatorias.

Debido a la diferencia presente en la curva de aprendizaje para cada uno de los módulos de cada una de las actividades, el generador de preguntas aleatorias implementa diferentes mecanismos para cumplir con su función acorde a la modificación de variables establecida en la curva de aprendizaje del apartado “Diseño Educativo”.

- **Generación de preguntas para la actividad comparación en el módulo 1**

El caso de uso que plasma la generación de preguntas aleatorias para la actividad comparación en el primer módulo es el que corresponde al caso de uso número 8: Aleatorio comparación módulo 1, presente en el Anexo A: Caso de Uso – Aleatorio Comparación Módulo 1, cuyo procedimiento se manifiesta claramente en el siguiente diagrama de secuencia, en el cual intervienen los

actores sistema y motor de aleatoriedad, haciendo referencia el último al componente generador de preguntas aleatorias.

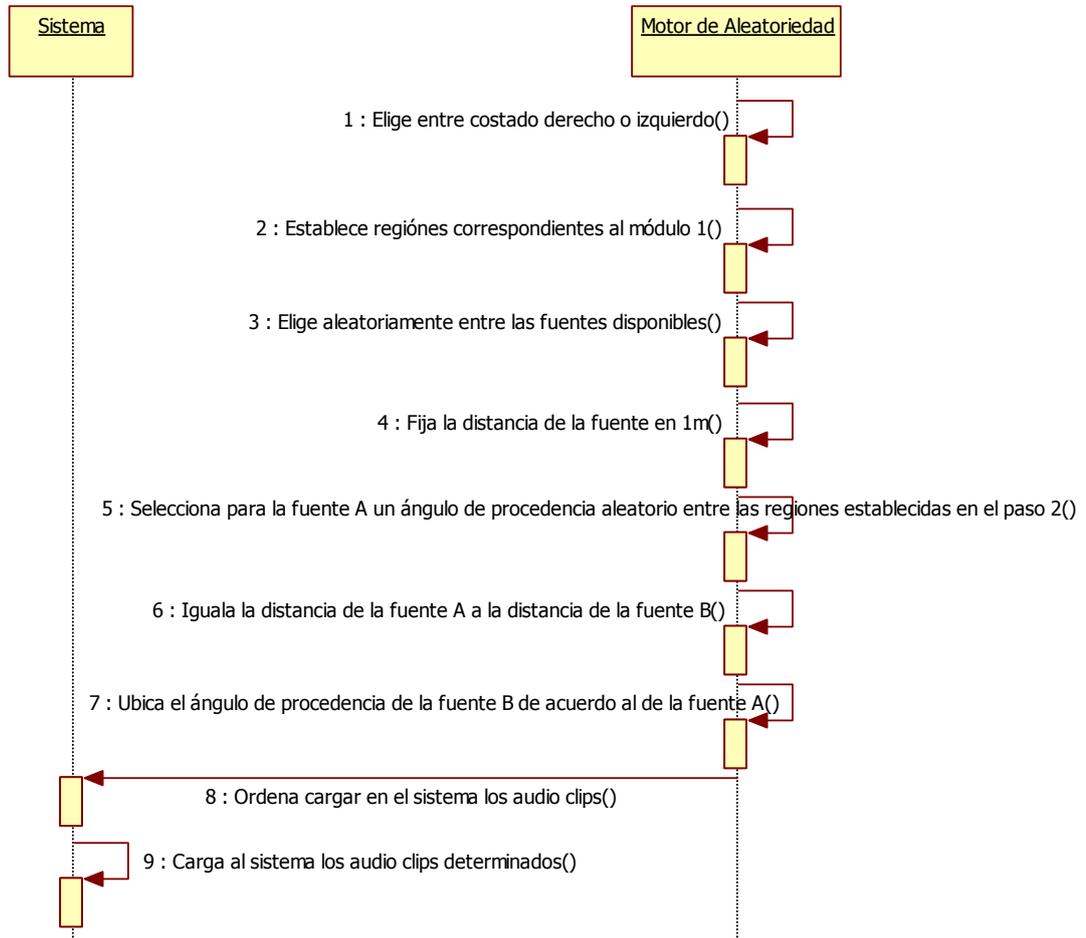


Figura 38: Diagrama de secuencia el caso de uso – Aleatorio Comparación Módulo 1

Se observa cómo el procedimiento de generar una nueva pregunta aleatoria se ajusta a los límites establecidos por la región 1, definidos en el “Diseño Educativo” al establecer los grados de dificultad en la curva de aprendizaje correspondiente al módulo 1 de la actividad comparación.

A continuación se procede a enunciar la ubicación de los casos de uso correspondientes a cada uno de los módulos de las dos actividades, junto con la ubicación de sus respectivos diagramas de secuencia.

Cabe anotar que para todos los casos de generación de una pregunta aleatoria, los límites de ubicación de las fuentes están sujetos a los caracterizados en cada una de las tablas correspondientes a la “Curva de Aprendizaje”

- **Generación de preguntas para la actividad comparación en el módulo 2**
 - Caso de uso número 9: Aleatorio Comparación Módulo 2, presente en el Anexo A: Caso de Uso – Aleatorio Comparación Módulo 2.
 - Diagrama de secuencia presente en el Anexo D: Diagrama de Secuencia – Aleatorio Comparación Módulo 2.
- **Generación de preguntas para la actividad comparación en el módulo 1**
 - Caso de uso número 10: Aleatorio Comparación Módulo 3, presente en el Anexo A: Caso de Uso – Aleatorio Comparación Módulo 3.
 - Diagrama de secuencia presente en el Anexo D: Diagrama de Secuencia – Aleatorio Comparación Módulo 3.
- **Generación de preguntas para la actividad identificación en el módulo 1**
 - Caso de uso número 11: Aleatorio Identificación Módulo 1, presente en el Anexo A: Caso de Uso – Aleatorio Identificación Módulo 1.
 - Diagrama de secuencia presente en el Anexo D: Diagrama de Secuencia – Aleatorio Identificación Módulo 1.
- **Generación de preguntas para la actividad identificación en el módulo 2**
 - Caso de uso número 12: Aleatorio Identificación Módulo 2, presente en el Anexo A: Caso de Uso – Aleatorio Identificación Módulo 2.
 - Diagrama de secuencia presente en el Anexo D: Diagrama de Secuencia – Aleatorio Identificación Módulo 2.
- **Generación de preguntas para la actividad identificación en el módulo 3**
 - Caso de uso número 13: Aleatorio Identificación Módulo 3, presente en el Anexo A: Caso de Uso – Aleatorio Identificación Módulo 3.
 - Diagrama de secuencia presente en el Anexo D: Diagrama de Secuencia – Aleatorio Identificación Módulo 3.

5. ANALISIS DE RESULTADOS

Para realizar la comprobación de la eficiencia del entrenamiento auditivo se realizaron dos pruebas, una antes y una después del entrenamiento (diagnóstica y evaluativa), y se realizaron dos tipos de análisis de estas pruebas.

- **Datos exactos:** El usuario solo tenía la posibilidad de elegir entre incorrecto o correcto con lo cual no tenía derecho a un margen de error entre las respuestas seleccionadas
- **Datos Aproximados:** El usuario podría presentar un margen de error para cada una de las respuestas seleccionadas para panorámica de 10° a lado y lado de la respuesta correcta y en profundidad de 1m mas o menos de la respuesta exacta.

5.1 Comparación de la prueba diagnóstica y la prueba evaluativa con respuestas exactas.

- **Panorámica**

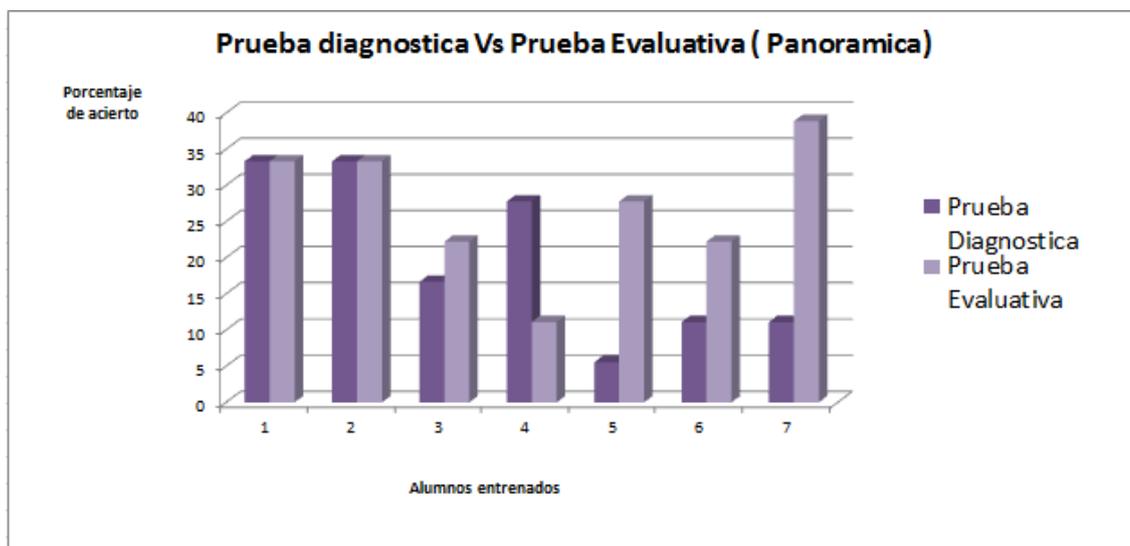


Figura 39: Resultados de la comparación de las pruebas antes y después el entrenamiento.

La comparación de las pruebas arrojó que el aprendizaje aumenta en un intervalo de 5.5% hasta un 27.7% en 4 de los 7 alumnos (alumnos 3, 5, 6 y 7) que realizaron el entrenamiento, 2 alumnos (1 y 2) no tuvieron mejoría pero tampoco bajaron su nivel, y uno de los alumnos (4) generó un 16.6% de desmejora durante el entrenamiento.

- **Profundidad**

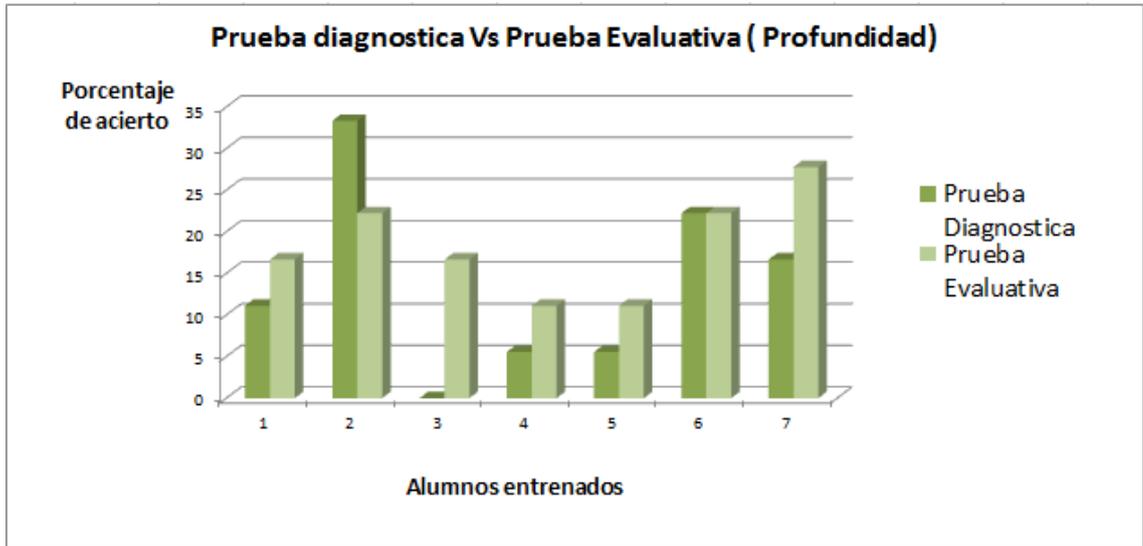


Figura 40: Resultados de la identificación en profundidad de las pruebas antes y después del entrenamiento.

En esta ocasión al evaluar los resultados en la actividad de identificación de profundidad con resultados exactos se tiene que 1 de los 7 alumnos que realizaron el entrenamiento presento una desmejora del 11%, mientras que en el resto del grupo se presentó un avance significativo con un intervalo de aprendizaje del 5.5% al 16.7%, y una sola persona se mantuvo constante en sus resultados.

- **Prueba Combinada**

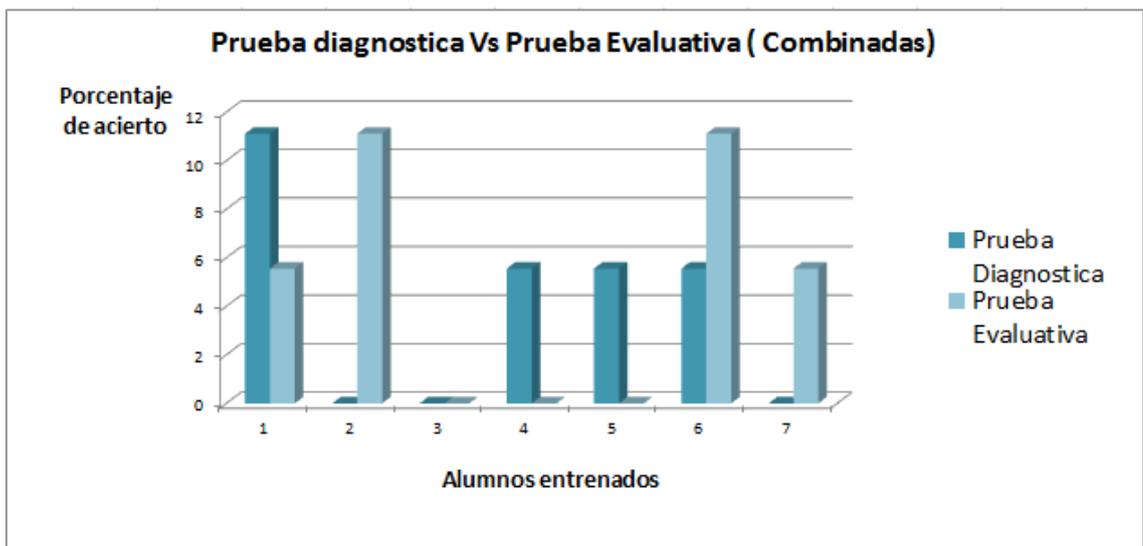


Figura 41: Resultados de la prueba combina de las pruebas antes y después el entrenamiento.

Con respecto a los resultados anteriores se puede decir que en general el grupo no obtuvo los resultados esperados porque aunque 3 de los alumnos tuvieron una mejora significativa entre el 11% y el 6%, otros 3 alumnos desmejoraron entre el 6% y el 5% del aprendizaje y una persona se mantuvo estable.

5.2 Comparación de la prueba diagnóstica y prueba evaluativa con respuestas con un rango de error de 1m en el caso de profundidad y 10° en el caso de posición angular.

- Panorámica

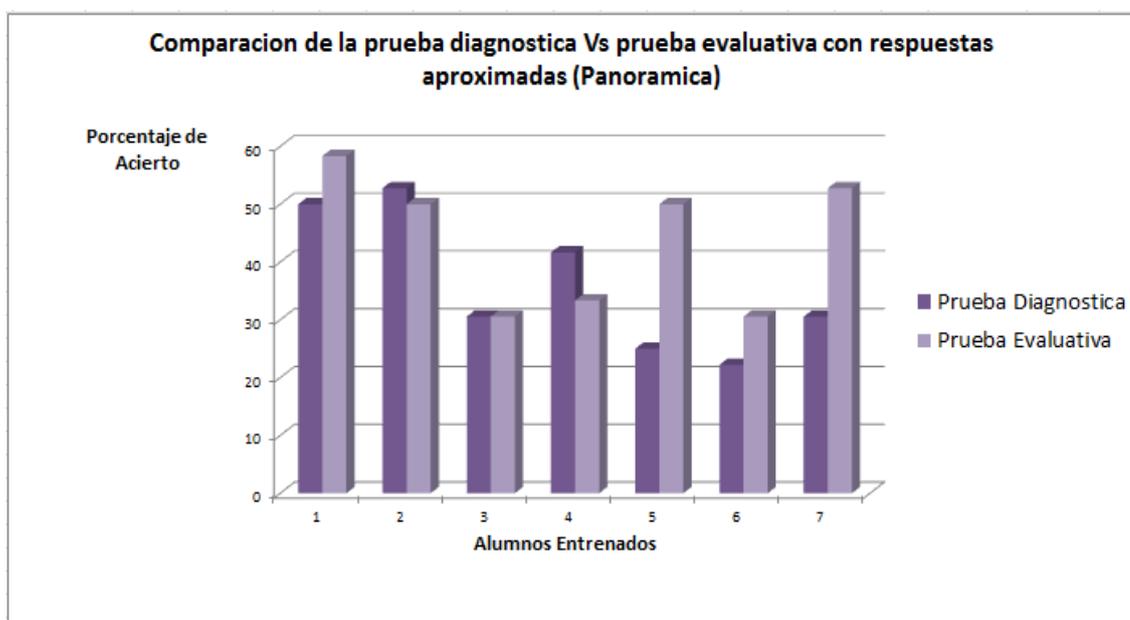


Figura 42: Resultados de panorámica de las pruebas antes y después el entrenamiento.

Según la gráfica anterior se puede decir que el aumento en porcentaje de las personas que entrenaron se encontró entre el 2% y el 25%, este porcentaje de aumento lo obtuvieron 4 personas del grupo, 1 persona se mantuvo estable y 2 personas obtuvieron una desmejora del resultado que varía del 2% al 8% de des aprendizaje.

