

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO

ESCOM

Trabajo Terminal

**Química-Augmented Reality Interactive
(Q-AR Interactive)**

2016-A042

Presentan

**Cinthia Paola Barrera Paredes
María Rocío Guerrero Gómez
Ricardo Salvador Téllez Díaz**

Directores

**Dra. Yasmín Ivette Jímenez Galán
M. en C. José David Ortega Pacheco**

Ciudad de México, 24 de Mayo, 2017



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA



No. de TT: 2016-A042

24 de Mayo, 2016

Documento Técnico

”Química-Augmented Reality Interactive” ”Q-AR Interactive”

Presentan

**Cinthia Paola Barrera Paredes
María Rocío Guerrero Gómez
Ricardo Salvador Téllez Díaz**

Directores

Dra. Yasmín Ivette Jímenez Galán

M. en C. José David Ortega Pacheco

Resumen

Q-AR Interactive es una herramienta de apoyo para el proceso de aprendizaje de alumnos New Millennium Learners (NML) de la asignatura de Química III del Nivel Medio Superior del Instituto Politécnico Nacional, implementando nuevas Tecnologías para la Información como la Realidad Aumentada y el Sensor Kinect® desarrollado por Microsoft®.

Palabras clave: Interacción Humano-Computadora, Interfaz Natural de Usuario, Química, Realidad Aumentada

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Contexto de trabajo	1
1.2. Problemática	2
1.3. Trabajo previo	2
1.4. Justificación	4
1.5. Objetivos	5
1.6. Solución propuesta	5
1.7. Organización del trabajo	6
2. Química Orgánica	8
2.1. Definición	8
2.2. Propiedades fundamentales de los compuestos orgánicos	9
2.3. Elementos en Química Orgánica	9
2.4. Características de los compuestos del carbono	9
2.5. Átomo de carbono	10
2.6. Grupo funcional	10
2.6.1. Clasificación en grupos funcionales	10
2.6.2. Nomenclatura	11
2.7. Tipos de funciones	11
2.7.1. Alcanos	12
2.7.2. Alquenos	15
2.7.3. Alquinos	20
3. Realidad Aumentada	23
3.1. Antecedentes	23
3.2. Definición	26
3.3. Entorno educativo	26
4. Interfaz Natural de Usuario	28
4.1. Sensor Kinect	29
4.1.1. Lista de especificaciones [30]	30
4.2. Kinect para Windows [®]	31
5. Análisis de Factibilidad	32
5.1. Factibilidad Técnica	32
5.2. Económica	37

6. Estructura general de la herramienta	42
6.1. Requerimientos funcionales	42
6.2. Requerimientos no funcionales	43
6.3. Reglas de negocio	43
6.4. Descripción de actores	44
6.5. Características de la herramienta	44
6.5.1. C1. Información teórica de hidrocarburos	44
6.5.2. C2. Quiz de hidrocarburos	44
6.5.3. C3. Cadena más larga	44
6.6. Datos de la herramienta	45
6.6.1. Quiz de hidrocarburos	45
6.6.2. Cadena más larga	45
6.7. Máquina de Estados	45
6.8. Definición de GUI	46
6.8.1. P1: Ubicación del usuario	47
6.8.2. P2: Menú principal	48
6.8.3. P3. Visualización del menú de teoría	48
6.8.4. P4. Información del hidrocarburo	49
6.8.5. P5. Menú ejercicios	50
6.8.6. P6. Ejercicio 1: Quiz de hidrocarburos	51
6.8.7. P6.1 Ejercicio 1: Final del quiz	52
6.8.8. P7. Ejercicio 2	54
6.8.9. P8. Menú de configuración	54
6.8.10. P9. Instrucciones	55
6.8.11. P10. Pantalla de inicio	56
6.9. Definición de la INU	56
6.9.1. Gesto Next	56
6.9.2. Gesto Previous	57
6.9.3. Gesto Move	57
6.9.4. Gesto Join	58
6.9.5. Gesto Push	58
6.10. Modelo de casos de uso	59
6.11. Descripción de Casos de uso	61
6.11.1. CU1. Visualizar información teórica de hidrocarburos	61
6.11.2. CU2. Resolver el quiz de hidrocarburos	62
6.11.3. CU3. Encontrar la cadena más larga de un hidocarburo	64
6.12. Diagramas de secuencia	65
6.13. Diagrama de clases	65
6.14. Arquitectura de la herramienta	65
7. Base de datos Q-AR InteractiveBD	67
7.1. Introducción	67
7.2. Modelo Entidad-Relación	67
7.3. Modelo Relacional	67

8. Módulo Ubicación de usuario	69
8.1. Introducción	69
8.2. Análisis y Diseño	70
8.2.1. Requerimientos funcionales	71
8.2.2. Requerimientos no funcionales	71
8.2.3. Diagrama de bloques del prototipo	72
8.3. Implementación	73
8.4. Pruebas	75
9. Módulo de Interacción	77
9.1. Introducción	77
9.2. Análisis y Diseño	77
9.2.1. Requerimientos funcionales	77
9.2.2. Requerimientos no funcionales	78
9.2.3. Diagrama de bloques del prototipo	78
9.3. Implementación	79
9.4. Pruebas	81
10. Módulo de Realidad Aumentada	83
10.1. Introducción	83
10.2. Análisis y Diseño	83
10.2.1. Requerimientos funcionales	83
10.2.2. Requerimientos no funcionales	84
10.2.3. Diagrama de bloques del prototipo	84
10.3. Implementación	86
10.4. Pruebas	89
11. Módulo Quiz de hidrocarburos	91
11.1. Introducción	91
11.2. Solución propuesta	91
11.3. Análisis y Diseño	92
11.3.1. Requerimientos funcionales	92
11.3.2. Requerimientos no funcionales	93
11.4. Implementación	93
11.5. Pruebas	94
12. Módulo Cadena más larga	95
12.1. Introducción	95
12.2. Solución propuesta	95
12.3. Análisis y Diseño	97
12.3.1. Requerimientos funcionales	97
12.3.2. Requerimientos no funcionales	97
12.4. Implementación	97
12.5. Pruebas	97

Índice de figuras

1.1. Solución Propuesta	6
2.1. Estructura de la Química Orgánica [13]	11
2.2. Miembros de la familia de Hidrocarburos [16]	12
2.3. Alcanos con la misma fórmula molecular [16]	12
2.4. Nomenclatura de un Hidrocarburo Ramificado [16]	14
2.5. Alfabetización de los prefijos [16]	14
2.6. Longitud de los enlaces [17]	16
2.7. Enlaces [17]	16
2.8. Enlaces entre los átomos de carbono. [17]	17
2.9. Alquenos [17]	18
2.10. Encontrar la cadena principal [17]	18
2.11. Indicar el número de grupos alquilo [17]	19
2.12. Alquenos con más de dos enlaces dobles [17]	19
2.13. Alquenos con isomería cis-trans [17]	19
2.14. Estructura de Lewis de un alquino [18]	20
2.15. Colapsamiento de los orbitales [18]	20
2.16. Longitud del enlace C-C [18]	20
2.17. Selección de la cadena principal [18]	21
2.18. Doble enlace en la cadena [18]	21
2.19. Dos o más insaturaciones en la cadena [18]	22
2.20. Mayor número de enlaces dobles en la cadena principal [18]	22
3.1. Ejemplo de Realidad Aumentada [20]	23
3.2. The Touring Machine (MARS) [22]	24
3.3. ARToolKit [23]	24
3.4. Mozzies creado Siemens [24]	25
3.5. Human Pacman [25]	25
4.1. Elementos que componen el Sensor Kinect	29
6.1. Máquina de estados del sistema	46
6.2. Cursor	46
6.3. P1. Ubicación del usuario	47
6.4. P2. Menú principal	48
6.5. P3. Menú de Información teórica	49
6.6. P4. Información del hidrocarburo	50
6.7. P5. Menú ejercicios	51

6.8. P6.Quiz	52
6.9. P6.1 Final del quiz	53
6.10. P7.Cadena	54
6.11. P8.Menú de configuración	55
6.12. P9. Instrucciones	55
6.13. P10. Pantalla de inicio	56
6.14. Gesto Next	57
6.15. Gesto Previous	57
6.16. Gesto Move	58
6.17. Gesto Join	58
6.18. Gesto Join	59
6.19. Modelo de casos de uso de la herramienta	60
6.20. Arquitectura de la herramienta	65
7.1. Modelo Entidad-Relación de la herramienta	67
7.2. Modelo relacional de la herramienta	68
8.1. Puntos del Cuerpo reconocidos por Kinect®	69
8.2. Campo de visión horizontal	70
8.3. Campo de visión vertical	70
8.4. Sistema de Coordenadas	71
8.5. Diagrama a bloques de la solución	72
8.6. Moverse hacia adelante	74
8.7. Ejemplo prueba 1	75
8.8. Ejemplo prueba 2	75
8.9. Ejemplo prueba 3	76
8.10. Ejemplo prueba 4	76
9.1. Diagrama a bloques del prototipo	78
9.2. Gesto Next	79
9.3. Gesto Previous	80
9.4. Gesto realizado	80
9.5. Prueba del usuario a una distancia mayor de 270 cm.	81
9.6. Prueba del usuario a una distancia mayor de 60cm	81
9.7. Prueba del usuario a una distancia mayor de 60cm	82
10.1. Diagrama a bloques de la solución	84
10.2. Manos separadas	85
10.3. Movimiento de las manos	85
10.4. Unión de las manos	86
10.5. Manos separadas	87
10.6. Manos juntas	87
10.7. Separación de las manos	88
10.8. Prueba a distancia menor de 130cm	89
10.9. Prueba a distancia mayor de 270 cm.	89
10.10Prueba distancia a la derecha	90
10.11Prueba distancia a la izquierda	90

11.1. Diagrama a bloques del módulo	91
11.2. Guardar datos en la base de datos	94
12.1. Diagrama a bloques de la solución	96

Índice de tablas

1.1. Ramas de la Química	1
1.2. Aplicaciones comerciales similares	2
1.3. Artículos de investigación	3
1.4. Trabajos Terminales similares	4
2.1. Características del Carbono	10
2.2. Puntos de ebullición y fusión	13
2.3. Grupos alquilo corrientes (R-) y fragmentos relacionados	15
5.1. Características del hardware disponible	33
5.2. Características de entornos de desarrollo	34
5.3. Características de sistemas operativos	35
5.4. Características de lenguajes de programación	36
5.5. Características de manejadores de bases de datos	37
5.6. Gastos tecnológicos	38
5.7. Gastos de servicios	39
5.8. Sueldos y tiempos para TT1	39
5.9. Sueldos y tiempos para TT2	40
5.10. Sueldos y tiempos para el Líder de Proyecto	40
5.11. Sueldos y tiempos totales del proyecto	41
6.1. Matriz de Casos de Uso	60
6.2. CU1. Visualizar información teórica de hidrocarburos	61
6.3. CU2. Resolver el quiz de hidrocarburos	62
6.4. CU3. Encontrar la cadena más larga de un hidocarburo	64

Capítulo 1

Introducción

1.1. Contexto de trabajo

La realidad aumentada es un tipo de tecnología relativamente emergente que como su propio nombre lo indica “aumenta” la realidad, es decir, permite combinar el mundo real con elementos del ámbito virtual. Por otro lado, el sensor Kinect ® es un dispositivo, inicialmente pensado como un simple controlador de juego, que gracias a los componentes que lo integran: sensor de profundidad, cámara RGB, micrófono y sensores infrarrojos, es capaz de capturar el esqueleto humano, reconocerlo y posicionarlo en el plano.

Estas dos tecnologías se están incorporando a pasos agigantados a diferentes ámbitos, entre ellos, el educativo. El uso de la Realidad Aumentada y el Sensor Kinect ®, en la educación tiene como objetivo proporcionar herramientas que permitirán a los estudiantes mejorar sus habilidades y competencias, mejorando la motivación del alumnado y contribuyendo al aprendizaje de diversas materias, por ejemplo: Química.

La Química es la ciencia que se ocupa del estudio de la composición, propiedades y transformación de la materia. Dentro de su área de estudio, los químicos trabajan en diversos tipos de problemas que pueden clasificarse como pertenecientes a cada una de las cinco subáreas de la Química, en la Tabla 1.1 se muestra la rama y el campo de estudio de cada una de ellas. [9]

Tabla 1.1: Ramas de la Química

Rama	Campo de Estudio
Química Orgánica	Compuestos que contienen al elemento carbono en su estructura.
Química Inorgánica	Sustancias que en su estructura no contienen carbono.
Química Analítica	Composición de una muestra: cuantitativa y cualitativamente.
Fisicoquímica	Se encarga de la estructura de las sustancias, la rapidez con la que reaccionan y la importancia del calor en los cambios químicos.
Bioquímica	Reacciones químicas de los seres vivos.

Fuente: Elaboración propia

La Química Orgánica es la disciplina científica que estudia la estructura, propiedades, síntesis y reactividad de compuestos químicos formados principalmente por Carbono e Hidrógeno, los cuales pueden contener otros elementos, generalmente en pequeña cantidad como Oxígeno, Azufre, Nitrógeno, Halógenos, Fósforo, Silicio.

1.2. Problemática

Los NML[1] han llegado al nivel medio superior de educación y con ello se presenta la oportunidad de desarrollar herramientas de apoyo al aprendizaje que respondan a sus necesidades de aprendizajes más interactivos. En este nivel educativo los estudiantes deben cursar la asignatura de Química; asignatura que por su naturaleza es considerada como difícil de entender por la gran cantidad de información y por la necesidad de comprender las estructuras que intervienen en la formación de compuestos. Dichas dificultades podrían ser resueltas con el apoyo de las nuevas tecnologías de la información.

Es importante enfatizar que la Química es indispensable en la formación académica no sólo de los estudiantes que pretenden cursar una carrera en el área de químico biológicas; sino que además los conocimientos de Química sirven para la comprensión de los fenómenos diarios y es la base para cursar carreras de otras áreas.

1.3. Trabajo previo

Con el fin de conocer acerca de las contribuciones de las Tecnologías de la Información hacia la unidad de aprendizaje Química se realizó un análisis en diversas fuentes como artículos, aplicaciones comerciales y trabajos terminales. En la Tabla 1.2 se analizan las características de las aplicaciones comerciales similares.

Tabla 1.2: Aplicaciones comerciales similares

Software	Resumen	Características
“Química”[2]	Esta aplicación permite resolver reacciones químicas y ecuaciones con 1 y 2 incógnitas. Calcula masas molares y porcentajes de los elementos en el compuesto.	Permite crear nuevos compuestos y reacciones químicas. Permite resolver ecuaciones químicas. Disponible sólo para iOS. Maneja gráficos sólo en 2D. No especifica costo.
“Química Formula Compuestos”[3]	Es una aplicación móvil que contiene más de 3000 ejercicios diferentes para practicar reacciones químicas además de que permite la visualización de estos.	Permite ver los compuestos que sean resueltos en 3D para tener un mejor entendimiento de que es lo que se está haciendo. Sólo muestra los compuestos almacenados. No permite crear nuevos. No especifica costo.

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 1.2 se muestran las características de “Química” y “Química—Formula Compuestos”, dos aplicaciones para dispositivos móviles que permiten resolver ecuaciones químicas en el caso de Química que es de iOS permite crear nuevos compuestos y reacciones químicas pero esta utiliza gráficos en 2D lo que provoca que la forma de interpretarlos sea más abstracta y Química—Formula Compuestos es una aplicación para Android ésta permite visualizar gráficos en 3D pero sólo los disponibles.

En la Tabla 1.3 se analizan artículos publicados sobre proyectos e investigaciones similares.

Tabla 1.3: Artículos de investigación

Título	Fuente	Resumen	Características
Aprendizaje constructivo de la Química en el nivel medio superior a través de WEBQUEST [4]	Webquest, Boletín científico Preparatoria 4, Volumen 1 No. 2. Julio 2013	Es una aplicación que emplea vínculos con recursos esenciales de la red con el fin de motivar a los estudiantes a investigar en torno a una pregunta abierta relacionada con el tema: “Alcoholes”, para desarrollar el interés individual y participación del grupo.	Relaciona los compuestos estudiados con sustancias de uso común. Da a conocer los usos y aplicaciones que tienen. Evalúa el impacto de la ciencia en la vida cotidiana. Desarrolla el pensamiento analítico, crítico y reflexivo de los estudiantes. Sólo se visualiza material teórico. No muestra gráficos o representaciones 3D de compuestos.
Augmented Chemical Reactions: An Augmented Reality Tool to support Chemistry Teaching [5]	Experiment@ International Conference (exp.at'13), 2013 2nd	Es un instrumento de apoyo a la enseñanza de la Química la cual muestra la estructura espacial en 3D de moléculas así como la dinámica de los átomos entre las moléculas.	Permite la visualización de estructuras químicas en 3D y tiene una interfaz de usuario de manipulación directa para controlar la posición y la orientación de éstas. Se visualizan sólo estructuras químicas almacenadas. No permite la creación de nuevas estructuras químicas.
The Table Mystery: An augmented Reality Collaborative Game for Chemistry Education [6]	Volume 8101 of the series Lecture Notes in Computer Science	Es un juego educativo que pretende entretener a los jugadores mientras éstos aprenden ya que utiliza realidad aumentada para mostrar las características principales de los elementos de la tabla periódica.	Realiza evaluaciones y dependiendo de la validez que éstas tengan les permite avanzar de nivel. Utiliza Gráficos en 3D para una mejor visualización de elementos. Sólo se puede visualizar en contenido almacenado. No permite la creación de compuestos químicos.

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 1.3 se observa que los artículos “Augmented Chemical Reactions: An Augmented Reality Tool to support Chemistry Teaching” y “The table Mystery: An Augmented Reality Collaborative Game for Chemistry Education” hacen referencia a las Tecnologías de la Información que se ocuparon para que de manera gráfica se apoye a la enseñanza y la comprensión de la Química y en el artículo “Aprendizaje constructivo de la Química en el nivel medio superior

a través de WEBQUEST” trata de hacer a los alumnos partícipes de las fuentes y recursos que ellos usan para aprender.

En la Tabla 1.4 se analizan las características de los Trabajos Terminales realizados previamente.

Tabla 1.4: Trabajos Terminales similares

Título	Resumen	Características
Trabajo Terminal 2009-0020 “Editor Gráfico de Fórmulas Químicas Orgánicas” [7]	Su objetivo es facilitar la comprensión de la estructura que tienen las fórmulas orgánicas y su visualización ya que tiene una nomenclatura apegada a las reglas de la IUPAC.	Permite crear y evaluar la correcta creación de compuestos orgánicos. Cumple la nomenclatura IUPAC. Se basa en el plan de estudios Química en el CECYT 3. Sus gráficos son en 2D. Carece de interfaz intuitiva.
Trabajo Terminal 2005-0954 “Herramienta de enseñanza/aplicación de la química básica” [8]	Se basa en la aplicación de principios y técnicas de desarrollo de material educativo que promueva el aprendizaje haciendo uso de gráficos tridimensionales para una mejor comprensión de los temas impartidos en la asignatura de Química I en las escuelas de Nivel Medio-Superior del IPN.	Muestra de forma gráfica la tabla periódica con las propiedades principales de los elementos químicos. Permite crear modelos atómicos y gráficos en 3D. Solo muestra modelos guardados y no es capaz de crear nuevos.