- **Profundidad**

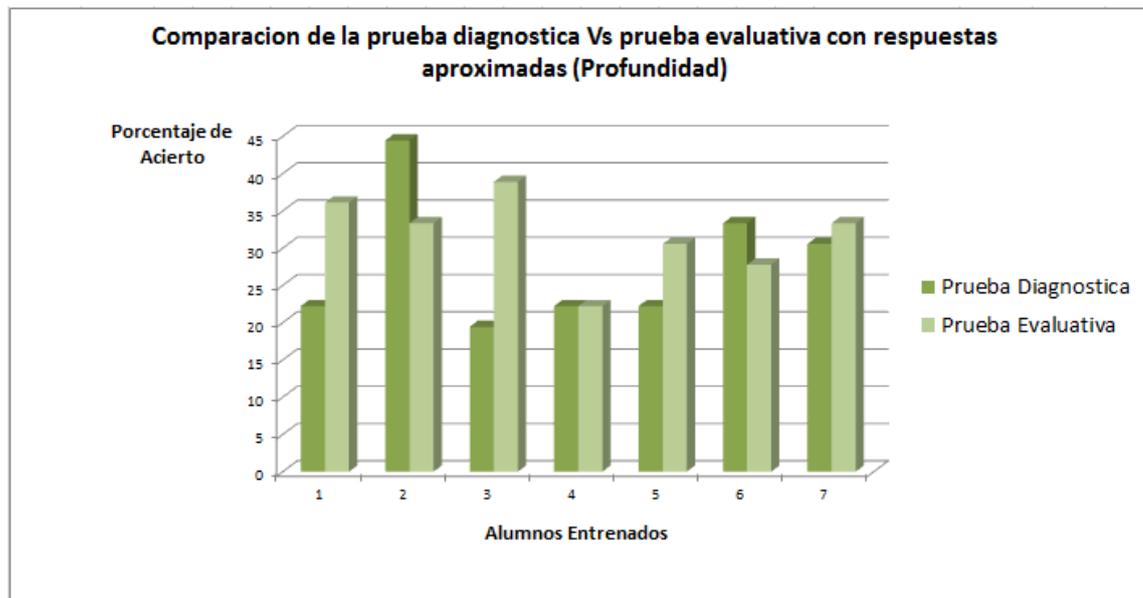


Figura 43: Resultados de profundidad de las pruebas antes y después el entrenamiento.

Esta última gráfica compara los resultados de la prueba diagnóstica y de la prueba evaluativa en cuanto al ítem de profundidad en metros, así se logra determinar que en general se logró una mejoría puesto que 4 de los 7 estudiantes que se entrenaron aumentaron su aprendizaje en un intervalo de 3% al 19% según el usuario, solo una persona se mantuvo estable y dos estudiantes tuvieron desmejora en su proceso de aprendizaje.

5.3 Análisis lógicos de los resultados

Dentro de este análisis, se considera el resultado final de las pruebas que se realizaron durante la prueba del MEC:

- Prueba conducta de entrada
- Prueba diagnostica
- Prueba evaluativa

Se considera que el estudiante aprobó las pruebas con el 60% de acierto en cada una de ellas.

Alumnos	Resultados de las pruebas			Análisis lógicos de los resultados
	Prueba de Conducta	Prueba Diagnostica	Prueba Evaluativa	
1	Falla	Falla	Falla	Este resultado se considera lógico, y hace referencia a que la instrucción no logró subsanar las deficiencias de la conducta de entrada.
2	Falla	Falla	Falla	
3	Falla	Falla	Falla	
4	Falla	Falla	Falla	
5	Falla	Falla	Falla	
6	Falla	Falla	Falla	
7	Falla	Falla	Falla	

Tabla 62: Resultados Lógicos del entrenamiento

Para realizar el análisis lógico del entrenamiento que se muestra en la tabla 62, se utiliza un procedimiento mencionado por Galvis como el indicado para este tipo de estudio, conocido como técnica matricial, en la cual se tienen en cuenta los resultados de las tres pruebas que se realizaron a lo largo del desarrollo de la herramienta, prueba de conducta de entrada, prueba diagnóstica y prueba evaluativa con el fin de determinar si los usuarios alcanzaron el umbral de aprobación para cada uno de las pruebas en este caso 60% propuesto por los desarrolladores, como se observa en la tabla 62 ninguno de los usuarios alcanzo el nivel esperado sin embargo no significa que no existe un avance en el nivel de aprendizaje de estos mismos.

5.4 Análisis del rendimiento del sistema

El motor de videojuegos Unity3D integra una herramienta de evaluación de rendimiento en la que se presentan las estadísticas de indicadores de rendimiento en cada una de las diferentes escenas en las que se encuentre el usuario que para objeto del análisis del rendimiento de éste *software* se ha decidido realizar la comparación de las estadísticas de la pantalla de inicio de sesión, para la cual el sistema no debe realizar la presentación de muchos elementos en pantalla ni la reproducción de audios, comparada con la escena en la que más objetos 3D son renderizados en pantalla, lo que corresponde a la última lección de la actividad Identificación.

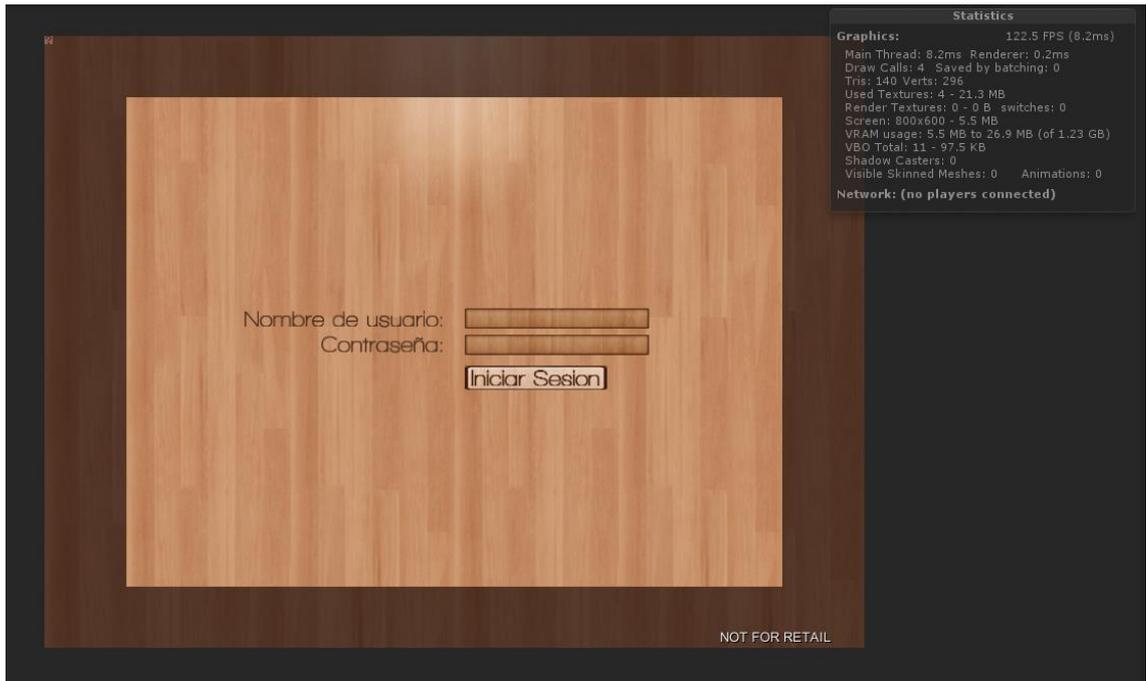


Figura 44: Pantalla de Inicio de Sesión.

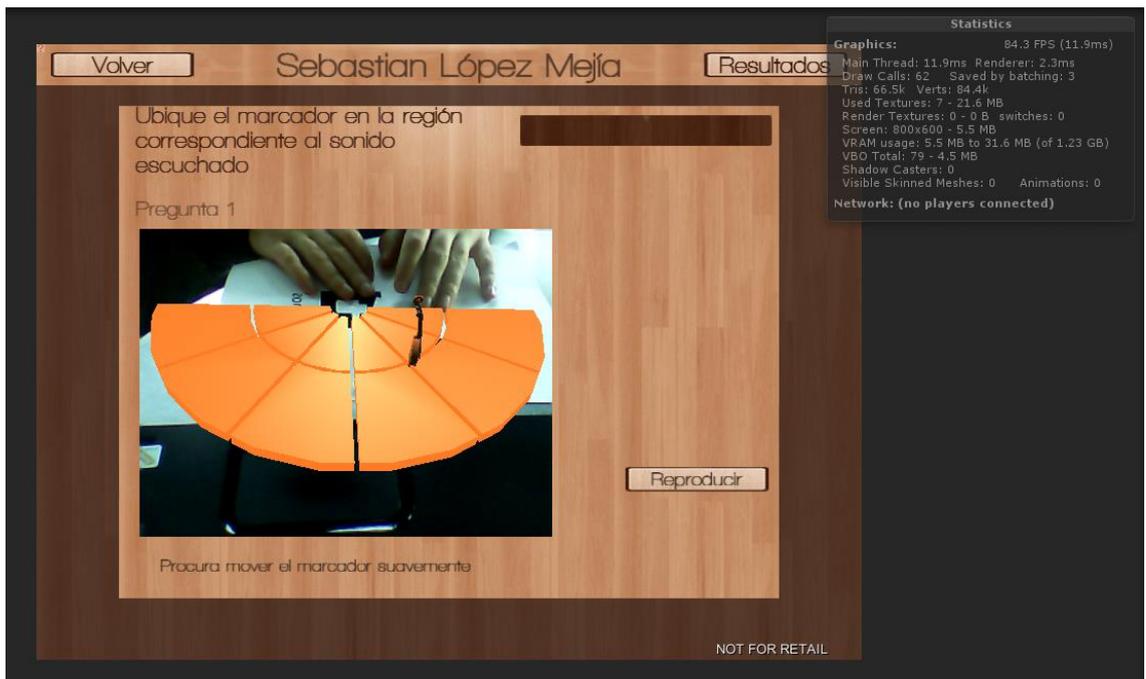


Figura 45: Pantalla de actividad Identificación en su última lección.

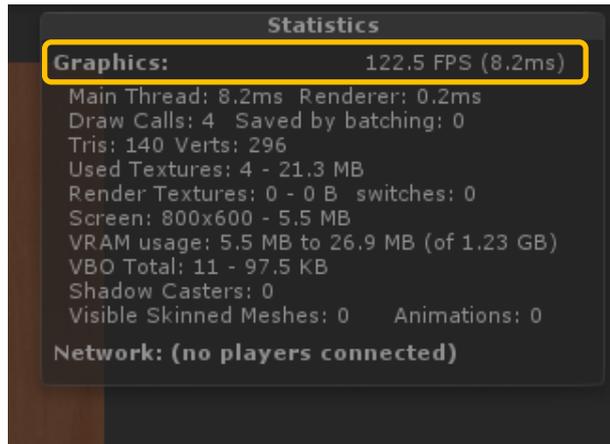


Figura 46: Cuadro de estadística de rendimiento para la pantalla de Inicio de Sesión.

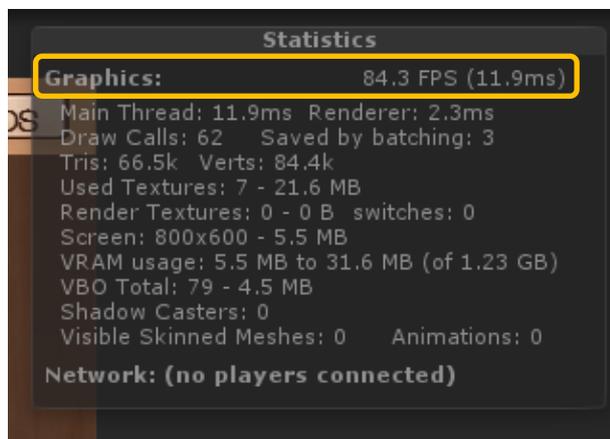


Figura 47: Cuadro de estadística de rendimiento para la pantalla de la actividad Identificación para la última lección.

Se observa una disminución en la velocidad de procesamiento del sistema, caracterizada por el decremento en la cantidad de cuadros por segundo FPS, que para el caso de la pantalla de inicio de sesión registra 122.5 FPS, equivalente a 8.2 ms entre cuadro y cuadro, y 84.3 FPS (11.9 ms) para el caso de la escena de la actividad Identificación en su última lección.

De ambas se puede concluir que se presente un excelente desempeño en cuanto al sistema de procesamiento, sin embargo debe ser considerado que si bien el sistema alcanza valores de procesamiento de hasta 122.5 FPS, la cantidad de cuadros por segundo reales dependerá de la cantidad de cuadros por segundo que la cámara de captura sea capaz de procesar y entregar al sistema. Para mejorar dicho procesamiento es recomendable considerar el uso de cámaras con altos niveles de FPS y uso de diferentes protocolos de transmisión de información como USB 3.0 y *FireWire*.

6. CONCLUSIONES

1. En el análisis previo que se realizó de los parámetros acústicos relacionados con la localización del sonido, se encontró que para la panorámica son sumamente importantes las diferencias interaurales de tiempo e intensidad y para la profundidad la variación en el contenido frecuencial producto de absorción del aire, el cambio en el nivel de presión sonora, la relación entre la señal directa y la señal reverberante, y la distribución energética de las reflexiones tempranas en el recinto.
2. Dentro de cada actividad que se muestra en la herramienta, cada módulo y cada lección se le realizó una curva de aprendizaje diferente, planteando un número mínimo y un número máximo de preguntas a realizar y por ultimo un porcentaje determinado de aprobación de las lecciones, cada una definidas por un nivel de dificultad distinto.
3. El uso de la librería NyARToolkit, junto con la facilidad de integración por medio de uno de los lenguajes de programación (C#), demostró ser una buena implementación de la de Realidad Aumentada Visual, que junto con las posibilidades otorgadas por Unity3D permitió implementar el algoritmo de evaluación de posicionamiento de las fuentes sonoras asignadas a cada marcador.
4. Teniendo en cuenta que el desarrollo de interfaz gráfica en Unity3D no es de los mejores, puesto que está orientado a la manipulación de objetos y entornos 3D, se utilizó el *framework* NGUI para la realización de esta, que por su facilidad de creación de texturas 2D demostró habilitar la posibilidad de implementación de una interfaz de usuario amigable con características de interactividad.
5. Para Comprobar la eficiencia de la herramienta de entrenamiento auditivo, antes y después de realizar el entrenamiento, se realizó una prueba diagnóstica y una prueba evaluativa respectivamente, y se efectuó la comparación entre los resultados que se obtuvieron en cada una de estas pruebas aunque el umbral de aprobación del 60% propuesto por los desarrolladores no logro ser alcanzado por ninguno de los usuarios si se presentó un 27,7% de mejora en cuanto a panorámica y un 16,7% en profundidad, con lo cual se intuye entonces que realizar el entrenamiento con ayuda de la realidad aumentada si aumenta la capacidad de localización de una fuente sonora y que al hacer el entrenamiento más largo si se puede lograr alcanzar el umbral de aprobación.
6. En base a la primera prueba que se realizó para verificar cual microambiente era el más adecuado para llevar a cabo el entrenamiento se determinó que para la muestra a la cual se le hizo el análisis el sistema de reproducción es independiente sin embargo por las características de cada

uno de estos sistemas, no se puede decir que para la población total será así.

7. Teniendo en cuenta los resultados de cada una de las comparaciones de las pruebas tanto en panorámica como en profundidad, se puede percibir entonces que aun siendo el proceso de aprendizaje distinto para cada una de las personas que realizaron el entrenamiento, se presentó una mejora en la mayoría de la muestra con lo cual se puede decir que la herramienta funciona.
8. De acuerdo a la experiencia obtenida en el proceso de entrenamiento, especialmente con la realización y análisis de la prueba de conducta de entrada, se puede divisar la necesidad de realizar un proceso de aprendizaje relacionado con la localización de las fuentes sonoras en el plano horizontal.
9. A pesar de la poca información y exploración que existe en cuanto a la percepción auditiva, especialmente lo referente a la forma en la que el sistema auditivo localiza las fuentes sonoras, tal como se expuso en los antecedentes y se enunció en la descripción del problema, ésta herramienta de entrenamiento ha demostrado ser una buena base para continuar en la investigación del campo, esbozando como parámetros acústicos principales para exploración las diferencias interaurales de tiempo e intensidad (para la ubicación panorámica) y el fenómeno de la reverberación, concretamente, la relación de la señal directa con la señal reverberante, el contenido energético de las reflexiones tempranas, el decaimiento en altas frecuencias producto de la absorción del aire y el decaimiento de la presión sonora a medida que se incrementa la distancia.

RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar una curva de aprendizaje adaptativa, que permite modificar sus contenidos y formas de enseñanza según el usuario. Su principal objetivo es que los alumnos se conviertan en participantes activos, en lugar de simples receptores de información. Para ello, se recolecta información sobre los hábitos de aprendizaje, conocimientos, debilidades y fortalezas de cada usuario para crear un plan de estudios a la medida. Se hace énfasis en las áreas donde los alumnos tienen más dificultades y se adaptan a la forma y ritmo de aprendizaje de cada uno.

Durante la etapa de diseño una de las decisiones tomadas fue el determinar para cada una de las lecciones las fuentes de audio que serían procesadas y reproducidas por el sistema, lo cual genera que las consideraciones de aleatoriedad se vean comprometidas al no ser éste un proceso de dicha índole. Con el desarrollo del programa de entrenamiento estipulado en éste trabajo de grado, y considerando lo anteriormente descrito, se puede presentar el caso de que el usuario eventualmente experimente un proceso de mecanización en la resolución de los ejercicios evaluados, puesto que en algún momento le serán reproducidos audios que previamente fueron evaluados por él, lo cual estaría atentando a realizar una evaluación de la capacidad de localización de fuentes sonoras del usuario pues por el contrario se estaría evaluando la memoria auditiva del mismo y la capacidad de recordar la identificación de un estímulo previamente escuchado por él, más no evaluando la capacidad de discriminar las características acústicas expuestas en el presente documento.

Una primera consideración para dar solución a la posible mecanización del entrenamiento, consistiría en la creación de más actividades diferentes a la de comparación e identificación, junto con la creación de más lecciones en las dos actividades ya existentes, por ejemplo crear una actividad en la que se pretenda evaluar la capacidad de identificación de la procedencia múltiples fuentes sonoras al mismo tiempo.

La siguiente está orientada a la implementación aleatoria de la generación de los audios, para lo cual se propone:

1. Implementar un algoritmo de procesamiento de audio por medio del cual se provea de la misma funcionalidad que otorga el plug-in Binauralizer en la cadena de procesamiento descrita en el apartado RENDERIZACIÓN DE AUDIOS, con lo que se podría ordenar al sistema que seleccione cualquiera de las fuentes disponibles en un banco de fuentes preestablecido, tal como se hizo en el desarrollo, pero que en lugar de albergar la renderización de diferentes posiciones de fuente cuente con la ubicación de 0° que después de ser seleccionada por el sistema y procesada, podrá representar cualquier posible ubicación.