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 1.4 se observa que el Trabajo Terminal “Editor Gráfico de Fórmulas Químicas Orgánicas” es una herramienta que permite verificar la correcta creación de compuestos orgánicos apegada a las reglas de la IUPAC pero la interfaz que maneja no es intuitiva y el segundo trabajo “Herramienta de enseñanza/aplicación de la Química básica” no permite crear nuevos modelos sólo se trabaja de manera gráfica con los existentes.

1.4. Justificación

Estudios recientes mencionan que la educación dentro de la apertura económica tiene un papel importante en la generación de conocimiento para el crecimiento de la productividad laboral que impacta al desarrollo de los países. En México se ha abordado este tema en la Relatoría General del Foro de Consulta Nacional para la Revisión del Modelo Educativo - Educación Media Superior (SEMS, 2014), donde se concluyó que debían superarse las principales deficiencias que la EMS presenta, una de ellas es el predominio de métodos educativos tradicionales, poco flexibles que promueven la memorización en lugar del pensamiento crítico; y la lectura como reemplazo de la actividad experimental.

Se sabe que el proceso aprendizaje de la Química es muy complejo, en el que es fundamental la motivación del alumno, sin embargo, los problemas mencionados anteriormente provocan

que los alumnos no brinden la suficiente atención o les parezca poco interesante una clase, en consecuencia, no se aprovecha el proceso de aprendizaje. Además como se puede observar en nuestra investigación preliminar, no existen muchos trabajos que aborden este problema por lo que el contar con una herramienta que sirva de apoyo en el proceso de aprendizaje de la asignatura de Química puede resultar útil a alumnos del Nivel Medio Superior.

El presente trabajo pretende contribuir a elevar el interés de los alumnos en la asignatura de Química III a través del desarrollo de una herramienta que implique la utilización de tecnologías de la información para el aprendizaje.

Es importante mencionar que esta herramienta de apoyo al aprendizaje de la asignatura Química III haciendo uso del sensor Kinect® presentará una interfaz natural de usuario, contendrá dos tipos de dinámicas con las cuales se espera que el usuario refuerce su aprendizaje. Estas dinámicas estarán relacionadas con el tema de los Hidrocarburos los cuales son un grupo funcional que pertenece a la rama de la **Química Orgánica**.

1.5. Objetivos

Objetivo General

Desarrollar una herramienta de apoyo al aprendizaje del tema Hidrocarburos de la asignatura Química III para los estudiantes del nivel medio superior del Instituto Politécnico Nacional, mediante la creación de una interfaz natural de usuario.

Objetivos Específicos

- Detectar y posicionar al usuario en una ubicación para manipular la herramienta.
- Definir y detectar los gestos necesarios para que el usuario pueda manipular la herramienta.
- Implementar la Realidad Aumentada en la Interfaz Natural de Usuario.

1.6. Solución propuesta

Para solucionar la problemática antes mencionada, proponemos el desarrollo de una herramienta de apoyo para el aprendizaje de la asignatura Química III del plan de estudios del nivel educativo Medio Superior del Instituto Politécnico Nacional, mediante la creación de una interfaz natural de usuario utilizando el sensor Kinect® e implementando la Realidad Aumentada con el fin de que la representación de los elementos gráficos sea interactiva para el estudiante.

La solución inicial propuesta de la herramienta a desarrollar se muestra en la Figura: 1.1

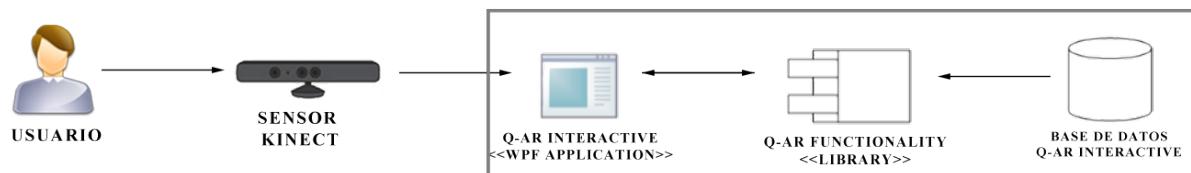


Figura 1.1: Solución Propuesta

A continuación se describen de manera general las partes que contiene la herramienta:

- **Q-AR Interactive «WPF APPLICATION»**
Será la interfaz con la que el usuario interactuará para usar la herramienta.
- **Q-AR FUNCTIONALITY**
Ésta parte será la encargada de realizar la lógica necesaria para interpretar los gestos realizados por el usuario y dependiendo de ellos será la respuesta de la herramienta.
- **Base de datos QARINTERACTIVE**
La base de datos de la herramienta contendrá información de los hidrocarburos, la cuál se extraerá y se utilizará para las dinámicas.

1.7. Organización del trabajo

El presente documento está conformado por 9 capítulos, los cuales se mencionan a continuación:

Capítulo I: Introducción

En éste capítulo se expone el contexto del trabajo, la problemática identificada, así como los trabajos previos relacionados con el presente Trabajo Terminal, los cuales involucran otros trabajos terminales, tesis, artículos de investigación y sistemas comerciales. Además, se indica de manera general la solución propuesta para el problema planteado, los objetivos y la justificación de la herramienta a desarrollar.

Capítulo II: Química Orgánica

El capítulo presenta los conceptos y definiciones básicas de la Química Orgánica, contiene información de los elementos que la conforman y tipos de grupos funcionales, especialmente información sobre los hidrocarburos, que es el tema central a tratar.

Capítulo III: Realidad Aumentada

En éste apartado se presenta información referente a la Realidad Aumentada, sus antecedentes y definición, además de enfocarse en su uso en el ámbito de la educación.

Capítulo IV: Interfaz Natural de Usuario

En el capítulo se presenta una introducción acerca de la Interfaz Natural de Usuario, centrándonos en una pequeña descripción del Sensor Kinect® y de la plataforma de desarrollo para Windows®.

Capítulo V: Análisis de Factibilidad

Éste capítulo se determina qué tipo de infraestructura tecnológica se necesita para la creación de ésta herramienta, además de la capacidad técnica que implica la implementación de la herramienta, así como los recursos económicos con los que se cuenta para la realización de la herramienta.

Capítulo VI: Estructura General de la Herramienta

Se indica de manera general cuáles son los requerimientos funcionales y no funcionales que la herramienta deberá satisfacer, así como las reglas del negocio identificadas según los procesos que serán llevados a cabo al momento de usar la herramienta; se describen los actores del sistema, así como sus funciones principales. .

Capítulo VIII: Módulo Ubicación del Usuario

Éste capítulo contempla el análisis y diseño para el módulo de “Ubicación del Usuario”, el cuál será el encargado de realizar las funciones pertinentes para identificar al usuario por medio de la cámara del Sensor Kinect® y brindarle las indicaciones necesarias para ubicarlo en una posición donde pueda realizar un mejor uso de la herramienta. En ésta sección se presentan los requerimientos funcionales, requerimientos no funcionales, un diagrama a bloques de la solución del prototipo correspondiente a este módulo, implementación y las pruebas que corroboran su funcionamiento.

Capítulo VII: Módulo Interacción

Éste capítulo contempla el análisis y diseño para el módulo “Interacción”, el cuál será el encargado de realizar las funciones necesarias para que el usuario pueda interactuar con la herramienta. En dicha sección se presentan los requerimientos funcionales, requerimientos no funcionales, un diagrama de bloques del prototipo correspondiente a este módulo, implementación y las pruebas que corroboran su funcionamiento.

Capítulo IX: Módulo de Realidad Aumentada

El presente capítulo contiene el análisis y diseño para el módulo de “Realidad Aumentada”, el cuál es el encargado de realizar las funciones para implementar la Realidad Aumentada en la herramienta a desarrollar. Éste módulo contiene información referente a los requerimientos funcionales, requerimientos no funcionales, así como un diagrama a bloques correspondiente al prototipo creado para éste módulo, implementación y las pruebas que se realizaron para probar el funcionamiento.

Capítulo X: Base de Datos Q-AR Interactive

Éste capítulo contiene la información referente al componente que contiene los prefijos utilizados para la formación de los compuestos químicos. En ésta sección se presenta el Modelo Entidad-Relación y el Modelo Relacional.