Al disminuir la cantidad de audios disponibles en el banco de fuentes, se puede considerar incrementar la presencia de más fuentes, ya sea

tomando diferentes apartes para cada instrumento de las sesiones de grabación en cámara anecoica tomadas para el desarrollo de la presente herramienta, o bien grabando nuevos instrumentos en una cámara anecoica.

2. Implementar un algoritmo de procesamiento de audio orientado a otorgar la simulación de la distancia de las fuentes sonoras, lo cual se podría conseguir por medio de un algoritmo de convolución entre las respuestas al impulso para cada una de las diferentes posibles distancias y los vectores de los audio previamente procesados para dotar de la posición panorámica, tal como fue descrito en el anterior punto, esto implicaría realizar la respectiva medición del sistema, que inicialmente podría ser el plug-in TrueVerb, para determinar las respuestas al impulso de cada simulación de distancia.

La posibilidad de incrementar la carga de procesamiento de la aplicación al tener que realizar un proceso de convolución, puede ser abolida por medio de la implementación de un algoritmo de convolución rápida, que por lo general consiste en la realización del producto de la función de transferencia del sistema con la transformada de Fourier de la señal de audio, producto en el dominio de la frecuencia.

Con las dos anteriores consideraciones se plantea un primer punto de abordaje para dar solución al problema descrito anteriormente referente a la posible mecanización del entrenamiento.

El siguiente paso para la mejora de éste proyecto de grado sería considerar la adaptación de la presente herramienta de entrenamiento al plano horizontal completo, no sólo la sección frontal sino también la posterior, para lo cual se propone la utilización de un sistema de reproducción 5.1 que podría tener una muy buena integración con la actividad de identificación aprovechándose del desplazamiento del marcador en todas las posibles direcciones.

Para hacer uso de la característica del motor de video juegos Unity3D, que permite realizar la compilación a diferentes arquitecturas (apartado Unity3D como entorno de desarrollo) tales como dispositivos móviles y web, se recomienda considerar las siguientes observaciones:

- Para ambos casos, se estaría realizando una disminución de los posibles recursos disponibles en los dispositivos para correr la aplicación, lo que supone tener presente que la posibilidad de cargar audios de alta calidad en el dispositivo se puede ver comprometida al sumar la funcionalidad de Realidad Aumentada.
- Por otro lado la capacidad de almacenamiento de los dispositivos móviles es bastante reducida en comparación a la disponible en las computadoras, con lo cual el instalar la herramienta en dichos

dispositivos puede suponer un reto en el sentido de la posible ocupación total del espacio disponible.

- Para el caso de la compilación a la arquitectura Web, la forma en la que el sistema ordena cargar los archivos de audio puede suponer establecer un tiempo de espera mayor entre cada una de las preguntas, pues sólo hasta el momento en que se realiza la pregunta, posterior a generar la misma de forma aleatoria, se ordena la carga del *AudioClip* y su reproducción, procedimiento que en un entorno web supondría la descarga de un archivo de audio desde el servidor en el que se aloje la aplicación hacia el terminal cliente que se conecte a la aplicación, con lo que se estaría estableciendo un tiempo de espera dependiente del tamaño del fichero a cargar y la velocidad de descarga con la que cuente el usuario al realizar la conexión.
- A la anterior consideración para el entorno Web, se suma la de la creación de una base de datos SQL en un servidor dedicado con la intención de habilitar la conexión simultánea de varios usuarios al mismo tiempo, para lo que no sólo tendrían que revisarse las consideraciones de la base de datos, sino también la forma en la que se debe habilitar al sistema para proveer de más de una conexión simultánea.
- Otra consideración adicional al entorno Web sería la correspondiente a las autenticaciones, cifrado de conexión, posibilidades de puntos de acceso de terceros y en general puntos de vulnerabilidad de la seguridad tanto del servidor como del terminal del cliente, para lo cual se debería considerar el cifrado de conexiones junto con la protección del acceso a la base de datos anteriormente descrita.
- Al momento de realizar una compilación orientada a dispositivos móviles, es importante evaluar las características de usabilidad e interacción de la herramienta por medio de Realidad Aumentada, pues ésta tecnología puede resultar no ser la mejor forma de interacción e interfaz hombre-máquina para el contexto en el que sería usada la presente herramienta de entrenamiento auditivo.

Una posible investigación que se desprende del presente Proyecto de Grado es la referente a la determinación del Microambiente Óptimo de Trabajo (elección del sistema de reproducción entre audífonos o monitores angulados a 60°), pues aplicar la prueba de escucha a una mayor muestra puede arrojar como resultado la identificación de las características acústicas idóneas del sistema de escucha que pueden resultar estar de la mano de los parámetros acústicos determinados en el presente documento y que los autores comentan estar involucrados en la percepción del sonido, o por otro lado concluir en la determinación de nuevos parámetros acústicos suponiendo nuevos horizontes de estudio para la psicoacústica.

BIBLIOGRAFIA

Brixen, Eddy B. (1993). Spectral Ear Training. 94th Audio Engineering Society Convention, Berlin, Alemania, 16-19 marzo, (preprint preprint 3474).

Letowski, Tomasz (1985). Development of Technical Listening Skills: Timbre Solfeggio. [Versión electrónica]. Journal of the Audio Engineering Society, 33(4), 240-244.

Kassier, Rafael; Brookes, Tim; Rumsey, Francis. (2006). A Comparison between Spatial Audio Listener Training and Repetitive Practice. 121st Audio Engineering Society Convention, San Francisco, CA, USA, 5-8 Octubre, (paper 6977).

Neher, Tobias (2004). Towards a Spatial Ear Trainer. Department of Music and Sound Recordings. University of Surrey, Guildford, England.

GALVIS, A.H (1992). Ingeniería de Software Educativo. Santafé de Bogotá: Ediciones Uniandes.

¿Qué es el aprendizaje? Universidad de Talca-Chile disponibles en: (<http://www.educativo.otalca.cl/medios/educativo/profesores/basica/aprender.pdf>)

<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/history.htm>

<http://sourceforge.net/projects/artoolkit/files/>

<http://wiki.unity3d.com/index.php?title=SQLite>

<http://www.sqlite.org/datatype3.html>

ANEXOS

Anexo A. Casos de Uso

Caso de Uso – Inicio de Sesión

Caso de Uso Nro.	1		
Nombre	Iniciar sesión		
Descripción	Este caso de uso permite a los usuarios validar su identidad en el sistema mostrando en la pantalla dos cuadros de entrada de texto para incluir su nombre de usuario y contraseña, además de permitir al sistema obtener el punto en el progreso general del entrenamiento del usuario validado.		
Estado	Completo		
Actores	Usuario, Sistema y Base de Datos.		
Guión			
	Usuario	Sistema	Base de Datos
	1. Ingresa "Nombre de Usuario" 2. Ingresa "Contraseña de Usuario" 3. Presiona el botón "Iniciar Sesión". 4. Solicita a Base de Datos la contraseña para el nombre de usuario ingresado. 5. Entrega la contraseña solicitada. 6. Valida que la contraseña ingresada coincida con la contraseña solicitada. 7. Solicita a Base de Datos el punto en el progreso general para el usuario validado. 8. Entrega el punto de progreso general para el usuario validado. 9. Almacena el punto de progreso general. 10. Concede acceso al sistema.		
Excepciones	1. El nombre de usuario no está registrado.		
	Usuario	Sistema	Base de Datos
	6. _____ a. Muestra en pantalla un mensaje de error "Nombre de usuario y/o contraseña incorrectos, intente nuevamente". b. Regresa el paso 1.		
Excepciones	2. La contraseña de usuario no es válida.		
	Usuario	Sistema	Base de Datos
	6. _____ a. Muestra en pantalla un mensaje de error "Nombre de usuario y/o contraseña incorrectos, intente nuevamente". b. Regresa el paso 1.		
CU Relacionados	Ninguno		
Pre-condición	El usuario debe estar registrado en la base de datos		
Post-condición	Se permite el acceso del usuario al sistema		

Tabla 63: Caso de uso-Inicio de sesión

Caso de Uso – Menú

Caso de Uso Nro.	2	
Nombre	Selección de Actividad - Menu	
Descripción	Este caso de uso permite a los usuarios seleccionar la actividad que desean realizar mostrando una descripción de cada una de ellas en el momento en el que sitúan el mouse sobre alguno de los botones para seleccionar la misma.	
Estado	Completo	
Actores	Usuario y Sistema.	
Guión		
	Usuario	Sistema
	1. Posiciona el mouse sobre la actividad "Comparación".	2. Muestra en pantalla la descripción de la actividad "Comparación".
	3. Posiciona el mouse sobre la actividad "Identificación".	4. Muestra en pantalla la descripción de la actividad "Identificación".
	5. Presiona clic sobre la actividad que desea iniciar.	6. Pasa a la pantalla de la actividad correspondiente.
Excepciones		
CU Relacionados	Iniciar Sesión	
Pre-condición	Haber iniciado sesión exitosamente.	
Post-condición	Se da inicio a la actividad elegida por el usuario.	

Tabla 64: Caso de uso- Menú

Caso de Uso – Actividad

Caso de Uso Nro.	3	
Nombre	Actividad	
Descripción	Este caso de uso permite a los usuarios cursar la actividad seleccionada en el menu, con el fin de dar inicio a su entrenamiento.	
Estado	Completo	
Actores	Usuario, Sistema y Motor Realidad Aumentada.	
Guión		
Usuario	Sistema	Motor Realidad Aumentada
<p>4. Presiona el botón "Iniciar".</p> <p>9. Cubre el marcador correspondiente a su elección.</p>	<p>1. Lee el estado de progreso general adquirido durante el inicio de sesión.</p> <p>2. Abre la conexión con la Base de Datos para introducir los intentos de cada lección en la tabla correspondiente a la actividad y a cada usuario.</p> <p>3. Presenta el número, título y descripción de la lección que se va a realizar y que es correspondiente al punto del progreso general.</p> <p>5. Inicializa variables de progreso (puntaje, número de preguntas correctas y número total de preguntas).</p> <p>6. Solicita iniciar el motor de Realidad Aumentada.</p> <p>8. Realiza pregunta.</p> <p>12. Toma la identificación del marcador que salió.</p> <p>13. Evalúa si la opción fue correcta.</p> <p>14. Muestra en pantalla el resultado de la evaluación.</p> <p>15. Actualiza el porcentaje y la barra de puntaje.</p> <p>16. Evalúa el progreso general de la lección.</p>	<p>7. Inicializa el motor de Realidad Aumentada.</p> <p>10. Detecta el marcador que salió de escena.</p> <p>11. Informa la identificación del marcador que salió.</p>

	<p>17. Escribe en la base de datos el intento de la lección.</p> <p>18. Ordena detener el Motor de Realidad Aumentada.</p> <p>19. Suspende la cámara y el rastreo de marcadores.</p> <p>20. Muestra en pantalla "¡Felicitaciones, bien hecho!"</p> <p>21. Pasa a la siguiente lección.</p>								
Excepciones	1. No ha completado la cantidad de preguntas mínimas								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Usuario</th> <th>Sistema</th> <th>Motor Realidad Aumentada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">16. _____ a. Escribe en la base de datos el intento de la lección. b. Regresa al paso 8.</td> </tr> </tbody> </table>	Usuario	Sistema	Motor Realidad Aumentada	16. _____ a. Escribe en la base de datos el intento de la lección. b. Regresa al paso 8.				
	Usuario	Sistema	Motor Realidad Aumentada						
	16. _____ a. Escribe en la base de datos el intento de la lección. b. Regresa al paso 8.								
	2. Superó el número de preguntas mínimo pero no el puntaje de aprobación.								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Usuario</th> <th>Sistema</th> <th>Motor Realidad Aumentada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">16. _____ a. Escribe en la base de datos el intento de la lección. b. Regresa al paso 8.</td> </tr> </tbody> </table>	Usuario	Sistema	Motor Realidad Aumentada	16. _____ a. Escribe en la base de datos el intento de la lección. b. Regresa al paso 8.				
	Usuario	Sistema	Motor Realidad Aumentada						
	16. _____ a. Escribe en la base de datos el intento de la lección. b. Regresa al paso 8.								
3. Superó el número de preguntas máximo pero no el puntaje de aprobación.									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Usuario</th> <th>Sistema</th> <th>Motor Realidad Aumentada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">16. _____ a. Escribe en la base de datos el intento de la lección. b. Ordena detener el Motor de Realidad Aumentada. c. Muestra en pantalla "Intentalo nuevamente" d. Regresa al paso 3.</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>b. Suspende la cámara y el rastreo de marcadores.</td> </tr> </tbody> </table>	Usuario	Sistema	Motor Realidad Aumentada	16. _____ a. Escribe en la base de datos el intento de la lección. b. Ordena detener el Motor de Realidad Aumentada. c. Muestra en pantalla "Intentalo nuevamente" d. Regresa al paso 3.					b. Suspende la cámara y el rastreo de marcadores.
Usuario	Sistema	Motor Realidad Aumentada							
16. _____ a. Escribe en la base de datos el intento de la lección. b. Ordena detener el Motor de Realidad Aumentada. c. Muestra en pantalla "Intentalo nuevamente" d. Regresa al paso 3.									
		b. Suspende la cámara y el rastreo de marcadores.							
CU Relacionados	Inicio de Sesión, Menu								
Pre-condición	El usuario debe haber iniciado sesión exitosamente y seleccionado previamente la actividad que desea desarrollar.								
Post-condición	El usuario inicia su entrenamiento auditivo.								

Tabla 65: Caso de uso-Actividad

Caso de Uso – Resultados

Caso de Uso Nro.	4			
Nombre	Resultados			
Descripción	Este caso de uso permite a los usuarios ver el registro de su progreso general del entrenamiento, viendo la cantidad de intentos por lección y el puntaje obtenido en cada uno de ellos.			
Estado	Completo			
Actores	Usuario, Sistema y Base de Datos.			
Guión				
Usuario	Sistema	Base de Datos		
3. Presiona el botón de la actividad.	1. Abre la conexión con la Base de Datos. 2. Muestra en pantalla "Selecciona una Actividad para ver los resultados".			
	4. Solicita a base de datos todas las entradas de la tabla de la actividad seleccionada para el usuario autenticado.	5. Entrega todas las entradas de la tabla de la actividad seleccionada para el usuario autenticado.		
	6. Muestra en pantalla todos los registros almacenados en la tabla.			
7. Presiona el botón "Volver".	8. Pasa a la pantalla "Menu".			
Excepciones	1. Selecciona la Actividad Comparación			
	Usuario	Sistema	Base de Datos	
		3. _____ a. Solicita a base de datos todas las entradas de la tabla de la actividad comparación para el usuario autenticado.	b. Entrega todas las entradas de la tabla de la actividad comparación para el usuario autenticado.	
		c. Muestra en pantalla todos los registros almacenados en la tabla.		
	2. Selecciona la Actividad Identificación			
	Usuario	Sistema	Base de Datos	
	3. _____ a. Solicita a base de datos todas las entradas de la tabla de la actividad identificación para el usuario autenticado.	b. Entrega todas las entradas de la tabla de la actividad identificación para el usuario autenticado.		
	c. Muestra en pantalla todos los registros almacenados en la tabla.			
CU Relacionados	Iniciar Sesión, Menu y Actividad.			
Pre-condición	El usuario debe haber iniciado sesión exitosamente.			
Post-condición	Se da conocimiento del progreso general del usuario.			

Tabla 66:Caso de uso-Resultados

Caso de Uso – Progreso

Caso de Uso Nro.	5	
Nombre	Evaluación del Progreso	
Descripción	Este caso de uso muestra el proceso de evaluación del progreso de intento al desarrollar una lección.	
Estado	Completo	
Actores	Motor de Evaluación, Motor de Ejecución y Base de Datos.	
Guión		
Usuario	Motor de Evaluación	Motor de Ejecución
	<p>1. Lee el módulo y la lección en la que se encuentra el usuario, la cantidad de preguntas hechas, el número de preguntas contestadas correctamente y el puntaje.</p> <p>2. Evalúa la cantidad de preguntas y el puntaje.</p> <p>3. Ordena escribir el intento en la base de datos.</p> <p style="text-align: right;">4. Pasa a la siguiente lección.</p>	
Excepciones	1. La cantidad de preguntas es menor a la cantidad de preguntas mínimas.	
	Usuario	Motor de Ejecución
		<p>2. _____</p> <p>a. Evalúa si la cantidad de preguntas es menor que la cantidad de preguntas mínimas.</p> <p>b. Ordena realizar una nueva pregunta.</p> <p style="text-align: right;">c. Realiza una nueva pregunta.</p> <p>d. Contesta la pregunta.</p> <p>e. Regresa al paso 1.</p>

Excepciones	2. La cantidad de preguntas es igual a la cantidad de preguntas mínimas y el puntaje igual o superior al puntaje de aprobación.		
	Usuario	Motor de Evaluación	Motor de Ejecución
	g. Contesta la pregunta.	2. _____ a. Evaluá si la cantidad de preguntas es igual a la cantidad de preguntas mínimas. b. Evaluá si el puntaje es igual o superior al puntaje de aprobación. c. Escribe el intento en la base de datos. d. Muestra en pantalla "Superó lección". e. Ordena pasar a la siguiente lección. h. Regresa al paso 1.	f. Realiza una nueva pregunta de la siguiente lección.
Excepciones	3. La cantidad de preguntas es igual a la cantidad de preguntas máximas y el puntaje inferior al puntaje de aprobación.		
	Usuario	Motor de Evaluación	Motor de Ejecución
	g. Contesta la pregunta.	2. _____ a. Evaluá si la cantidad de preguntas es igual a la cantidad de preguntas máximas. b. Evaluá si el puntaje es inferior al puntaje de aprobación. c. Escribe el intento en la base de datos. d. Muestra en pantalla "Intentalo de nuevo". e. Ordena reprimir la lección. h. Regresa al paso 1.	f. Realiza una nueva pregunta de la actual lección.