Capítulo 2

Química Orgánica

A lo largo de los siglos, el hombre se ha familiarizado con diversas sustancias creadas en los procesos naturales de los organismos vivientes. Algunos compuestos naturales, como el alcohol y el ácido acético, se obtuvieron ya hace mucho tiempo, en un grado de pureza razonable. Durante los siglos XVIII y XIX, cuando los científicos comenzaron a dar una ordenación racional al conocimiento químico empírico, se tomó la decisión de clasificar los productos procedentes de organismos vivos como compuestos orgánicos[10]. Los primeros científicos observaron algunas diferencias cualitativas entre los compuestos orgánicos y los inorgánicos. Todos los compuestos orgánicos parecían contener Carbono, Hidrógeno y muy pocos elementos más, con la excepción del Oxígeno y el Nitrógeno. En cambio los compuestos inorgánicos estaban formados por una gran variedad de elementos, la mayor parte de los compuestos inorgánicos eran sólidos cristalinos, bastante estables cuando se les calentaba, mientras que muchos de los orgánicos resultaban difíciles de cristalizar y se alteraban o destruían fácilmente por calefacción.[10]

Todas las diferencias entre la Química orgánica e inorgánica indujeron a los químicos del XVIII y principios del XIX a suponer que existía una separación fundamental entre las sustancias, ya que mayor parte de éstas últimas se habían logrado sintetizar ya a partir de sus elementos constituyentes o de otros compuestos. Se opinaba que la síntesis de los compuestos orgánicos sólo podía tener lugar en organismos vivientes que poseyese una fuerza vital, necesaria para llevar a cabo esta síntesis.[10]

2.1. Definición

La Química Orgánica se define por ser una disciplina científica que estudia la estructura, propiedades, síntesis y reactividad de compuestos químicos formados principalmente por Carbono e Hidrógeno, los cuales pueden contener otros elementos, generalmente en pequeña cantidad como Oxígeno, Azufre, Nitrógeno, Halógenos, Fósforo, Silicio.[11]

Los compuestos orgánicos presentan una enorme variedad de propiedades y aplicaciones y son la base de numerosos compuestos básicos en nuestras vidas, entre los que podemos citar: plásticos, detergentes, pinturas, explosivos, industria farmacéutica, colorantes, insecticidas entre otros.

2.2. Propiedades fundamentales de los compuestos orgánicos

Las principales propiedades de los compuestos orgánicos son:

- Forman parte de los seres vivos o de las sustancias relacionadas con ellos, contienen CHONPS (Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno, Fósforo y Azúfre).
- Sus enlaces intramoleculares son covalentes y los intermoleculares puentes de hidrógeno o fuerzas de Van der Waals.
- La mayoría son insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos.
- La mayoría se desnaturalizan debido a altas temperaturas y arden con facilidad.
- Sus reacciones suelen ser lentas al tener que romper enlaces muy estables.
- En sus reacciones pueden producirse reacciones secundarias y rendimientos variables.
- Las encimas pueden catalizar sus reacciones.

2.3. Elementos en Química Orgánica

Los compuestos orgánicos tienen como elemento fundamental el Carbono, el cual es un elemento tetravalente (que forma cuatro enlaces covalentes) que puede formar cadenas de longitud y ramificación variable. Estas cadenas, además suelen contener Hidrógeno.

De aquí que los compuestos orgánicos estén formados por cadenas hidrocarbonadas (de Carbono e Hidrógeno). Además de estos átomos los compuestos orgánicos pueden contener otros átomos, denominados heteroátomos, siendo los más frecuentes: Oxígeno, Nitrógeno, Halógenos, Azufre y Fósforo, aunque pueden contener otros elementos. [11]

2.4. Características de los compuestos del carbono

A continuación se enunciarán las características principales de los compuestos orgánicos:

- **Composición:** Estos son principalmente formados por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno.
- **Enlace:** Predomina el enlace covalente.
- **Solubilidad:** Soluble en solventes no polares como el benceno.
- **Conductividad eléctrica:** No son conductores cuando están disueltos.
- **Puntos de fusión y ebullición:** Presentan bajos puntos de fusión o ebullición.
- **Estabilidad:** Poco estables, se descomponen fácilmente.
- **Velocidad de reacción:** Son reacciones lentas.
- **Isomería:** Es un fenómeno común en estos compuestos.

2.5. Átomo de carbono

Como se mencionó anteriormente se conoce al átomo de Carbono como la base estructural de los compuestos orgánicos, es conveniente señalar algunas de sus características como se muestra en la Tabla 2.1 donde se pueden observar datos como número atómico, configuración electrónica, propiedades físicas entre otros. [12]

Tabla 2.1: Características del Carbono

Número Atómico	6
Configuración Electrónica	$1s^2, 2s^2, 2p^2$
Nivel de Energía más Externo (Periodo)	2
Electrones de Valencia	4
Masa Atómica Promedio	12.01 g/mol
Propiedades Físicas	Es un sólido inoloro, insípido y soluble en agua

Recuperado de *La química del carbono* [12]

El átomo de Carbono forma como máximo cuatro enlaces covalentes compartiendo electrones con otros átomos. Dos Carbonos pueden compartir dos, cuatro o seis electrones.

2.6. Grupo funcional

Un grupo funcional es un conjunto de átomos, enlazados de una determinada forma, que presentan una estructura y propiedades físico-químicas determinadas que caracterizan a los compuestos orgánicos que lo contienen.[14]

2.6.1. Clasificación en grupos funcionales

Los grupos funcionales se pueden clasificar por el tipo de elementos que los constituyen en:

- Hidrocarburos: Carbono e Hidrógeno
- Halógenos: Carbono, Hidrógeno, Fluor, Cloro, Yodo y Bromo
- Oxigenados: Carbono, Hidrógeno y Oxígeno
- Hidrogenados: Carbono, Hidrógeno y Nitrógeno.

2.6.2. Nomenclatura

Es el conjunto de reglas que permiten asignar, unívocamente, un nombre a cada compuesto químico y existen dos tipos: sistemática y tradicional. [15]

- **Nomenclatura sistemática:** Es la que se ajusta a un sistema prefijado. Se deben seguir los convenios establecidos por la I.U.P.A.C (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada).
- **Nomenclatura tradicional:** Arraigada en el lenguaje químico convencional, aunque no sigue normas prefijadas muchos de estos nombres tradicionales están aceptados por la IUPAC.

2.7. Tipos de funciones

Se tienen dos clasificaciones de Hidrocarburos en la química orgánica: sustituidos y los no sustituidos, a su vez estos tienen más clasificaciones como se muestra en la Figura 2.1, el presente Trabajo Terminal se centrará en dinámicas que refuercen el aprendizaje de los Alcanos, Alquenos y Alquinos (Hidrocarburos) de los que se hablará más adelante.



Figura 2.1: Estructura de la Química Orgánica [13]

2.7.1. Alcanos

Los alkanos son compuestos con fórmula molecular C_nH_{2n+2} . El hidrocarburo más simple es el metano CH_4 ($n = 1$).[16] Los cuatro primeros miembros de la familia de hidrocarburos lineales son los que se muestran en la Figura 2.2:

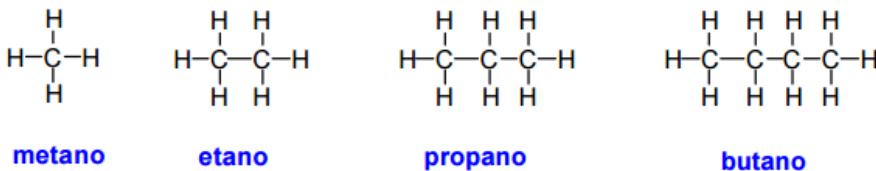


Figura 2.2: Miembros de la familia de Hidrocarburos [16]

Existe un único hidrocarburo con la fórmula CH_4 , uno sólo con la fórmula molecular C_2H_6 (el etano), uno sólo con la fórmula molecular C_3H_8 (el propano), pero sin embargo existen dos alkanos con la fórmula molecular C_4H_{10} : el butano y el 2-metilpropano en la Figura 2.3 se muestra la fórmula desarrollada de ambos:

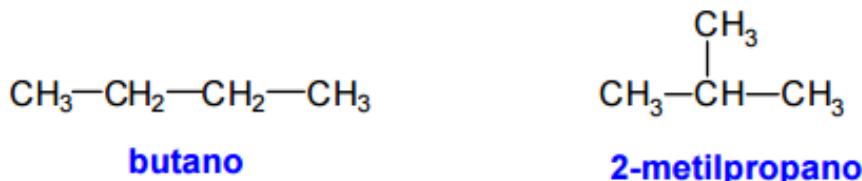


Figura 2.3: Alcanos con la misma fórmula molecular [16]

Dos compuestos químicos diferentes con la misma fórmula molecular se denominan isómeros. El número de alkanos isoméricos aumenta al aumentar número de átomos de Carbono. En la Tabla 2.2 se indican los puntos de fusión y de ebullición, así como el número de isómeros de algunos alkanos de cadena lineal.[16]

Tabla 2.2: Puntos de ebullición y fusión

Carbonos	Fórmula	Nombre	Isómeros	p.eb. °C	p.f °C
1	CH_4	metano	1	-162	-183
2	C_2H_6	etano	1	-89	-172
3	C_3H_8	propano	1	-42	-187
4	C_4H_{10}	butano	2	0	-138
5	C_5H_{12}	pentano	3	36	-130
6	C_6H_{14}	hexano	5	69	-95
7	C_7H_{16}	heptano	9	98	-91
8	C_8H_{18}	octano	18	126	-57
9	C_9H_{20}	nonano	35	151	-54
10	$C_{10}H_{22}$	decano	75	174	-30
11	$C_{11}H_{24}$	undecano		196	-26
12	$C_{12}H_{26}$	dodecano		216	-10
20	$C_{20}H_{42}$	eicosano	366319	334	+36
30	$C_{30}H_{62}$	tricontano	$4,11 \times 10^9$	446	+66

Recuperado de *Química Orgánica* [16]

Nomenclatura de los Alcanos

Si todos los hidrocarburos saturados fueran alkanos normales (lineales) se podrían nombrar fácilmente por cualquier método que reflejara el número de carbonos de cada uno de ellos. Sin embargo, los alkanos con más de tres átomos de carbono pueden existir como isómeros estructurales.[16]

El criterio básico para nombrar una estructura es elegir el nombre fundamental. Para la nomenclatura de los alkanos ramificados hay que seguir las siguientes reglas:

- 1. Identificar la cadena principal (cadena más larga). A ella le corresponderá el nombre del hidrocarburo principal. El nombre se forma a partir de una raíz de origen griego que indica el número de átomos de Carbono de la cadena. Por ejemplo, una secuencia de cinco átomos se nombra utilizando el prefijo *pent-*, mientras que una de diez átomos se nombra mediante el prefijo *dec-*. Para completar el nombre fundamental de un alcano se añade a la raíz la terminación *-ano*.
- 2. Numerar los átomos de la cadena principal de tal modo que los localizadores de las cadenas laterales tengan los números más bajos posibles. El compuesto será un alquilalcano. Para nombrar a las cadenas laterales se cambia la terminación *-ano*, que le correspondería al hidrocarburo, por la terminación *-ilo*. Por ejemplo, un grupo CH_3- unido a la cadena principal se le denomina *metilo*, un grupo CH_3CH_2- se denomina *etilo* y así sucesivamente. En la Figura 2.4 se indica la numeración de la cadena principal y la nomenclatura de un hidrocarburo ramificado.

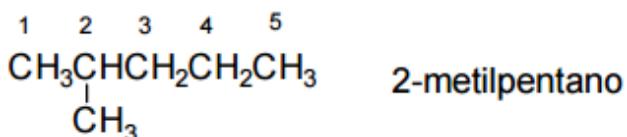


Figura 2.4: Nomenclatura de un Hidrocarburo Ramificado [16]

- 3. Si hay dos o más clases distintas de grupos alquilo sus nombres se sitúan, generalmente, por orden alfabético sin tener en cuenta los prefijos separados por un guión (*t*-, *sec*-) o los indicadores del número de grupos (*di*-, *tri*-, *tetra*-), que no se alfabetizan. Los prefijos *iso* y *neo* (que no se separan con guión) se alfabetizan. Por ejemplo como se muestra en la Figura 2.5:

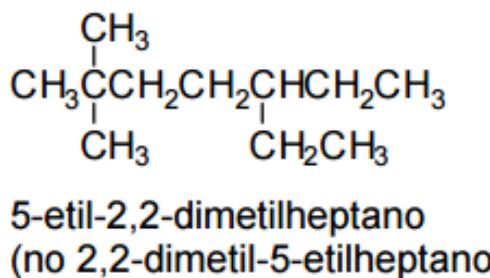


Figura 2.5: Alfabetización de los prefijos [16]

En la Tabla 2.3 se dan los nombres no sistemáticos de algunos sustituyentes alquilo:

Tabla 2.3: Grupos alquilo corrientes (R-) y fragmentos relacionados

Grupo	Nombre	Abreviación
CH_3-	Metilo	Me
CH_3-CH_2-	Etilo	Et
$CH_3-CH_2-CH_2-$	n-propilo	n-Pr
$\begin{array}{c} CH_3CH- \\ \\ CH_3 \end{array}$	Isopropilo	i-Pr
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-$	n-butilo	3 n-Bu
$\begin{array}{c} CH_3CHCH_2- \\ \\ CH_3 \end{array}$	Isobutilo	
$\begin{array}{c} CH_3CHCH- \\ \\ CH_3 \end{array}$	sec-butilo	
$\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ CH_3C- \\ \\ CH_3 \end{array}$	t-butilo (o ter-butilo)	t-Bu
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-$	n-pentilo (o n-amilo)	n-Am
$\begin{array}{c} CH_3CHCH_2CH_2- \\ \\ CH_3 \end{array}$	isopentilo(isoamilo)	i-Am
$-CH_2-$	Metileno	
$\begin{array}{c} \\ -C-H \\ \end{array}$	Metino	

Recuperado de *Química Orgánica* [16]

2.7.2. Alquenos

Los alquenos son hidrocarburos con enlaces dobles *Carbono-Carbono*. Se les denomina también **olefinas**. El alqueno más simple es el etileno cuya fórmula molecular es C_2H_4 . El doble enlace se representa, en una estructura de Lewis, mediante dos pares de electrones entre los átomos de Carbono. La longitud del enlace $C=C$ en el etileno es de 1.33 Å, mucho más corto que el enlace simple $C-C$ del etano que es de 1.54 Å. La longitud del enlace $C-H$ en el etileno es de 1.08 Å, ligeramente menor que el enlace $C-H$ en el etano que es de 1.09 Å. Los ángulos de enlace de $C-CH$ y $H-C-H$ son de 121,7° y 116,6° respectivamente en la Figura 2.6 se muestra la longitud de los enlaces.[17]

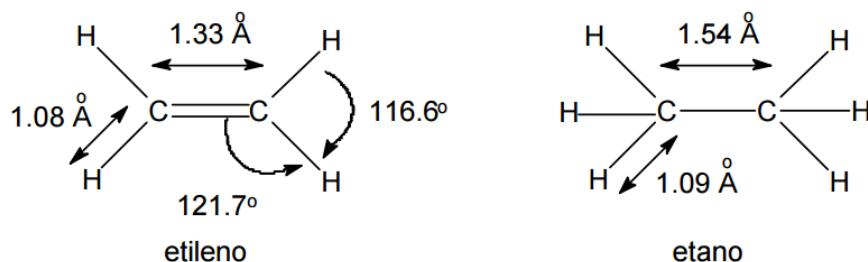


Figura 2.6: Longitud de los enlaces [17]

Estas distancias y ángulos de enlace se pueden explicar admitiendo que los dos átomos de carbono que forman el doble enlace presentan una hidridación sp^2 y que el doble enlace está constituido por un enlace σ y un enlace π donde el enlace σ se forma por solapamiento de los orbitales sp^2 de cada átomo de carbono. Cada uno de los enlaces C-H se forma por solapamiento de un orbital híbrido sp^2 del carbono con el orbital $1s$ del hidrógeno, en la siguiente Figura 2.7 se puede mostrar el enlace.[17]

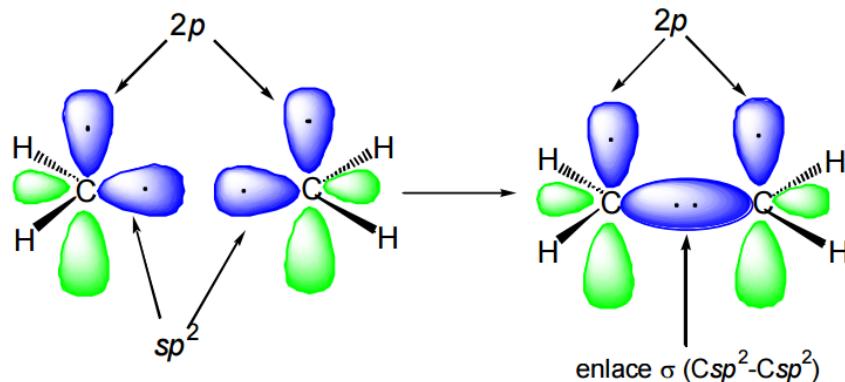


Figura 2.7: Enlaces [17]

Enlace π

En la región de enlace *Carbono-Carbono* deben entrar dos electrones más. Cada átomo de Carbono contiene todavía un orbital $2p$ no hibridizado. El orbital $2p$ consta de dos lóbulos y a cada uno se le da un signo que representa el signo algebraico de la función de onda en las diferentes regiones. Los signos de la función de onda no representan cargas. Indican que la función de onda de un orbital $2p$ tiene valor cero en el átomo de Carbono. A esto se le denomina un nodo. Los nodos son puntos que marcan un cambio de signo de la función de onda.[17]

Para que los dos orbitales *p* se recubran eficazmente, deben estar orientados paralelamente entre sí y perpendicularmente a la estructura del enlace σ , y además el signo de la función de onda tiene que coincidir. Para que esto ocurra, la estructura de los enlaces σ tiene que ser coplanar y los seis núcleos atómicos implicados en el doble enlace tienen que estar en el mismo plano. Si esto ocurre, los dos orbitales paralelos *p* están lo suficientemente cerca para solaparse en posición lateral y se pueden combinar de dos maneras:

- a) Cuando se recubren los lóbulos del mismo signo se forma un orbital molecular enlazante π .
- b) Si los signos de la función de onda no coinciden se genera un orbital molecular antienlazante π^* .

En el estado fundamental de un alqueno, los dos electrones que forman el enlace π entre los átomos de carbono están en el orbital molecular enlazante π como se puede ver en la Figura 2.8.

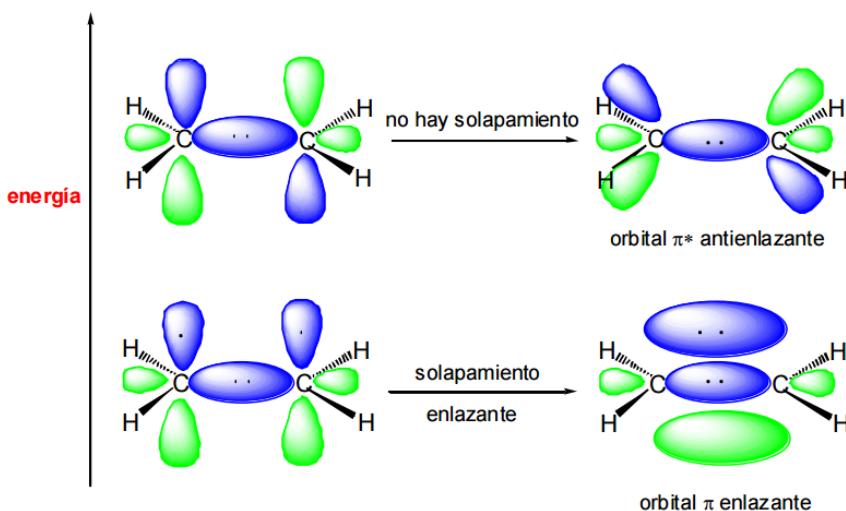


Figura 2.8: Enlaces entre los átomos de carbono. [17]

El solapamiento de los orbitales *p* es menos eficaz que el solapamiento frontal por el que se forman los orbitales σ . Por consiguiente un enlace π es más débil que un enlace σ .