Excepciones	3. La cantidad de preguntas es igual a la cantidad de preguntas máximas y el puntaje inferior al puntaje de aprobación.		
	Usuario	Motor de Evaluación	Motor de Ejecución
		2. _____ a. Evaluá si la cantidad de preguntas es igual a la cantidad de preguntas máximas. b. Evaluá si el puntaje es inferior al puntaje de aprobación. c. Escribe el intento en la base de datos. d. Muestra en pantalla "Intentalo de nuevo". e. Ordena reptir la lección.	f. Realiza una nueva pregunta de la actual lección.
	g. Contesta la pregunta.	h. Regresa al paso 1.	
Excepciones	4. La cantidad de preguntas es mayor o igual a la cantidad de preguntas mínimas y el puntaje inferior al puntaje de aprobación.		
	Usuario	Motor de Evaluación	Motor de Ejecución
		2. _____ a. Evaluá si la cantidad de preguntas es mayor o igual a la cantidad de preguntas mínimas. b. Evaluá si el puntaje es inferior al puntaje de aprobación. e. Ordena realizar una nueva pregunta.	f. Realiza una nueva pregunta de la actual lección.
	g. Contesta la pregunta.	h. Regresa al paso 1.	

5. La cantidad de preguntas es menor o igual a la cantidad de preguntas máximas y el puntaje mayor o igual al puntaje de aprobación.		
Usuario	Motor de Evaluación	Motor de Ejecución
Excepciones	2. _____ a. Evaluá si la cantidad de preguntas es menos o igual a la cantidad de preguntas máximas. b. Evaluá si el puntaje es mayor o igual al puntaje de aprobación. c. Escribe el intento en la base de datos. d. Muestra en pantalla "Superó lección". e. Ordena pasar a la siguiente lección.	f. Realiza una nueva pregunta de la siguiente lección.
	g. Contesta la pregunta.	
	h. Regresa al paso 1.	
CU Relacionados	Actividad	
Pre-condición	El usuario debe haber iniciado sesión exitosamente, seleccionado previamente la actividad que desea desarrollar y haber abierto comunicación con la Base de Datos.	
Post-condición	Se evalúa el progreso de la lección.	

Tabla 67: Caso de Uso-Progreso

Caso de Uso – Nueva Pregunta

Caso de Uso Nro.	6
Nombre	Nueva Pregunta
Descripción	Este caso de uso muestra el proceso de generación de una nueva pregunta.
Estado	Completo
Actores	Motor de Lógica y Motor de Aleatoriedad
Guión	
Motor de Lógica	Motor de Aleatoriedad
<ol style="list-style-type: none"> 1. Lee el módulo y la lección en la que se encuentra el usuario. 2. Incrementa en una unidad la cantidad de preguntas realizadas. 3. Solicita la generación de una pregunta aleatoria. <li style="text-align: right;">4. Genera una nueva pregunta aleatoria. 5. Muestra en pantalla la pregunta. 6. Muestra en pantalla el número de pregunta. 7. Reproduce los audios correspondientes a la pregunta. 	
Excepciones	
CU Relacionados	Actividad
Pre-condición	Se debe haber solicitado la generación de una nueva pregunta e indicado el módulo y la lección correspondiente de la misma.
Post-condición	Se genera y realiza una nueva pregunta.

Tabla 68: Caso de uso- Nueva Pregunta

Caso de Uso – Evaluar Pregunta

Caso de Uso Nro.	7	
Nombre	Evaluar Pregunta	
Descripción	Este caso de uso muestra el proceso de evaluación de pregunta.	
Estado	Completo	
Actores	Motor de Lógica y Motor de Aleatoriedad	
Guión		
	Motor de Lógica	Motor de Aleatoriedad
	<p>1. Lee el módulo y la lección en la que se encuentra el usuario.</p> <p>2. Lee la opción seleccionada por el usuario.</p> <p>3. Solicita la identificación de la respuesta correcta.</p> <p style="text-align: right;">4. Entrega la identificación de la respuesta correcta.</p> <p>5. Evalúa si la opción del usuario es igual a la identidad de la respuesta correcta.</p> <p>6. Incrementa en una unidad la cantidad de respuestas correctas.</p> <p>7. Actualiza la barra de progreso.</p> <p>8. Muestra en pantalla el resultado de la evaluación.</p> <p>9. Ordena evaluar el progreso.</p>	
Excepciones	1. La opción del usuario es diferente a la identidad de la respuesta correcta.	
	Motor de Lógica	Motor de Aleatoriedad
	<p>5. _____</p> <p>a. Evalúa si la opción del usuario es diferente a la identidad de la respuesta correcta.</p> <p>b. Actualiza la barra de progreso.</p> <p>c. Muestra en pantalla el resultado de la evaluación.</p> <p>d. Ordena evaluar el progreso.</p>	
CU Relacionados	Actividad	
Pre-condición	El usuario debe haber indicado la opción deseada para evaluar la pregunta.	
Post-condición	Se realiza la evaluación de la pregunta.	

Tabla 69: Caso de uso- Evaluar Pregunta

Caso de Uso – Aleatorio Comparación Módulo 1

Caso de Uso Nro.	8	
Nombre	Aleatorio Comparación Módulo 1	
Descripción	Este caso de uso muestra el proceso de generación de una pregunta aleatoria para el módulo 1 de la actividad comparación.	
Estado	Completo	
Actores	Motor de Aleatoriedad	
Guión		
Usuario	Sistema	Motor de Aleatoriedad
		<ol style="list-style-type: none"> 1. Elige de forma aleatoria entre el costado derecho o izquierdo. 2. Establece las regiones correspondientes al módulo 1 y la lección en la que se encuentra el usuario. 3. Elige aleatoriamente entre las fuentes disponibles. 4. Fija la distancia de la fuente en 1m. 5. Selecciona para la fuente A un ángulo de procedencia aleatorio entre las regiones establecidas en el paso 2. 6. Iguala la distancia de la fuente A a la distancia de la fuente B. 7. Ubica el ángulo de procedencia de la fuente B de acuerdo al de la fuente A. 8. Ordena cargar en el sistema los audio clips. 9. Carga al sistema los audio clips determinados.
Excepciones		
CU Relacionados	Nueva Pregunta	
Pre-condición	El motor lógico debe haber solicitado la creación de una nueva pregunta aleatoria.	
Post-condición	Se genera una nueva pregunta aleatoria.	

Tabla 70: Caso de uso- Aleatorio Comparación Modulo 1

Caso de Uso – Aleatorio Comparación Módulo 2

Caso de Uso Nro.	9	
Nombre	Aleatorio Comparación Módulo 2	
Descripción	Este caso de uso muestra el proceso de generación de una pregunta aleatoria para el módulo 2 de la actividad comparación.	
Estado	Completo	
Actores	Motor de Aleatoriedad	
Guión		
Usuario	Sistema	Motor de Aleatoriedad
		<ol style="list-style-type: none"> 1. Elige de forma aleatoria entre el costado derecho o izquierdo. 2. Establece las regiones de separación angular correspondientes al módulo 2 y la lección en la que se encuentra el usuario. 3. Elige aleatoriamente entre las fuentes disponibles. 4. Fija la distancia de la fuentes A en 1m. 5. Selecciona para la fuente A un ángulo de procedencia aleatorio. 6. Iguala la distancia de la fuente A a la distancia de la fuente B. 7. Selecciona de forma aleatoria entre sumar o restar al ángulo de procedencia de la fuente A. 8. Confirma si la operación tiene lugar de acuerdo al ángulo de procedencia de la fuente A. 9. Opera de forma aleatoria uno de los valores establecidos en el paso 2 hasta que el valor resultante se encuentre 0° y 90° de acuerdo al costado seleccionado en el paso 1.

	<p>10. Asigna el resultado de la anterior operación al ángulo de procedencia de la fuente B.</p> <p>11. Ordena cargar los audio clips.</p> <p>12. Carga al sistema los audio clips determinados.</p>
Excepciones	
CU Relacionados	Nueva Pregunta
Pre-condición	El motor lógico debe haber solicitado la creación de una nueva pregunta aleatoria.
Post-condición	Se genera una nueva pregunta aleatoria.

Tabla 71: Caso de uso- Aleatorio Comparación Modulo 2

Caso de Uso – Aleatorio Comparación Módulo 3

Caso de Uso Nro.	10	
Nombre	Aleatorio Comparación Módulo 3	
Descripción	Este caso de uso muestra el proceso de generación de una pregunta aleatoria para el módulo 3 de la actividad comparación.	
Estado	Completo	
Actores	Motor de Aleatoriedad	
Guión		
Usuario	Sistema	Motor de Aleatoriedad
		<ol style="list-style-type: none"> 1. Elige de forma aleatoria entre el costado derecho o izquierdo. 2. Establece las regiones de separación angular correspondientes al módulo 3 y la lección en la que se encuentra el usuario. 3. Elige aleatoriamente entre las fuentes disponibles. 4. Fija aleatoriamente el ángulo de procedencia de la fuente A. 5. Iguala el ángulo de procedencia de la fuente B al de la fuente A. 6. Determina de forma aleatoria la distancia de la fuente A.

	<p>7. Selecciona de forma aleatoria entre sumar o restar a la distancia de la fuente A.</p> <p>8. Confirma si la operación tiene lugar de acuerdo a la distancia de la fuente A.</p> <p>9. Opera de forma aleatoria uno de los valores establecidos en el paso 2 hasta que el valor resultante se encuentre entre 0m y 10m.</p> <p>10. Asigna el resultado de la anterior operación a la distancia de la fuente B.</p> <p>11. Ordena cargar los audio clips.</p> <p>12. Carga al sistema los audio clips determinados.</p>
Excepciones	
CU Relacionados	Nueva Pregunta
Pre-condición	El motor lógico debe haber solicitado la creación de una nueva pregunta aleatoria.
Post-condición	Se genera una nueva pregunta aleatoria.

Tabla 72: Caso de uso- Aleatorio Comparación Modulo 3

Caso de Uso – Aleatorio Identificación Módulo 1

Caso de Uso Nro.	11	
Nombre	Aleatorio Identificación Módulo 1	
Descripción	Este caso de uso muestra el proceso de generación de una pregunta aleatoria para el módulo 1 de la actividad identificación.	
Estado	Completo	
Actores	Sistema y Motor de Aleatoriedad	
Guión		
Usuario	Sistema	Motor de Aleatoriedad
		<ol style="list-style-type: none"> 1. Elige de forma aleatoria entre el costado derecho o izquierdo. 2. Fija aleatoriamente el ángulo de procedencia de la fuente. 3. Elige aleatoriamente entre las fuentes disponibles. 4. Establece la región que corresponde al ángulo de procedencia. 5. Fija la distancia de la fuente en 1m. 6. Ordena cargar los audio clips. 7. Carga al sistema los audio clips determinados.
Excepciones		
CU Relacionados	Nueva Pregunta	
Pre-condición	El motor lógico debe haber solicitado la creación de una nueva pregunta aleatoria.	
Post-condición	Se genera una nueva pregunta aleatoria.	

Tabla 73: Caso de uso-Aleatorio Identificación Modulo 1

Caso de Uso – Aleatorio Identificación Módulo 2

Caso de Uso Nro.	12	
Nombre	Aleatorio Identificación Módulo 2	
Descripción	Este caso de uso muestra el proceso de generación de una pregunta aleatoria para el módulo 2 de la actividad identificación.	
Estado	Completo	
Actores	Sistema y Motor de Aleatoriedad	
Guión		
Usuario	Sistema	Motor de Aleatoriedad
		<ol style="list-style-type: none"> 1. Elige de forma aleatoria entre el costado derecho o izquierdo. 2. Fija aleatoriamente la distancia de la fuente. 3. Elige aleatoriamente entre las fuentes disponibles. 4. Establece la región que corresponde a la distancia de procedencia de la fuente. 5. Fija el ángulo de procedencia en 0°. 6. Ordena cargar los audio clips. <p style="text-align: center;">7. Carga al sistema los audio clips determinados.</p>
Excepciones		
CU Relacionados	Nueva Pregunta	
Pre-condición	El motor lógico debe haber solicitado la creación de una nueva pregunta aleatoria.	
Post-condición	Se genera una nueva pregunta aleatoria.	

Tabla 74: Caso de uso-Aleatorio Identificación Modulo 2

Caso de Uso – Aleatorio Identificación Módulo 3

Caso de Uso Nro.	13	
Nombre	Aleatorio Identificación Módulo 3	
Descripción	Este caso de uso muestra el proceso de generación de una pregunta aleatoria para el módulo 3 de la actividad identificación.	
Estado	Completo	
Actores	Sistema y Motor de Aleatoriedad	
Guión		
Usuario	Sistema	Motor de Aleatoriedad
		<ol style="list-style-type: none"> 1. Elige de forma aleatoria entre el costado derecho o izquierdo. 2. Elige aleatoriamente entre las fuentes disponibles. 3. Fija aleatoriamente el ángulo de procedencia de la fuente. 4. Establece la región angular que corresponde al ángulo de procedencia de la fuente. 5. Fija aleatoriamente la distancia de la fuente. 6. Establece la región de profundidad que corresponde a la distancia de la fuente. 7. Ordena cargar los audio clips. 8. Carga al sistema los audio clips determinados.
Excepciones		
CU Relacionados	Nueva Pregunta	
Pre-condición	El motor lógico debe haber solicitado la creación de una nueva pregunta aleatoria.	
Post-condición	Se genera una nueva pregunta aleatoria.	