La longitud del enlace *C-H* es menor en el etileno que en el etano por dos razones:

- **Primera:** El enlace σ del etileno está formado por el solapamiento de dos orbitales sp^2 del Carbono (33.3 % de carácter s), mientras que el enlace σ en el etano está formado por el solapamiento de dos orbitales sp^3 (25 % de carácter s).
- **Segunda:** El solapamiento de los orbitales *p* que forman el enlace π aproxima a los dos átomos de Carbono.

Isomería cis-trans

La energía de disociación del doble enlace $C=C$ es aproximadamente de 146 kcal/mol y la energía de disociación de un enlace simple $C-C$ es de 83 kcal/mol . Por tanto, la energía de disociación del enlace π debe ser de 63 kcal/mol . Los extremos de la molécula de etileno no pueden torcerse entre sí, porque para ello se debería romper el enlace π . A diferencia de lo que ocurre en los enlaces simples, en los enlaces dobles $C=C$ no hay libre rotación. Este es el origen de la **isomería cis-trans**.[17] Por ejemplo, hay dos alquenos que responden al nombre de *2-buteno*: el **cis-2-buteno** y el **trans-2-buteno** en la Figura 2.9 se pueden visualizar:



Figura 2.9: Alquenos [17]

Nomenclatura de los Alquenos

Para los alquenos más sencillos se emplean casi siempre los nombres vulgares *etileno*, *propileno* e *isobutileno*.[17] Para nombrar sistemáticamente a los alquenos hay que seguir una serie de reglas que se indican a continuación.

- 1. Seleccionar la cadena principal de carbono más larga que contenga el doble enlace (o el mayor número de dobles enlaces). El nombre fundamental del alqueno se generará cambiando la terminación *-ano*, correspondiente al alcano con el mismo número de carbonos, por la terminación *-eno* (propeno, buteno, octeno, ciclohexeno, etc).
- 2. Numerar la cadena principal como se muestra en la Figura 2.10 empezando por el extremo más próximo al doble enlace, e indicar la posición del doble enlace por el número que corresponda al primer carbono del mismo (1-penteno, 2-penteno, etc).



Figura 2.10: Encontrar la cadena principal [17]

- 3. Indicar el número de grupos alquilo y su posición de unión a la cadena principal como se muestra en la Figura 2.11.

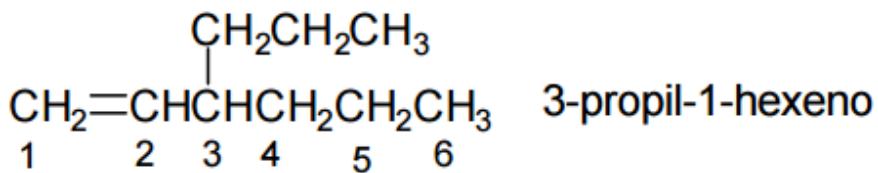


Figura 2.11: Indicar el número de grupos alquilo [17]

- 4. Si el compuesto tiene dos enlaces dobles será un dieno. Un trieno contiene tres enlaces dobles, un tetraeno cuatro, etc. En alquenos que contienen más de un doble enlace la cadena principal es la que contiene el mayor número de enlaces dobles. La numeración de la cadena se efectúa como se muestra en la Figura 2.12 de manera que a los enlaces dobles se les asigne los localizadores mas bajos posibles.

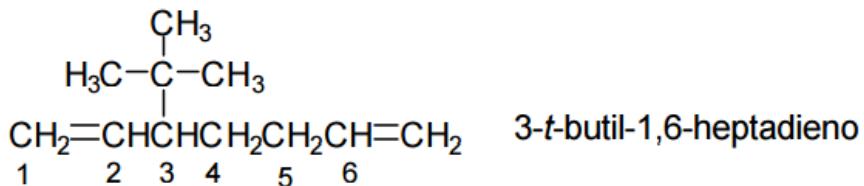


Figura 2.12: Alquenos con más de dos enlaces dobles [17]

- 5. Para alquenos con isomería *cis-trans*. Hay que determinar cuál de los dos grupos unidos a cada átomo de carbono del doble enlace tiene prioridad según la convención de Cahn-Ingold-Prelog. A la configuración en la que los dos grupos de mayor prioridad están del mismo lado del plano de referencia se le asigna el símbolo **Z** (del alemán *zusammen*). A la configuración en la que los dos grupos están en lados opuestos del plano de referencia se le denomina **E** (del alemán *entgegen*). En la Figura 2.13 se mostrarán algunos ejemplos.

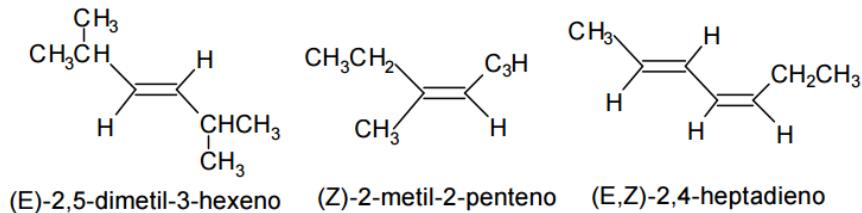


Figura 2.13: Alquenos con isomería *cis-trans* [17]

2.7.3. Alquinos

Los alquinos son hidrocarburos que contienen un triple enlace $C-C$. Se les denomina también hidrocarburos acetilénicos porque derivan del alquino más simple que se llama **acetileno**. La estructura de Lewis del acetileno de la Figura 2.14 muestra tres pares de electrones en la región entre los núcleos de carbono.[18]

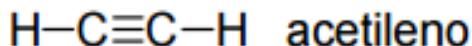


Figura 2.14: Estructura de Lewis de un alquino [18]

El acetileno tiene una estructura lineal que se explica admitiendo una hidridación sp en cada uno de los átomos de carbono. El solapamiento de dos orbitales sp entre sí genera el enlace $\sigma C-C$. Por otra parte, el solapamiento del orbital sp con el orbital $1s$ del hidrógeno forma el enlace $\sigma C-H$. Los dos enlaces π se originan por solapamiento de los dos orbitales p que quedan en cada uno de los dos átomos de carbono. El solapamiento de estos orbitales forma un cilindro de densidad electrónica que circunda al enlace $\sigma C-C$ como se muestra en la Figura 2.15.[18]

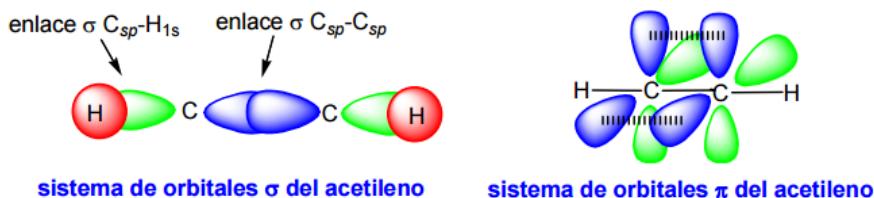


Figura 2.15: Colapsamiento de los orbitales [18]

La longitud del enlace se muestra en la Figura 2.16 $C-C$ donde en el acetileno es de 1.20 \AA y cada uno de los enlaces $C-H$ tiene una distancia de 1.06 \AA . Los dos enlaces, tanto el $C-C$ como el $C-H$, son más cortos que los enlaces correspondientes en el etano y en el etileno.[18]

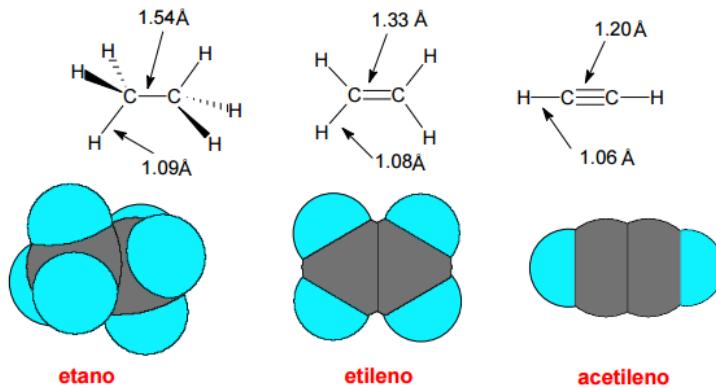


Figura 2.16: Longitud del enlace $C-C$ [18]

El triple enlace es relativamente corto debido al solapamiento de los tres pares de electrones y al elevado carácter s de los orbitales hidridos sp (50 % de carácter s), lo que aproxima más a los átomos de carbono que forman el enlace σ del acetileno.

Nomenclatura de los Alquinos

Para la nomenclatura sistemática de los alquinos hay que seguir las siguientes reglas:

- 1. Se elige como cadena principal la cadena más larga que contenga el mayor número de enlaces triples. El nombre fundamental del alquino se obtiene cambiando la terminación *-ano*, correspondiente al alcano con el mismo número de átomos de carbono, por la terminación *-ino*. La cadena se numera desde el extremo más cercano al triple enlace y la posición del triple enlace se indica mediante el localizador más bajo posible como se muestra en la Figura 2.17.