Tabla 75: Caso de uso-Aleatorio Identificación Modulo 3

Anexo B. Diagramas de Casos de Uso

Diagrama de Caso de Uso – Inicio de Sesión

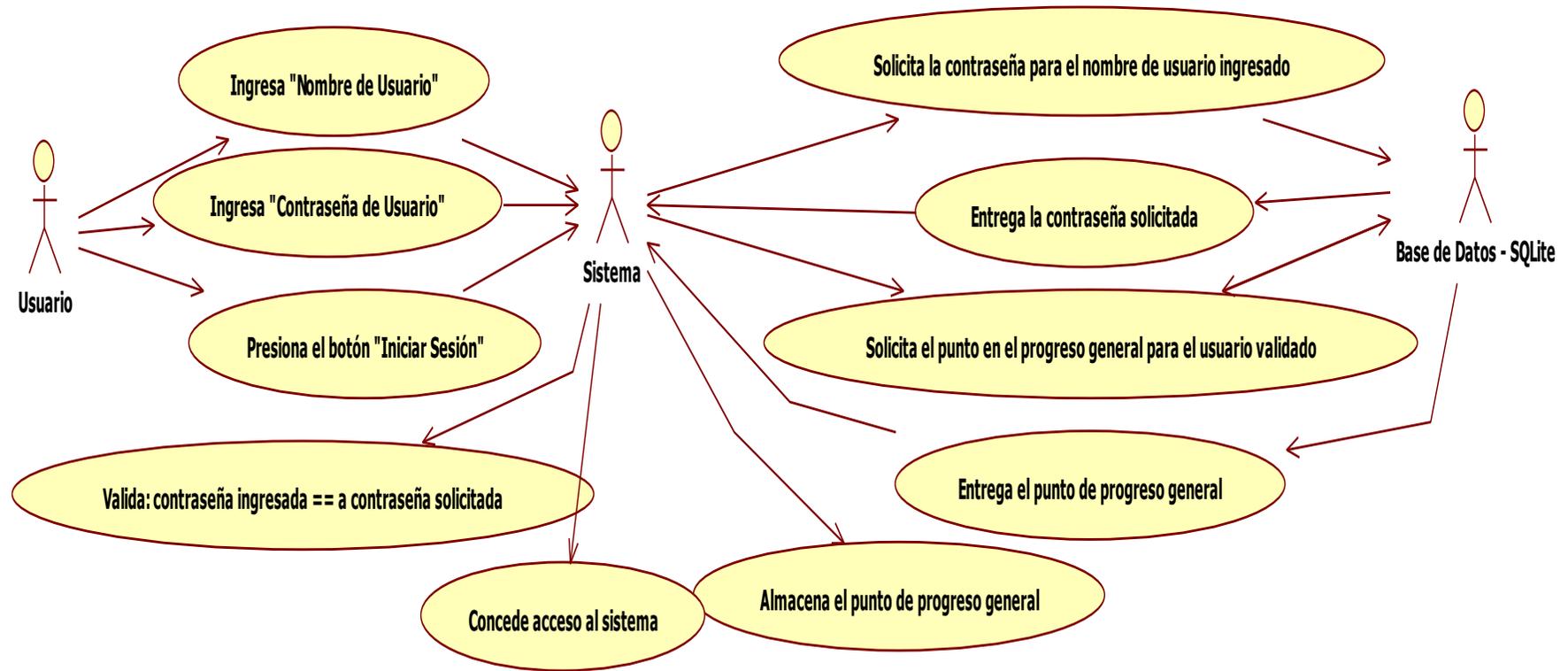


Figura 48: Diagrama caso de uso-Inicio de sesión

Diagrama de Caso de Uso – Menú

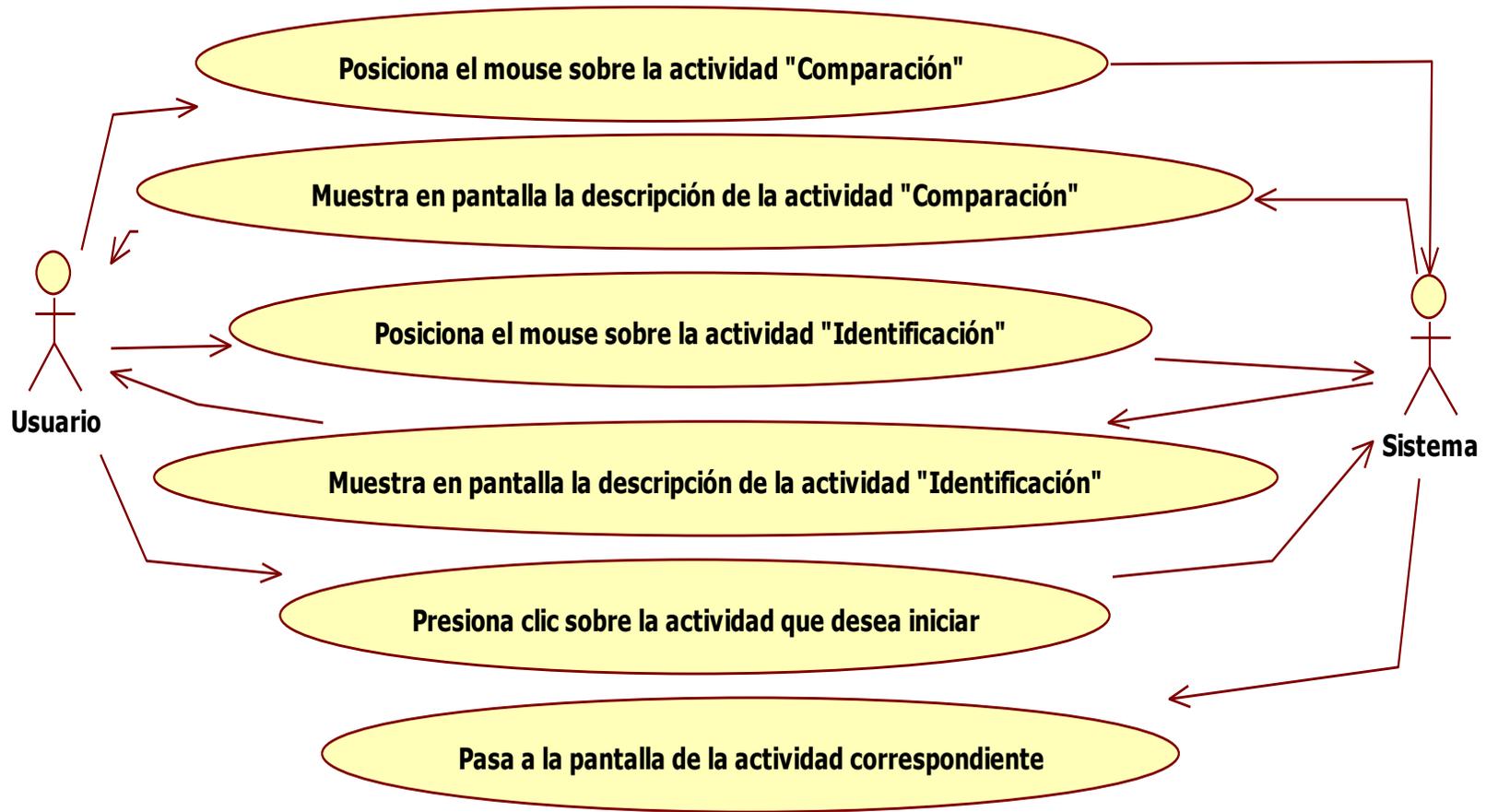


Figura 49: Diagrama de caso de uso-Menú

Diagrama de Caso de Uso – Resultados



Figura 50: Diagrama de caso de uso-Resultados

Diagrama de Caso de Uso – Progreso

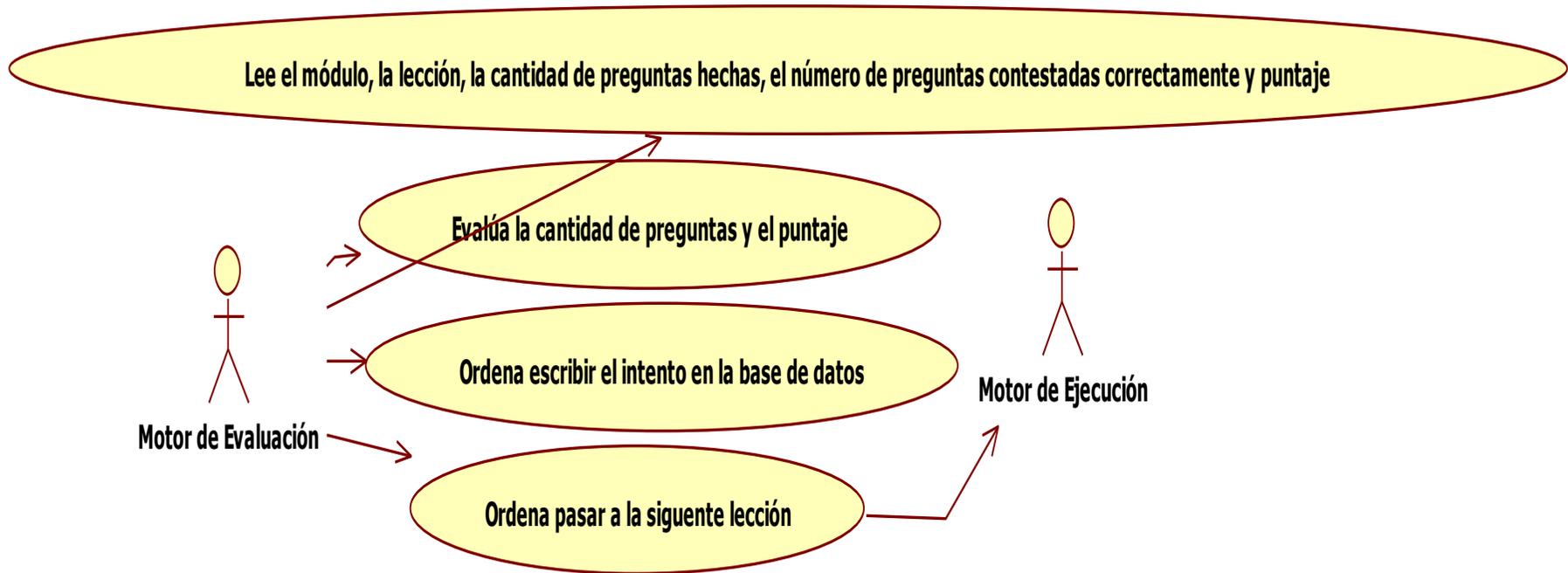


Figura 51: Diagrama de caso de uso-Progreso

Diagrama de Caso de Uso – Nueva Pregunta

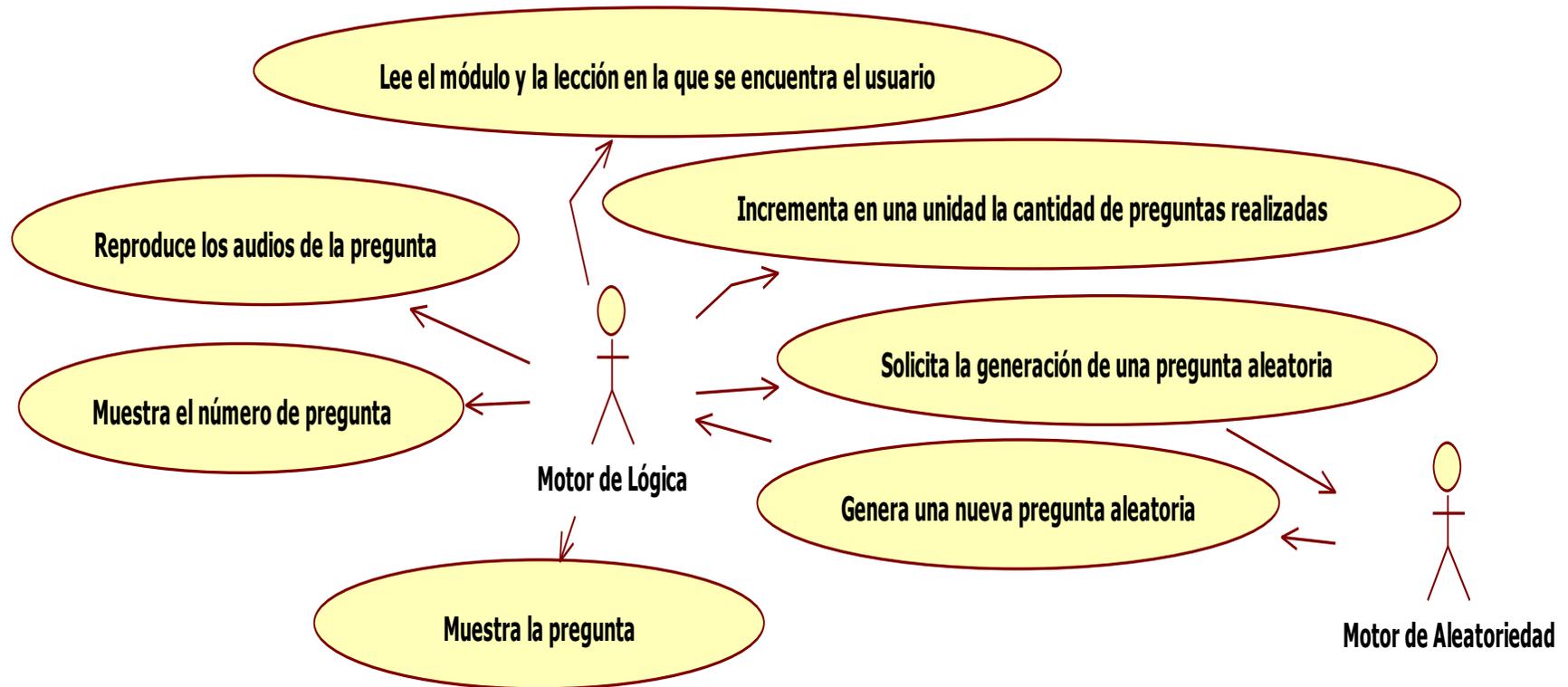


Figura 52: Diagrama de caso de uso-Nueva pregunta

Diagrama de Caso de Uso – Evaluar Pregunta

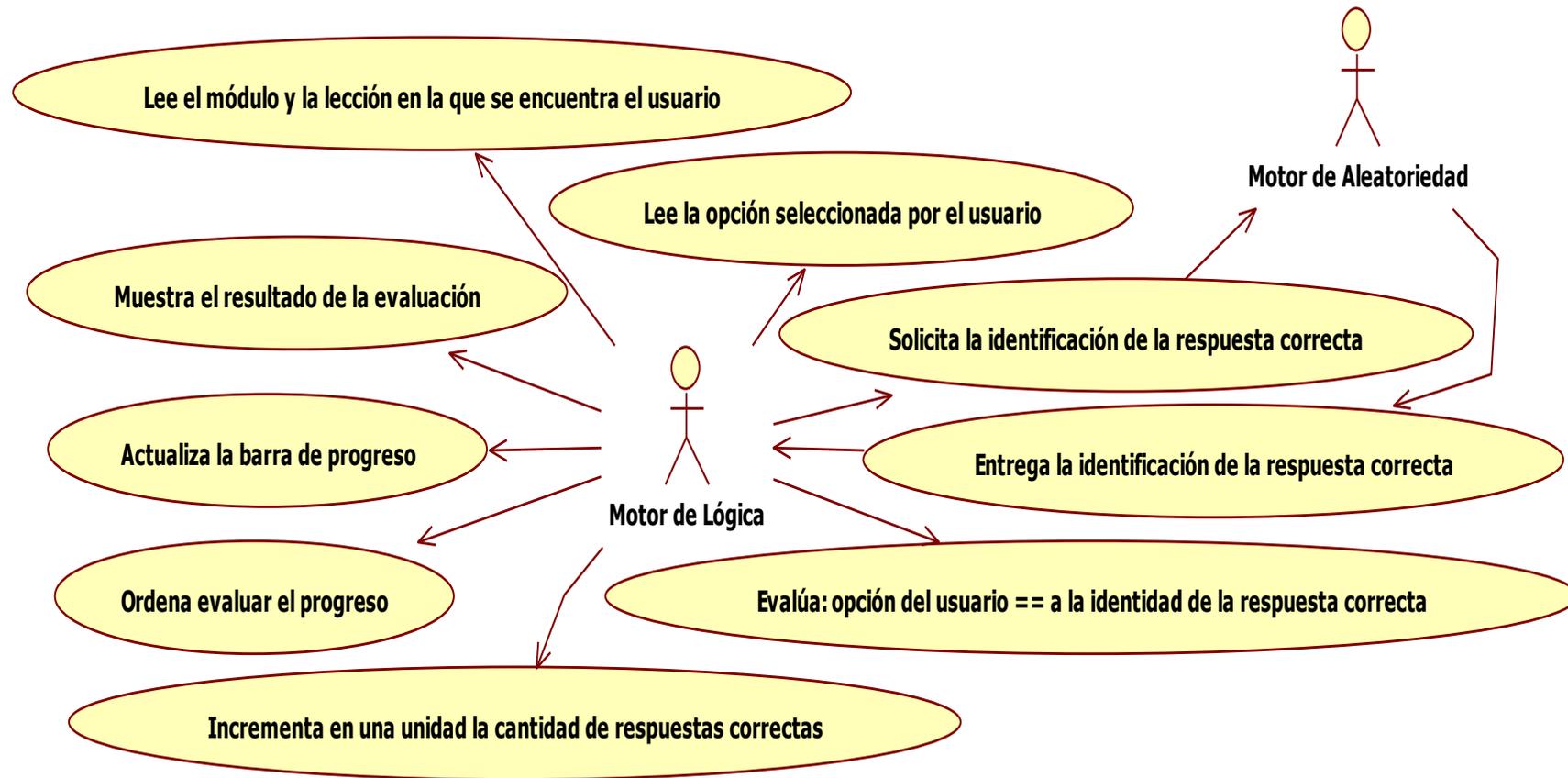


Figura 53: Diagrama de caso de uso-Evaluar pregunta

Anexo C. Diagramas de Componentes

Diagrama de Componentes – General

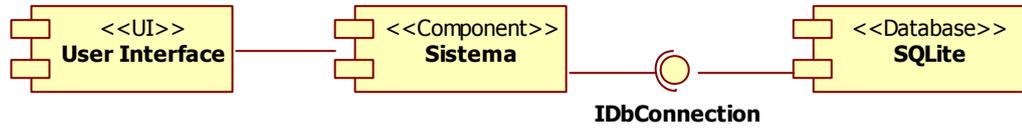


Figura 54: Diagrama de componente-General

Diagrama de Componentes – Inicio de Sesión

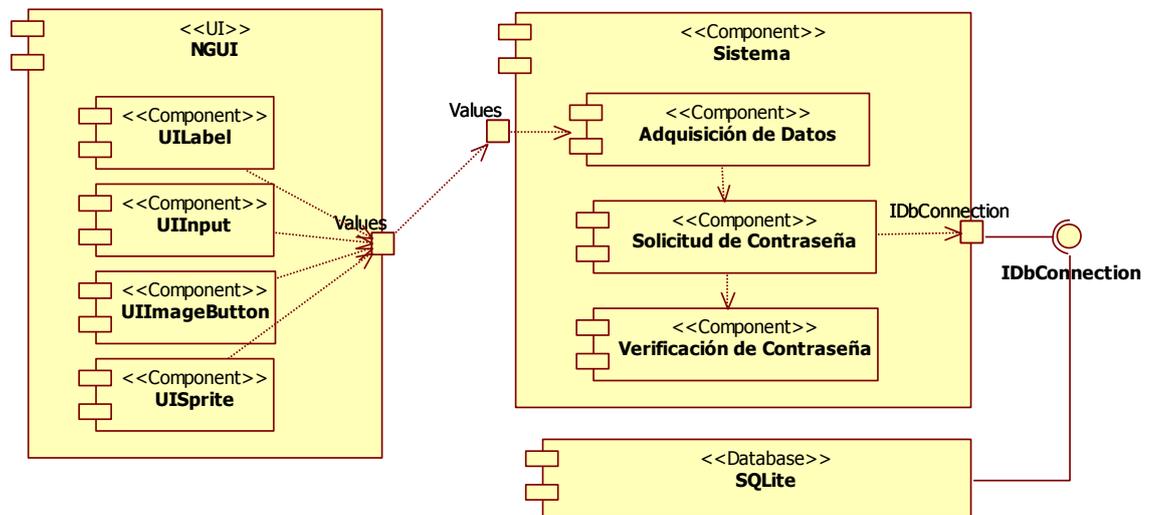


Figura 55: Diagrama de componente-Inicio de sesión

Diagrama de Componentes – Menú

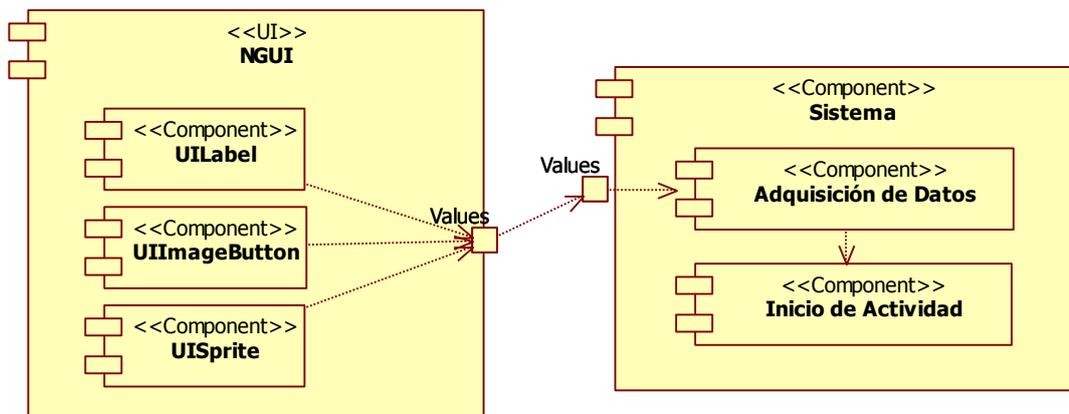


Figura 56: Diagrama de componentes-Menú

Diagrama de Componentes – Actividad

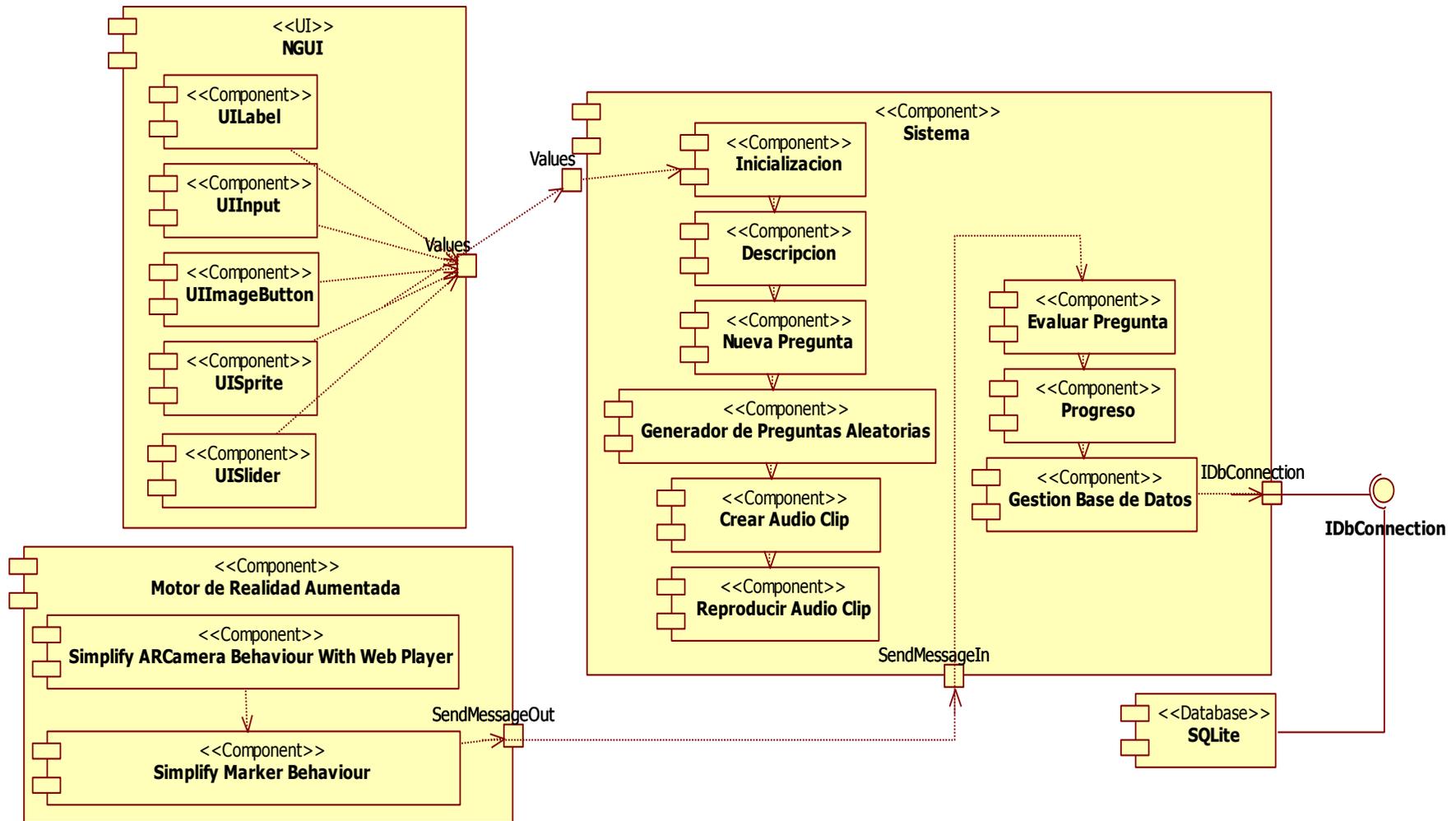


Figura 57: Diagrama de componentes-Actividad

Anexo D. Diagramas de Secuencia

Diagrama de Secuencia – Inicio de Sesión

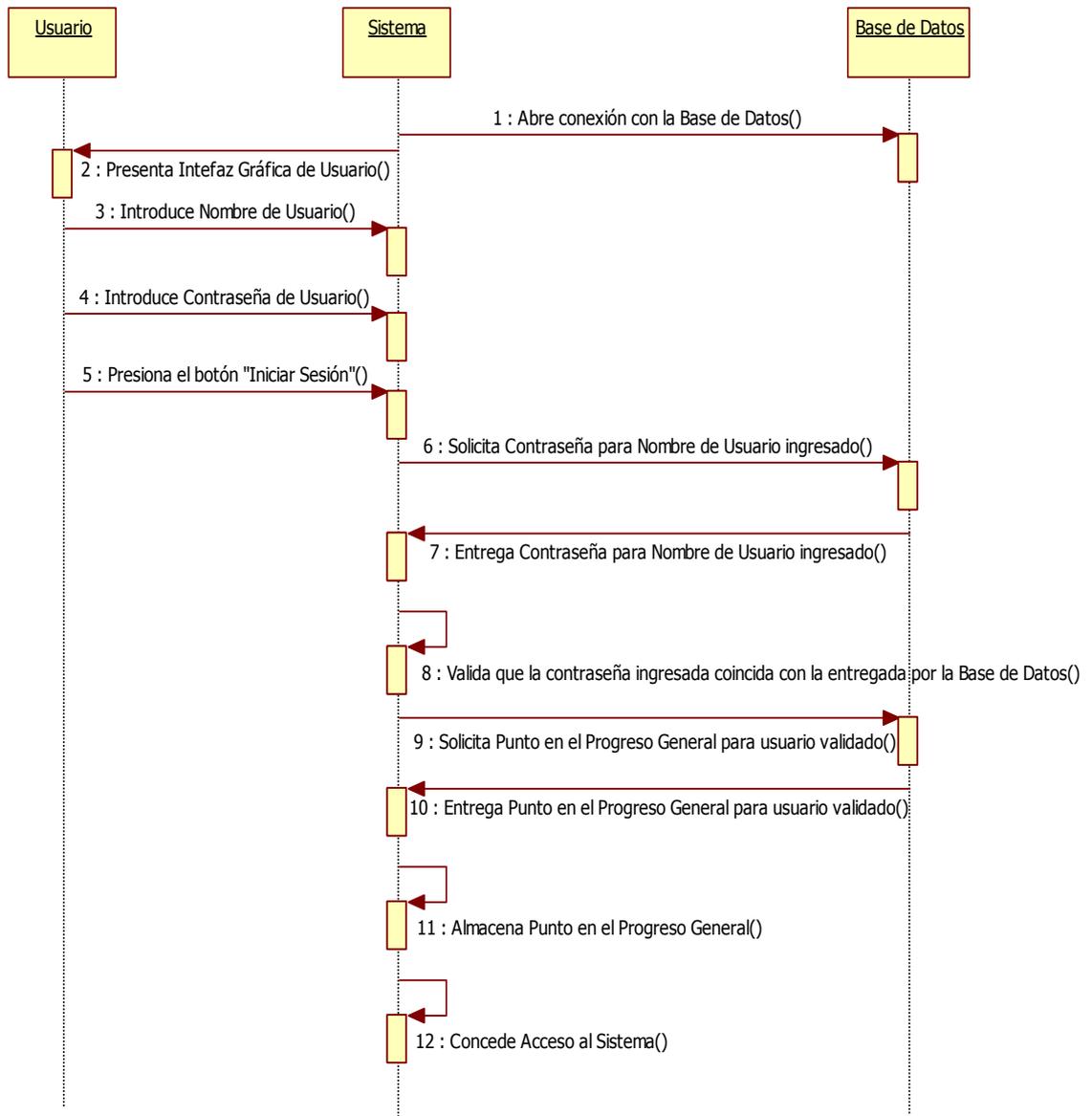


Figura 58: Diagrama de secuencia-Inicio de sesión

Diagrama de Secuencia – Menú

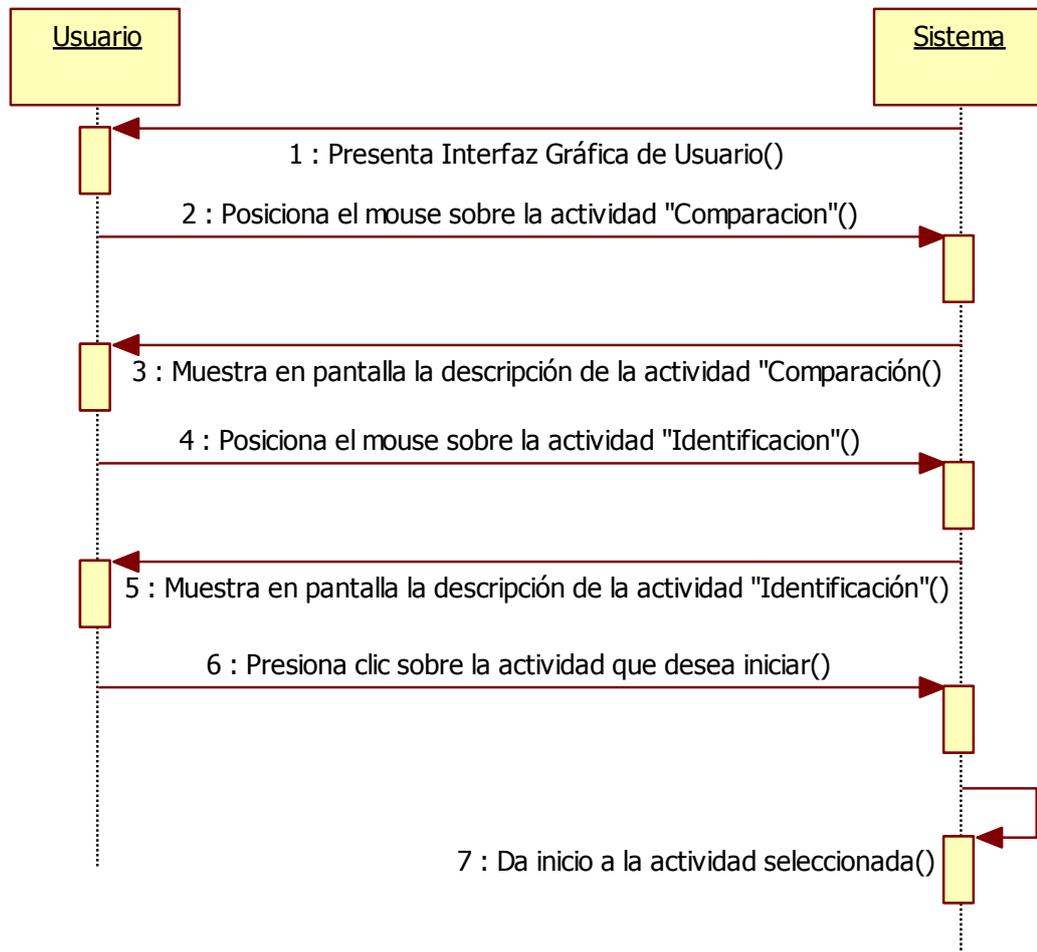
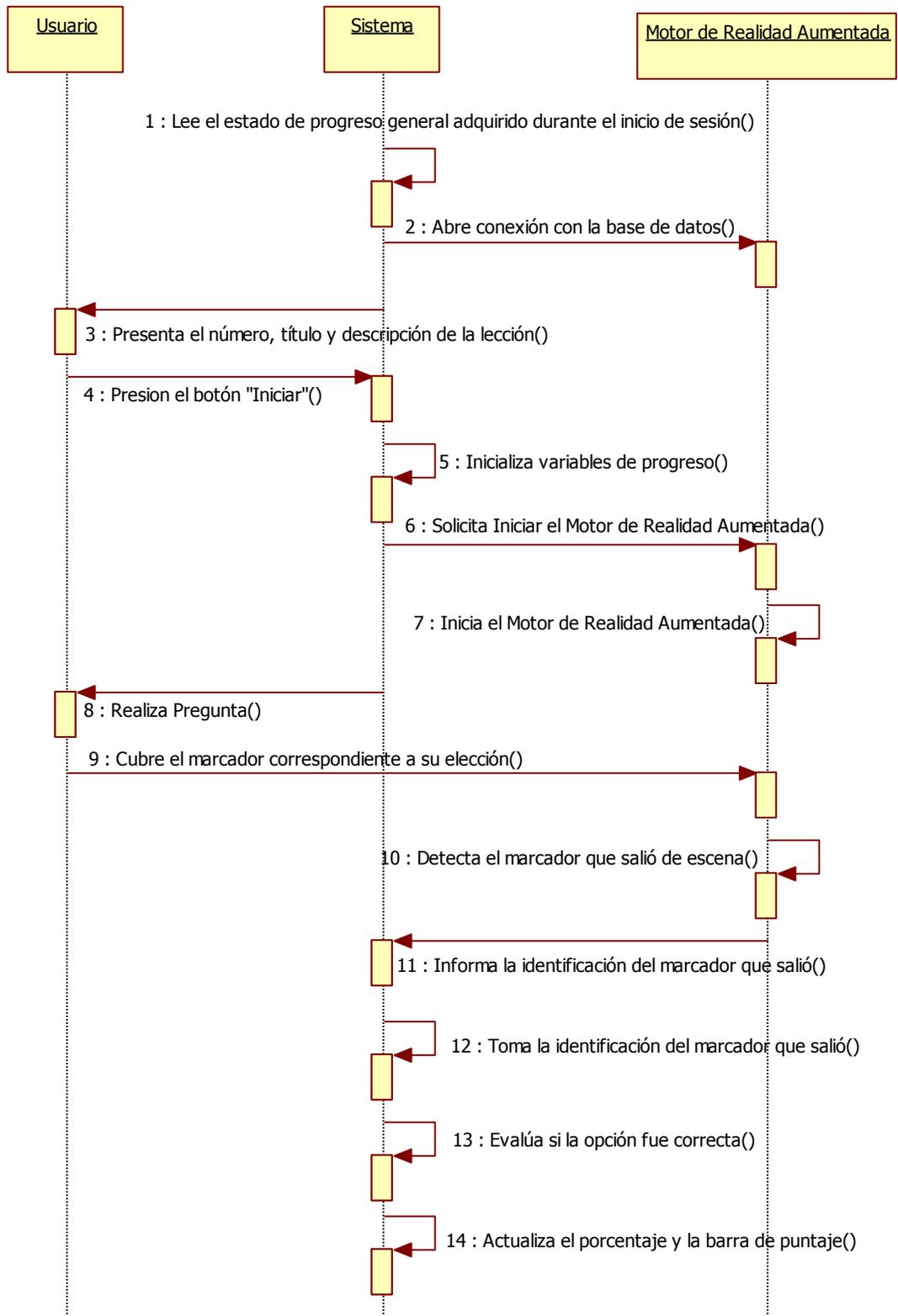