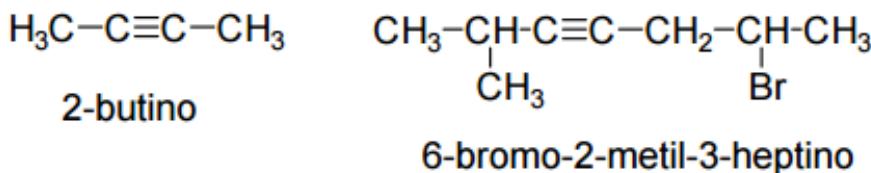


Figura 2.17: Selección de la cadena principal [18]

- 2. Si el compuesto contiene enlaces dobles y triples la cadena principal será la que contenga el mayor número de enlaces dobles y triples. El compuesto se nombra como *-enino*. La cadena principal se numera de manera que los localizadores de los enlaces dobles y triples sean los más bajos posibles, aunque sea más bajo el localizador del triple enlace. En caso de opción el doble enlace como se muestra en la Figura 2.18 tiene preferencia sobre el triple enlace.

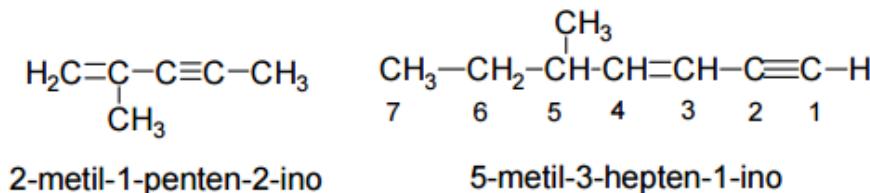


Figura 2.18: Doble enlace en la cadena [18]

- 3. Si hay dos o más cadenas con igual número de insaturaciones la cadena principal es la que contiene el mayor número de átomos de carbono como se muestra en la Figura 2.19:

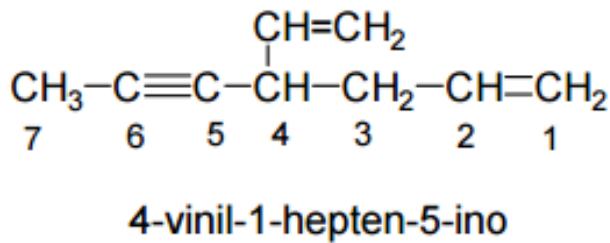


Figura 2.19: Dos o más insaturaciones en la cadena [18]

- 4. Si hay dos o más cadenas con igual número de insaturaciones e igual número de átomos de carbono la cadena principal es la que contiene el mayor número de enlaces dobles como se muestra en la Figura 2.20:

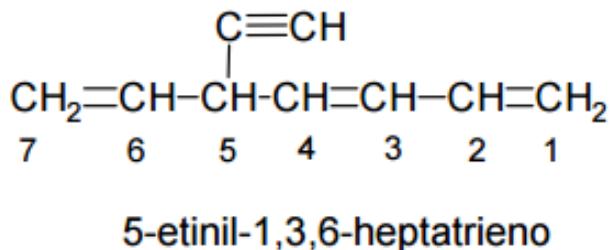


Figura 2.20: Mayor número de enlaces dobles en la cadena principal [18]

Capítulo 3

Realidad Aumentada

La realidad aumentada es la forma en la que el mundo real se ve reforzado por el contenido generado por computadora que está ligado a lugares o actividades específicas.

En términos simples, la realidad aumentada permite que el contenido digital se superponga y se mezcla con nuestra percepción del mundo real como se muestra en la Figura 3.1 es un ejemplo donde haciendo uso del dispositivo móvil podemos ver elementos virtualizados sobre la realidad. [19]



Figura 3.1: Ejemplo de Realidad Aumentada [20]

Además de los objetos 2D y 3D, que muchos pueden esperar, archivos de audio y vídeo, información textual, e incluso la información olfativa o táctil se pueden incorporar en la percepción del mundo real de los usuarios.

3.1. Antecedentes

El primer sistema de Realidad Aumentada fue creado por Ivan Sutherland en 1968, empleando un casco de visión que permitía ver sencillos objetos 3D renderizados en wireframe en tiempo real. Empleaba dos sistemas de tracking para calcular el registro de la cámara; uno mecánico y otro basado en ultrasonidos. [21]

Sin embargo no fue hasta 1992 cuando se dió el término de Realidad Aumentada por Tom Caudell y David Mizell, dos ingenieros de Boeing que proponían el uso de esta novedosa tecnología para mejorar la eficiencia de las tareas realizadas por operarios humanos asociadas a la fabricación de aviones. [21]

En 1997, investigadores de la Universidad de Columbia presentan The Touring Machine el primer sistema de realidad aumentada móvil (MARS) como se muestra en la Figura 3.2 donde utilizan un sistema de visión de tipo see-through que combina directamente la imagen real con gráficos 2D y 3D proyectados en una pantalla transparente. [21]



Figura 3.2: The Touring Machine (MARS) [22]

En 1998, el ingeniero de Sony Jun Rekimoto crea un método para calcular completamente el tracking visual de la cámara (con 6 grados de libertad) empleando marcas 2D matriciales (códigos de barras cuadrado). [21] Esta técnica sería la precursora de otros métodos de tracking visuales en los próximos meses.

Más tarde en 1999, Kato y Billinghurst presentan ARToolKit[®] como se muestra en la Figura 3.3 es una librería de tracking visual de 6 grados de libertad que reconoce marcas cuadradas mediante patrones de reconocimiento. [21]

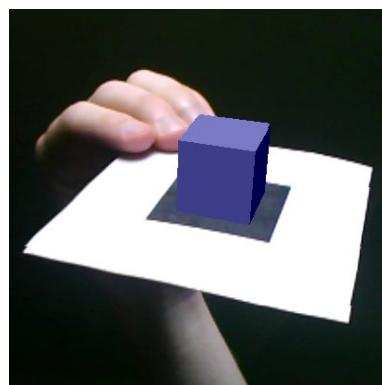


Figura 3.3: ARToolKit [23]

Debido a su liberación bajo licencia GPL se hace muy popular y es ampliamente utilizada en el ámbito de la Realidad Aumentada.

En el 2003, Siemens lanza al mercado Mozzies® como se muestra en la Figura 3.4 fue el primer juego de Realidad Aumentada para teléfonos móviles. [21]



Figura 3.4: Mozzies creado Siemens [24]

El juego superpone mos-quitos a la visión obtenida del mundo mediante una cámara integrada en el teléfono. Este juego fue premiado como el mejor videojuego para teléfonos móviles en dicha fecha.

En 2004 investigadores de la Universidad Nacional de Singapur presentan Human Pacman® como se muestra en la Figura 3.5 un juego que emplea GPS y sistemas iniciales para registrar la posición de los jugadores. [21]



Figura 3.5: Human Pacman [25]

El PacMan los fantasmas son en realidad jugadores humanos que corren por la ciudad portando ordenadores y sistemas de visión.

A principios de 2010 Adidas® lanza al mercado un juego de 5 tenis originales de Realidad Aumentada. Los propietarios de estos modelos podrán mostrar la etiqueta del tenis a una cámara y aparecerá un mundo 3D de la marca, con posibilidad de jugar con contenido exclusivo y obtener premios especiales. [21]

3.2. Definición

La Realidad Aumentada se encarga de estudiar las técnicas que permiten integrar en tiempo real contenido digital con el mundo real. Según la taxonomía descrita por Milgram y Kishino, los entornos de Realidad Mixta son aquellos en los que “se presentan objetos del mundo real y objetos virtuales de forma conjunta en una única pantalla”. A diferencia de la Realidad Virtual donde el usuario interactúa en un mundo totalmente virtual, la Realidad Aumentada se ocupa de generar capas de información virtual que deben ser correctamente alineadas con la imagen del mundo real para lograr una sensación de correcta integración. [26]

3.3. Entorno educativo

Existen distintas maneras de poner en práctica la Realidad Aumentada en entornos educativos. Yuen [27] clasifica las aplicaciones de Realidad Aumentada en cinco grupos como se menciona a continuación:

- ***El aprendizaje basado en el descubrimiento***

La Realidad Aumentada se puede utilizar en aplicaciones que permiten el aprendizaje basado en el descubrimiento. Un usuario se le proporciona información acerca de un lugar en el mundo real, mientras teniendo en cuenta al mismo tiempo el objeto de interés. Este tipo de aplicación es a menudo utilizado en los museos, en la educación astronómica, y en lugares históricos.

- ***Modelado de objetos***

La Realidad Aumentada también se puede utilizar en aplicaciones de modelado de objetos. Tales aplicaciones permiten que los estudiantes reciban información visual inmediata de cómo un determinado artículo se vería en un entorno diferente. Algunas aplicaciones también permiten a los estudiantes diseñar objetos virtuales con el fin de investigar sus propiedades físicas o interacciones entre objetos. Este tipo de aplicación también se utiliza en la enseñanza de la arquitectura.

- ***AR Libros***

Libros de Realidad Aumentada son libros que ofrecen a los estudiantes presentaciones 3D interactivas, experiencias de aprendizaje a través de la tecnología de Realidad Aumentada. Los libros se aumentan con la ayuda de dispositivos tecnológicos tales como gafas especiales. Las primeras implementaciones de estos libros muestran que este tipo de medio es bien recibido por alumnos de la nueva era digital, esto hace que sea un medio educativo apropiado, incluso en el nivel primario.