Figura 59: Diagrama de secuencia- Menú

Diagrama de Secuencia – Actividad



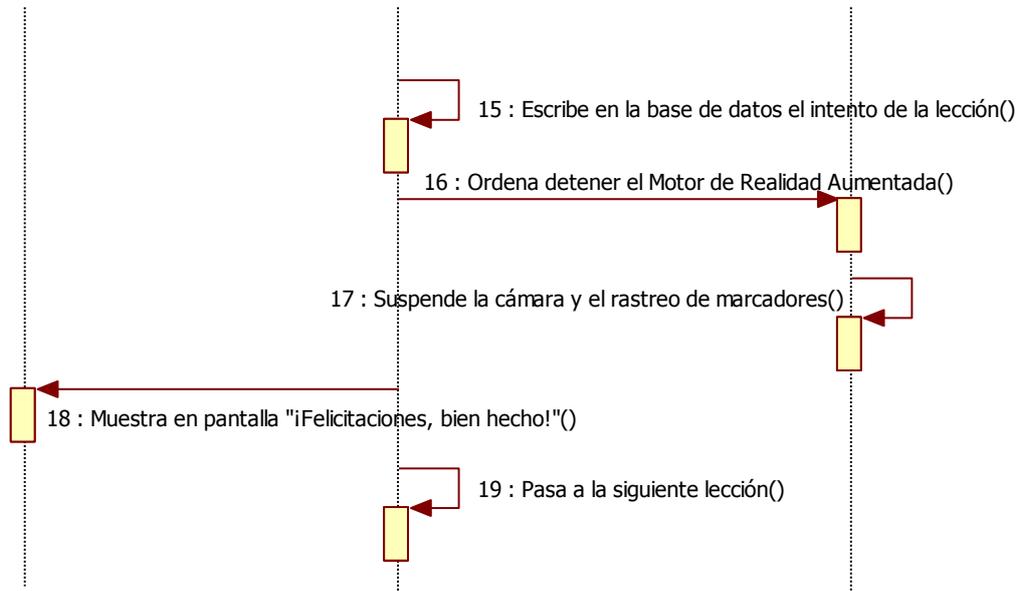


Figura 60: Diagrama de secuencia-Actividad

Diagrama de Secuencia – Resultados

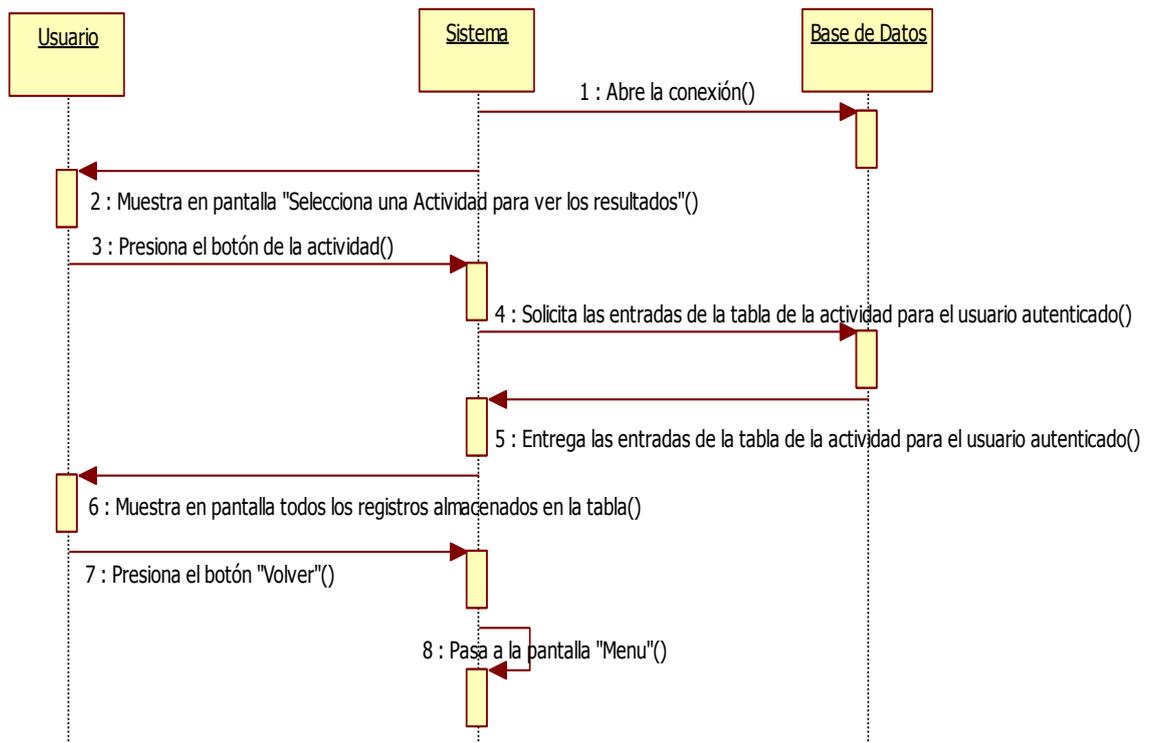


Figura 61: Diagrama de secuencia-Resultados

Diagrama de Secuencia – Aleatorio Comparación Módulo 1

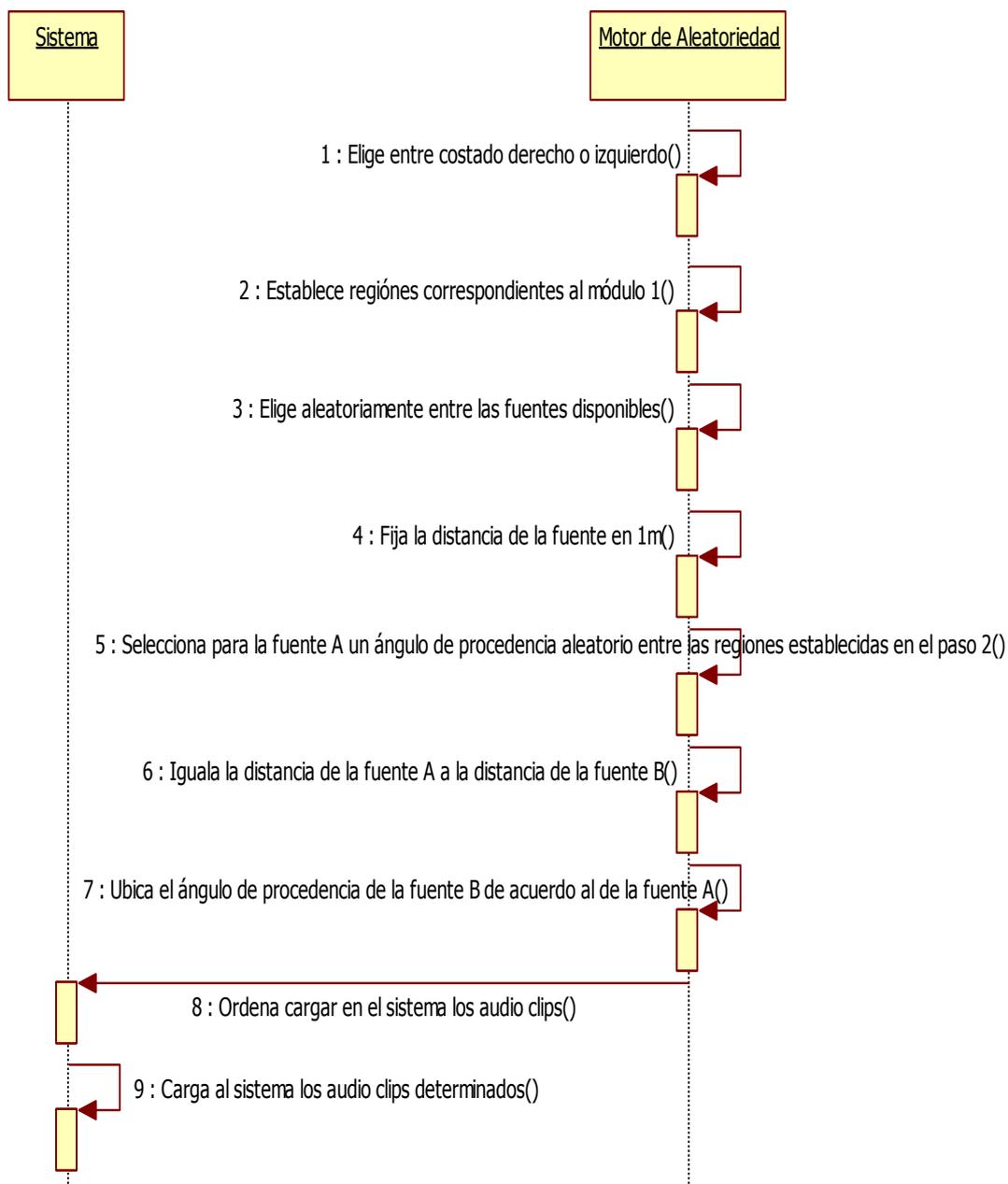


Figura 62: Diagrama de secuencia-Aleatorio comparación módulo 1

Diagrama de Secuencia – Aleatorio Comparación Módulo 2

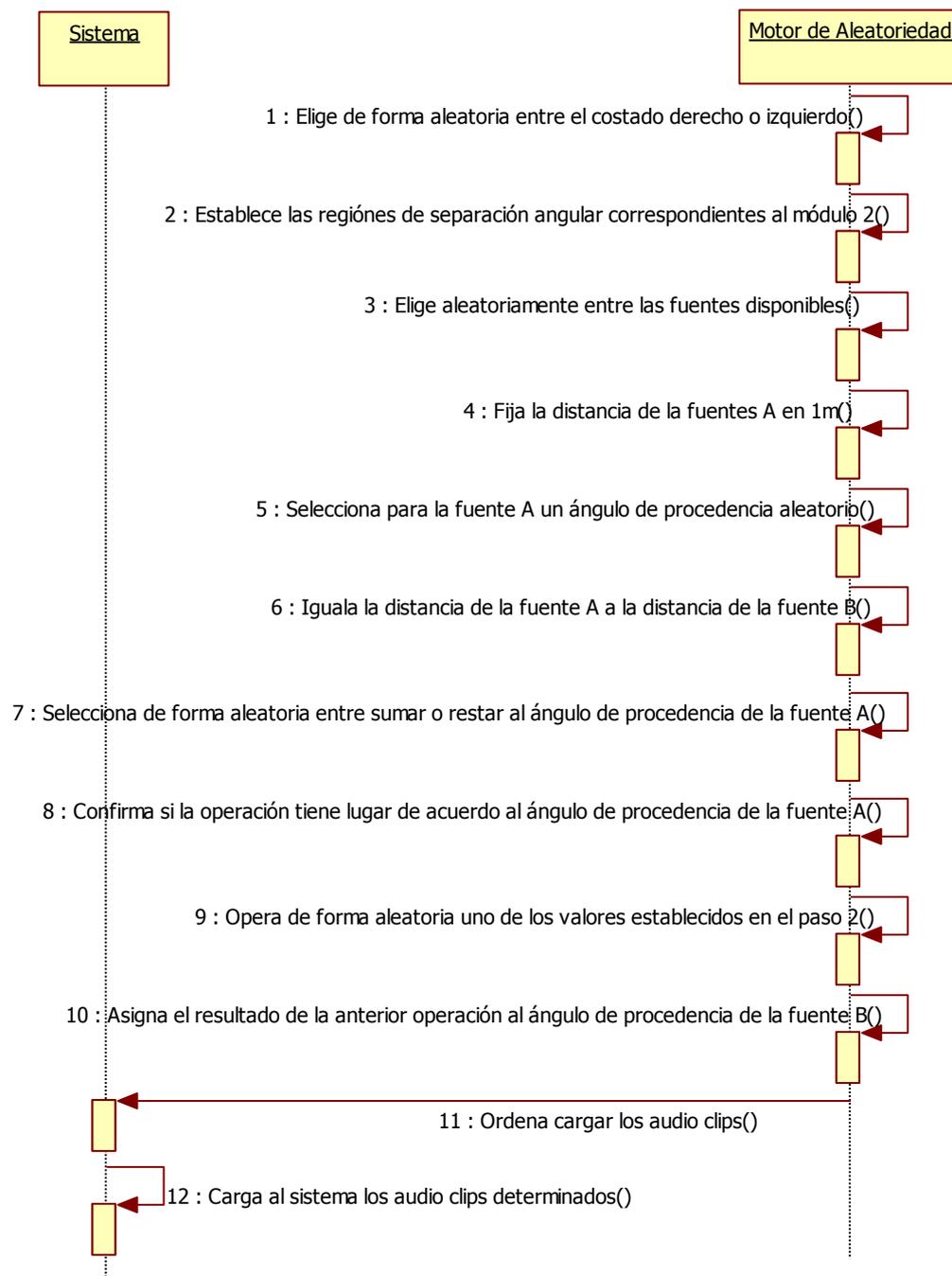


Figura 63: Diagrama de secuencia-Aleatorio comparación módulo 2

Diagrama de Secuencia – Aleatorio Comparación Módulo 3

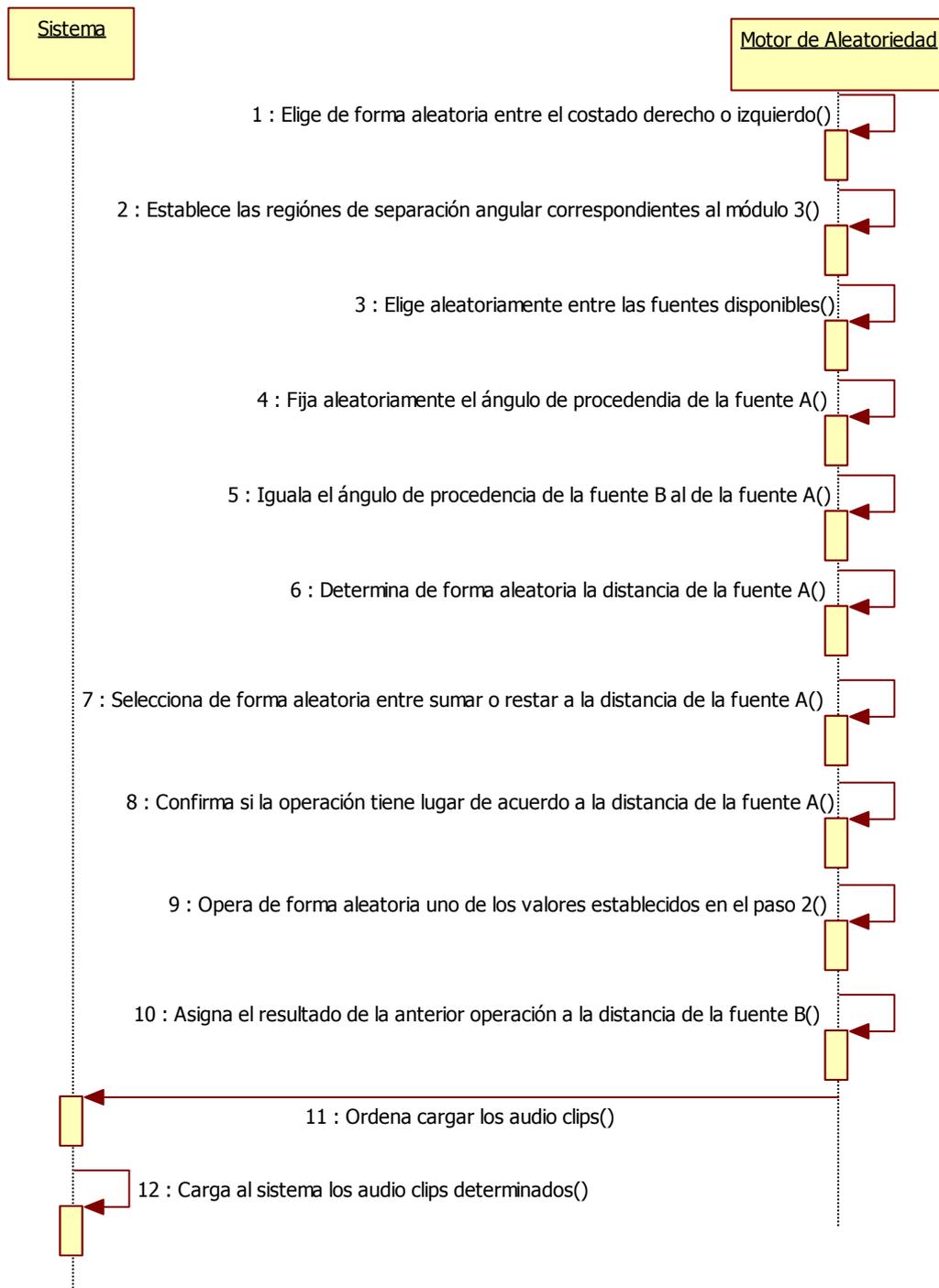


Figura 64: Diagrama de secuencia-Aleatorio comparación módulo 3

Diagrama de Secuencia – Aleatorio Identificación Módulo 1

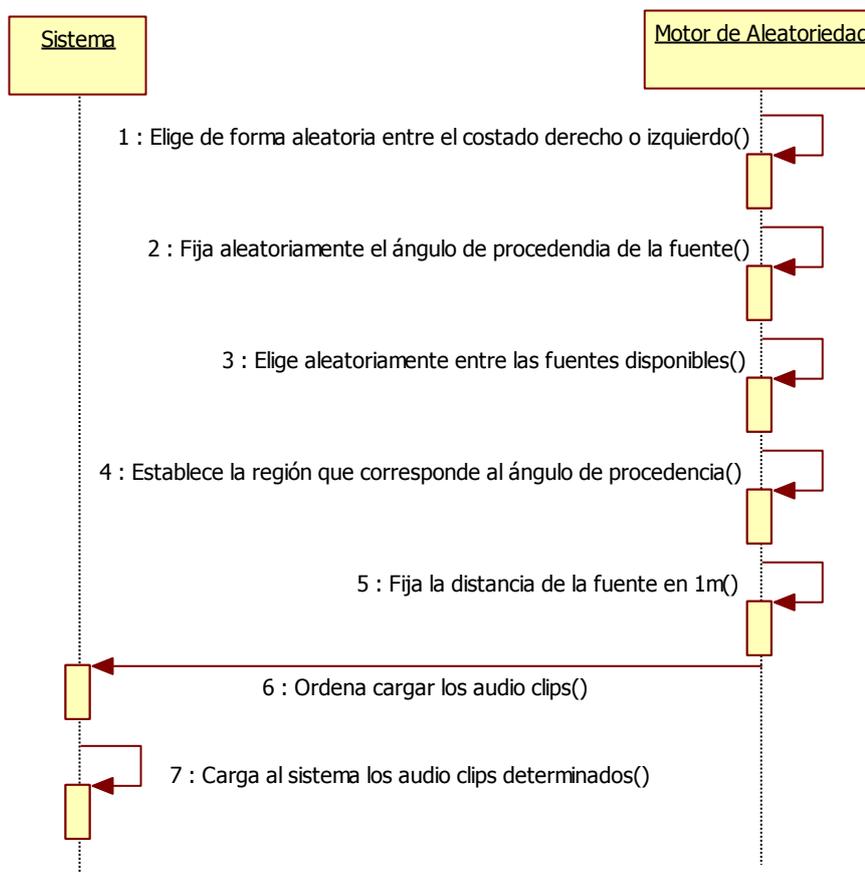


Figura 65: Diagrama de secuencia-Aleatorio identificación módulo 1

Diagrama de Secuencia – Aleatorio Identificación Módulo 2

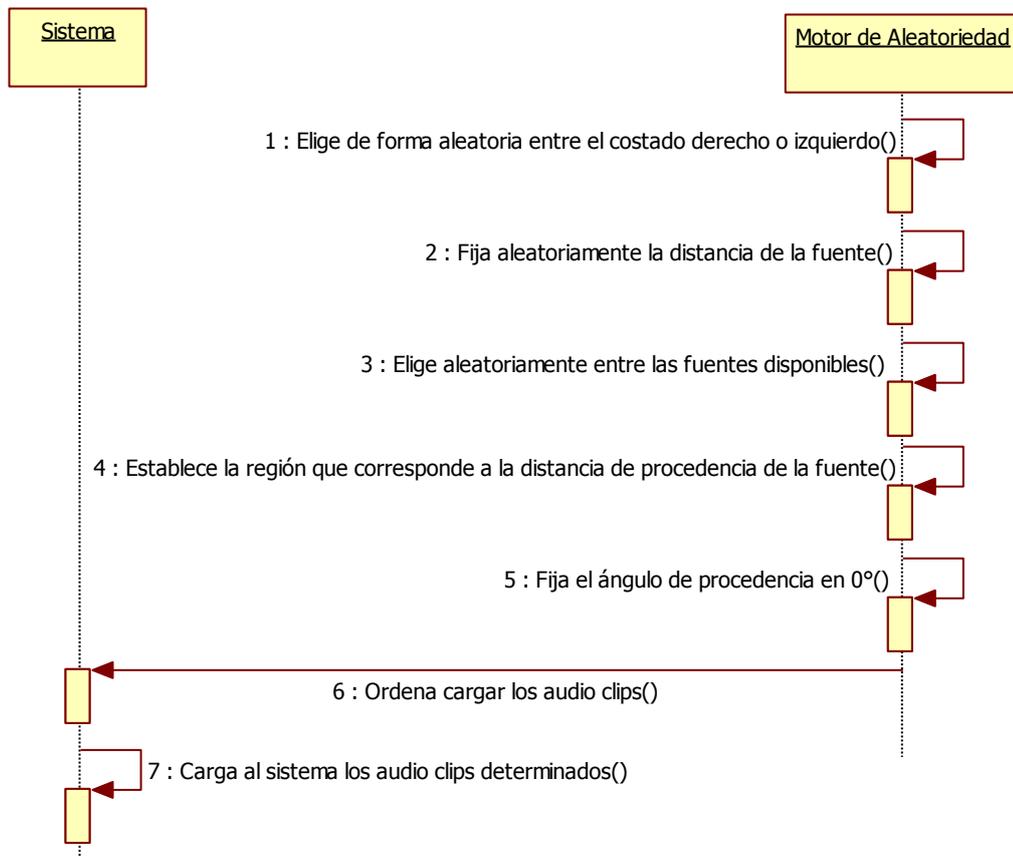


Figura 66: Diagrama de secuencia-Aleatorio identificación módulo 2

Diagrama de Secuencia – Aleatorio Identificación Módulo 3

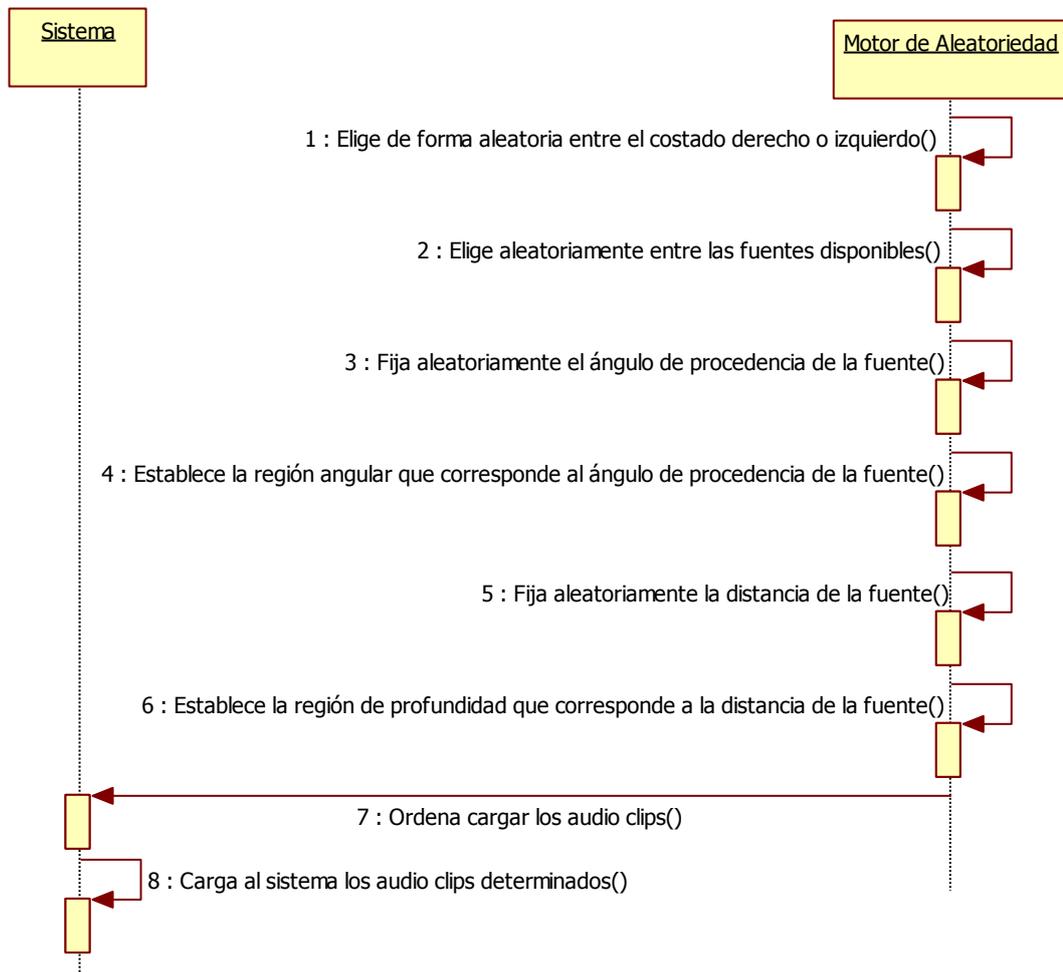
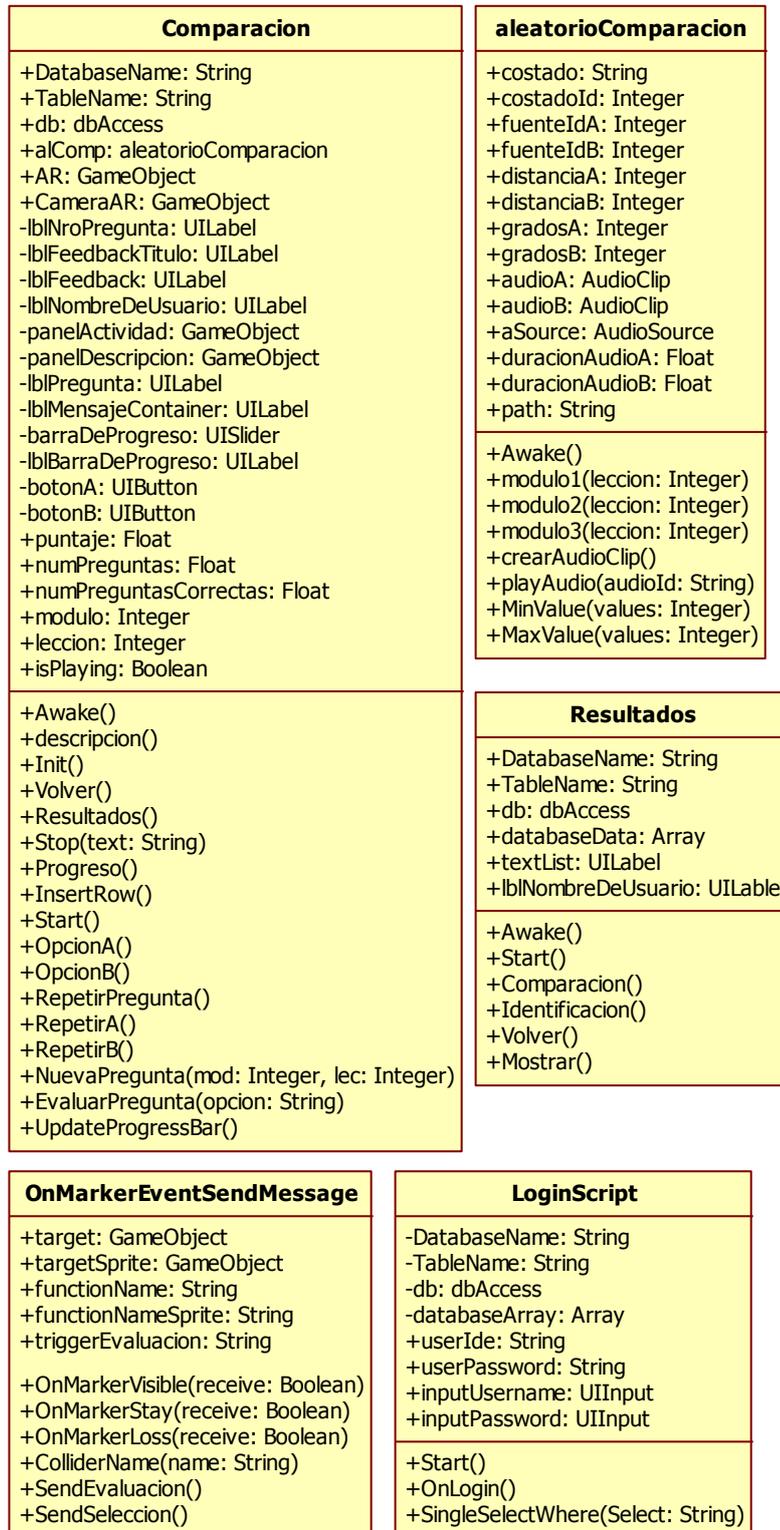


Figura 67: Diagrama de secuencia-Aleatorio identificación módulo 3

Anexo E. Diagrama de Clases



SimplifyARCameraBehaviourWithWebPlayer

-_ms: NyARUnityMarkerSystem
 -_ss: NyARUnityWebCam
 -mid: Integer
 -_bg_panel: GameObject
 -ARReady: Boolean
 -markerList: ArrayList
 -markerIDList: ArrayList
 -markerNameList: ArrayList
 -controlPanel: SimplifyControlPanel
 +markerFile: TextAsset

+Start()
 +LoadSettings()
 +Initialize()
 +SetMirror()
 +Update()

MenuScript

+lblNombreDeUsuario: UILabel

+Awake()
 +Start()
 +StartComparacion()
 +StartIdentificacion()
 +Resultados()

onTriggerEnter

+OnTriggerEnter(myTrigger: Collider)
 +OnTriggerExit(myTrigger: Collider)

Identificacion

+DatabaseName: String
 +TableName: String
 +db: dbAccess
 +aIdentificacion: aleatorioIdentificacion
 +pIdentificacion: planoIdentificacion
 +parent: GameObject
 +AR: GameObject
 +CameraAR: GameObject
 -lblNroPregunta: UILabel
 -lblFeedbackTitulo: UILabel
 -lblFeedback: UILabel
 -lblNombreDeUsuario: UILabel
 -panelActividad: GameObject
 -panelDescripcion: GameObject
 -panelRegiones: GameObject
 -lblPregunta: UILabel
 -lblMensajeContainer: UILabel
 -barraDeProgreso: UISlider
 -lblBarraDeProgreso: UILabel
 -btnOpcionRepetir: UIButton
 -regiones: GameObject
 +puntaje: Float
 +numPreguntas: Float
 +numPreguntasCorrectas: Float
 +modulo: Integer
 +leccion: Integer
 +isPlaying: Boolean

+Awake()
 +Start()
 +descripcion()
 +Siguiente()
 +Init()
 +Volver()
 +Resultados()
 +Stop(text: String)
 +Evaluar(colliderName: String)
 +RepetirPregunta()
 +NuevaPregunta(mod: Integer, lec: Integer)
 +EvaluarPregunta(opcion: String)
 +Progreso()
 +UpdateProgressBar()
 +SiguienteNivel()
 +RepetirNivel()
 +InicializacionVariables()
 +InsertRow()

aleatorioIdentificacion

+costado: String
 +costadoId: Integer
 +fuenteId: Integer
 +distancia: Integer
 +grados: Integer
 +audio: AudioClip
 +aSource: AudioSource
 +duracionAudio: Float
 +path: String

+Awake()
 +modulo1(leccion: Integer)
 +modulo2(leccion: Integer)
 +modulo3(leccion: Integer)
 +crearAudioClip()
 +playAudio(audioId: String)

planoIdentificacion

+_path: String
 +parent: Transform
 +isTrigger: Boolean
 -prefab: GameObject
 -pd1: GameObject
 -pd2: GameObject
 -pd3: GameObject
 -pi1: GameObject
 -pi2: GameObject
 -pi3: GameObject
 -d1: GameObject
 -d2: GameObject
 -pd1d1: GameObject
 -pd2d1: GameObject
 -pd3d1: GameObject
 -pi1d1: GameObject
 -pi2d1: GameObject
 -pi3d1: GameObject
 -pd1d2: GameObject
 -pd2d2: GameObject
 -pd3d2: GameObject
 -pi1d2: GameObject
 -pi2d2: GameObject
 -pi3d2: GameObject

+CrearPlano(mod: Integer, lec: Integer)
 +DestruirPlano()

SimplifyMarkerBehaviour

+markerFile: Texture2D
-visible: Boolean

+Start()
+Update()
+MarkerManager()
+MarkerLoss()

dbAccess

-connection: String
-dbcon: IDbConnection
-dbcm: IDbCommand
-reader: IDbReader

+OpenDB(p: String)
+BasicQuery(q: String, r: Boolean)
+ReadFullTable(tableName: String)
+DeleteTableContents(tableName: String)
+CreateTable(name: String, col: Array, colType: Array)
+InsertIntoSingle(tableName: String, colName: String, value: String)
+InsertIntoSpecific(tableName: String, col: Array, values: Array)
+InsertInto(tableName: String, values: Array)
+SingleSelectWhere(tableName: String, itemToSelect: String, wCol: String, wPar: String, wValue: String)
+CloseDB()

Figura 68: Diagrama de clases

Anexo F. Resultados Prueba Diagnóstico

Resultados Panorámica

Panoramica																					
#Pregunta			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	%
Alumno	Modulo	Leccion																			
1	3	3	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	33,33333
2	3	3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	33,33333
3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	16,66667
4	3	3	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	27,77778
5	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,55556
6	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	11,11111
7	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	11,11111

Tabla 76: Resultados de la prueba diagnóstica Panorámica

Resultados Profundidad

Profundidad																					
#Pregunta			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	%
Alumno	Modulo	Leccion																			
1	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	11,11111
2	3	3	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	33,33333
3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	3	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,55556
5	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,55556
6	3	3	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	22,22222
7	3	3	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	16,66667

Tabla 77: Resultados de la prueba diagnóstica Profundidad

Resultados Combinados

Combinadas																					
#Pregunta			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	%
Alumno	Modulo	Leccion																			
1	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	11,11111
2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	3	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,55556
5	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,55556
6	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,55556
7	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 78: Resultados de la prueba diagnostica Combinada

Anexo G. Comparación de la prueba diagnóstica y evaluativa con respuestas exactas

Prueba de diagnostica Panorámica

Panoramica																					
#Pregunta			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	%
Alumno	Modulo	Leccion																			
1	3	3																			
2	3	3	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	33,333333
3	3	3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	33,333333
4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	16,666667
5	3	3	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	27,777778
6	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,555556
7	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	11,111111
8	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	11,111111

Tabla 79: Resultados de la prueba diagnóstica con respuestas exactas

Prueba evaluativa Panorámica

Panoramica																					
#Pregunta			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	%
Alumno	Modulo	Leccion																			
1	3	3																			
2	3	3	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	33,333333
3	3	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	33,333333
4	3	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	22,222222
5	3	3	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,111111
6	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	27,777778
7	3	3	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	22,222222
8	3	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	38,888889

Tabla 80: Resultados de la prueba evaluativa con respuestas exactas

Prueba diagnóstica de Profundidad

Profundidad																					
#Pregunta			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	%
Alumno	Modulo	Leccion																			
1	3	3																			
2	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	11,111111
3	3	3	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	33,333333
4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	3	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,555556
6	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,555556
7	3	3	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	22,222222
8	3	3	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	16,666667

Tabla 81: Resultados de la prueba diagnóstica en Profundidad con respuestas exactas

Prueba Evaluativa de Profundidad

Profundidad																					
#Pregunta			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	%
Alumno	Modulo	Leccion																			
1	3	3																			
2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	16,666667
3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	22,222222
4	3	3	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	16,666667
5	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	11,111111
6	3	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,111111
7	3	3	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	22,222222
8	3	3	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	27,777778

Tabla 82: Resultados de la prueba evaluativa en Profundidad con respuestas exactas

Prueba diagnóstica Combinada

Combinadas																					
#Pregunta			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Alumno	Modulo	Leccion																			
1	3	3																			
2	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	11,11111
3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	3	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,55556
6	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,55556
7	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,55556
8	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 83: Resultados de la prueba diagnóstica en Combinada con respuestas exactas

Prueba evaluativa Combinada

Combinadas																					
#Pregunta			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	%
Alumno	Modulo	Leccion																			
1	3	3																			
2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5,55556
3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	11,11111
4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	3	3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,11111
8	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5,55556

Tabla 84: Resultados de la prueba diagnóstica en Combinada con respuestas exactas

Anexo H. Resultados de la prueba evaluativa con respuestas cercanas

Prueba diagnóstica Panorámica

Panoramica																					
#Pregunta			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	%
Alumno	Modulo	Leccion																			
1	3	3																			
2	3	3	0,5	1	0,5	1	0,5	0,5	1	1	0	0,5	0,5	1	1	0	0	0	0	0	50
3	3	3	0,5	0,5	0	0,5	0,5	1	1	0,5	0	1	0	0	1	0,5	1	0,5	0	1	52,77777778
4	3	3	0,5	0,5	0	0,5	0	0	0	0,5	0,5	1	0	0	1	0	0	0	0	1	30,55555556
5	3	3	0	1	0,5	1	0,5	0	1	0	0	0	0	1	0,5	0,5	1	0	0,5	0	41,66666667
6	3	3	0	0	0,5	1	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0	0	25
7	3	3	0,5	0	0,5	1	0	0	0	0,5	0	1	0	0	0	0	0,5	0	0	0	22,22222222
8	3	3	0	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	1	0	1	0,5	0	0	0,5	0	30,55555556

Tabla 85: Resultados de la prueba diagnóstica en Panorámica con respuestas cercana

Prueba evaluativa Panorámica

Panoramica																					
#Pregunta			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	%
Alumno	Modulo	Leccion																			
1	3	3																			
2	3	3	0,5	0	0,5	1	1	0	1	0,5	1	0,5	0	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	0,5	58,33333333
3	3	3	0,5	0	0,5	1	1	0	0	0,5	0	1	0,5	1	0,5	0,5	0	0	1	1	50
4	3	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0,5	1	0,5	0	1	0	0	0	1	0,5	30,55555556
5	3	3	0	0,5	0,5	1	0	0	0,5	1	0,5	0,5	0	0,5	0	0,5	0,5	0	0	0	33,33333333
6	3	3	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0	0	0,5	1	1	0,5	0	1	0	0	0,5	1	0,5	50
7	3	3	0	0	1	0	0	0,5	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0,5	0	0,5	30,55555556
8	3	3	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0,5	0,5	0	52,77777778

Tabla 86: Resultados de la prueba Evaluativa en Panorámica con respuestas cercana

Prueba diagnóstica Profundidad

Profundidad																					
#Pregunta			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	%
Alumno	Modulo	Leccion																			
1	3	3																			
2	3	3	0	0	0	1	0	0,5	0,5	0	0,5	0	0	1	0	0	0,5	0	0	0	22,22222222
3	3	3	1	0,5	0	1	0	1	0	0,5	0,5	0	1	0	0	1	0,5	0	1	0	44,44444444
4	3	3	0,5	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	0	0	0	19,44444444
5	3	3	0,5	1	0	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0,5	0,5	0	0	22,22222222
6	3	3	0	0,5	0	1	0	0	0	0	0,5	0	0,5	0,5	0	0	0,5	0	0	0,5	22,22222222
7	3	3	1	0,5	0	1	0	1	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	1	0	0,5	0	33,33333333
8	3	3	0,5	0,5	0	0	0	1	0,5	0	1	0	0,5	0	0	0	1	0	0	0,5	30,55555556

Tabla 87: Resultados de la prueba diagnóstica en Profundidad con respuestas cercana

Prueba evaluativa Profundidad

Profundidad																					
#Pregunta			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	%
Alumno	Modulo	Leccion																			
1	3	3																			
2	3	3	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0,5	0,5	36,11111111
3	3	3	0	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0	1	0	0,5	0	1	1	0,5	1	0	33,33333333
4	3	3	0,5	0,5	0	1	0	0	0	1	0,5	0	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	38,88888889
5	3	3	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0,5	1	0	0	0,5	0,5	1	0	22,22222222
6	3	3	0,5	1	0,5	0	0	0,5	1	0	0,5	0	0	0,5	0	0	0,5	0,5	0	0	30,55555556
7	3	3	0	0,5	0,5	1	0,5	0	1	0	0	0	0	0,5	0	0,5	0,5	0	0	0	27,77777778
8	3	3	1	0	0	0	0	1	1	0	0,5	0	0,5	0	0	0	1	0	1	0	33,33333333

Tabla 88: Resultados de la prueba evaluativa en Profundidad con respuestas cercana