- ***Entrenamiento de habilidades***

El entrenamiento de habilidades, se refiere al apoyo de la formación de personas en tareas específicas. Especialmente las habilidades mecánicas son susceptibles de ser apoyadas por aplicaciones de formación. Tales aplicaciones son, por ejemplo, el cómo dar correcto mantenimiento a un avión, donde se muestra cada paso de una reparación, se identifican las herramientas necesarias, y se agregan instrucciones específicas. Las aplicaciones se utilizan frecuentemente con gafas, que permiten tener las manos libres.

■ *Juegos de Realidad Aumentada*

Los videojuegos ofrecen nuevas oportunidades para los educadores, pero han sido ignorados durante muchos años. Hoy en día, es más común usar el poder de los juegos en entornos educativos. La tecnología permite a la Realidad Aumentada el desarrollo de los juegos que tienen lugar en el mundo real y se aumentan con información virtual. Los juegos de Realidad Aumentada pueden dar a los educadores nuevas y poderosas formas de mostrar las relaciones y conexiones. Además, de proporcionar nuevas formas de aprendizaje, altamente interactivas y de forma visual.

Lo cual nos lleva a enlistar los siguientes beneficios entre el entorno educativo y la realidad aumentada [28]:

- Incrementa la motivación
- Incrementa la atención
- Incrementa la concentración
- Incrementa la satisfacción

Capítulo 4

Interfaz Natural de Usuario

Las Interfaces Naturales de Usuario (INU) se constituyen como nuevos métodos para la Interacción Humano Computador (HCI) y el diseño de aplicaciones informáticas basadas en interfaces con las cuales las interacciones se realizan a partir de las acciones naturales de los seres humanos, tal y como éstos realizan sus actividades en el mundo físico de todos los días, sin la necesidad de periféricos para ingresar los datos, aprovechando de esta forma los conocimientos que sobre este entorno tenemos los seres humanos de manera innata. [29]

Para interactuar con sistemas basados en INU's se han venido utilizando diversas modalidades de entrada, tales como el tacto en los dispositivos móviles y tablets, reconocimiento de gestos, seguimiento de movimientos, comandos de voz, entre otros. Las INU's están diseñadas para suavizar la curva de aprendizaje de una interfaz de software para el usuario novel, mediante la traducción de los gestos físicos en acciones y comandos, lo que produce una reducción de la carga cognitiva extraña que se añade al tener que aprender a operar los periféricos de entrada tradicionales. [29]

El desarrollo de este tipo de interfaz está directamente relacionada con la evolución de nuevos dispositivos electrónicos que cuentan con nuevos medios de interacción. Un ejemplo de aplicación de este tipo de interacción son los teléfonos inteligentes y toda la gama de dispositivos móviles de nuestros días. La incorporación de pantallas multitáctiles, sensores y detectores de movimiento en los dispositivos móviles, permiten el desarrollo de nuevas formas de interacción, hecho que mejora la experiencia del usuario. [29]

Las INU surgen a partir de los avances tecnológicos y de la introducción de nuevos dispositivos que, dotados de nuevo hardware, permiten nuevas formas de interacción. Trabajos realizados por D. Wigdor nos indican que la *Interfaz Natural de Usuario* no es una interfaz natural, pero que si es una interfaz que logra que el usuario se sienta y actúe de forma natural. [29]

Una manera fácil de recordar esto es cambiar la forma en que nos referimos sobre una interfaz natural, ya que no existe una interfaz natural que sea digital, lo correcto sería entonces mencionar una interfaz natural de usuario, donde es el usuario el que actúa de manera natural en un entorno digital simulado (Realidad Virtual VR) o mixto (Realidad Aumentada AR; Virtualidad Aumentada VR). Una interfaz natural de usuario es una interfaz de usuario diseñada para reutilizar las habilidades existentes en el usuario para su interacción adecuada con el contenido. [29]

Dentro de las tecnologías que existen para crear Interfaces Naturales de Usuario existen las multitáctiles y cámaras de profundidad como lo es el sensor Kinect del Xbox 360®.

4.1. Sensor Kinect

El sensor Kinect® es un dispositivo desarrollado por Microsoft®, como complemento de la consola de videojuegos Xbox 360®, con el objetivo de controlarla sin la necesidad de utilizar los mandos habituales, es decir mediante una interfaz natural de usuario. [31]

Utiliza cámaras y sensores como se muestra en la Figura 4.1 para reconocer la posición y movimientos así mismo utiliza micrófonos para reconocer la voz del usuario, se explicarán brevemente los elementos que lo componen.

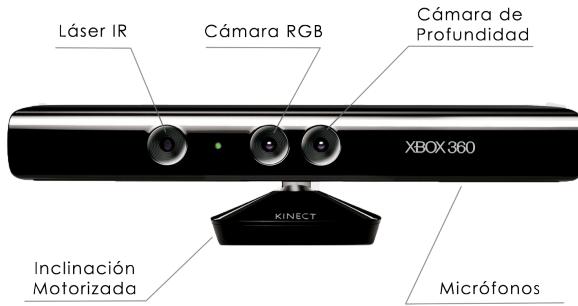


Figura 4.1: Elementos que componen el Sensor Kinect

- **Sensores de profundidad 3D:** El sensor CMOS® capta el patrón emitido para calcular la profundidad y hacer un seguimiento de cuerpo dentro del área de juego.
- **Cámara RGB:** La cámara RGB (rojo, verde, azul) ayuda a identificar al usuario y capta imágenes y videos durante el juego.
- **Micrófonos:** Se usa un conjunto de micrófonos en el borde frontal inferior del sensor Kinect® para reconocimiento de voz.
- **Inclinación motorizada:** Un impulso mecánico en la base del sensor Kinect® inclina de manera automática el sensor hacia arriba o abajo para poder abarcar cómodamente el cuerpo de los usuarios sin importar la altura a la que está situada la cámara. Posee un acelerómetro que indica la inclinación que posee en cada instante.
- **Emisor IR:** Ilumina todos los objetos que están dentro del campo de visión. Esta luz rebota en los cuerpos y viaja de nuevo hasta el sensor Kinect® donde el receptor captura la información de la distancia recorrida por la luz por cada pixel y genera una malla cartesiana asignado a cada pixel una profundidad.

Además, el sensor Kinect® está equipado con un ventilador que se activa cuando la temperatura alcanzada es mayor de 70C.

4.1.1. Lista de especificaciones [30]

- *Campo de Visión*

- Campo de visión horizontal: 57 grados
- Campo de visión vertical: 43 grados
- Rango de inclinación física: ± 27 grados
- Rango de profundidad del sensor: 1.2 - 3.5 metros

- *Profundidad*

- 320 x 240 a 16 bits de profundidad @ 30fps
- 640 x 480 con 32-bit de color @ 30fps
- Distancias 0.8 a 4 metros en modo default.
- Distancias de 0.4 a 3 metros en modo cercano (Near mode)

- *Sistema de Seguimiento*

- Capacidad para detectar 6 personas, pero solo 2 se pueden rastrear completamente
- Rastrea 20 articulaciones por jugador activo
- Capacidad para mapear jugadores activos en Live Avatars
- Se denomina Skeletal stream

- *Video*

- 640 x 480 @ 30 fps
- 1280 x 960 @ 12 fps
- Se denomina ColorStream

- *Sistema de Audio*

- Audio de 16-bit @ 16 kHz
- Chat en vivo y voz dentro del juego (requiere Xbox Live Gold®)
- Sistema de cancelación de eco que aumenta la entrada de voz
- Reconocimiento de voz múltiple

- *Láser IR*

- La potencia medida a la salida del Kinect® es de 60mW.
- Posee un estabilizador de temperatura que se encarga de mantener el láser a temperatura constante para no alterar la longitud de onda de salida.

- *USB*
 - 2.0
 - La cantidad de información que se puede procesar por segundo teóricamente puede ascender a 60MB/s aunque suele acercarse más a los 35MB/s
- *Sistema Operativo*
 - Windows 7® o superior

El cable que sale del sensor Kinect® tiene una terminación especial para conectarlo al Xbox. No obstante se dispone de un adaptador con una terminación de puerto USB que utilizaremos para conectarla al ordenador.

4.2. Kinect para Windows®

Kinect® para Windows® es la plataforma de desarrollo para Windows®, esta plataforma incluye herramientas de control y simulación de Kinect®. El Kinect SDK® contiene las librerías y controladores necesarios para integrar el sensor Kinect® con la plataforma .Net de Microsoft®. [31]

Utilizando Kinect SDK® versión 1.8v es posible acceder a los flujos de datos obtenidos del sensor de color, sensor de profundidad y los micrófonos, además, incluye librerías de control y configuración del sensor Kinect®, reconocimiento de lenguaje y gestos, y librerías para tratamiento de imagen y audio. [32]

Para utilizar el Kinect SDK® [32] es necesario cumplir con los siguientes requerimientos en hardware como en software:

Hardware

- Procesador de 64 bit (x64).
- Doble núcleo físico de 3,1 GHz (2 núcleos lógicos por uno físico) o un procesador más rápido.
- Controlador USB 3.0 para el sensor Kinect para Windows® v2 o el Adaptador Kinect® para Windows para usarlo con el sensor Kinect® para Xbox One®
- 4 GB de RAM
- Tarjeta gráfica que admite DirectX 11®
- Adaptador USB para Kinect®
- Windows 8 u 8.1, Windows Embedded 8® o Windows 10®

Software

- Microsoft Visual Studio 2015®
- .NET Framework 4.0®

Capítulo 5

Análisis de Factibilidad

Después de haber identificado la problemática que presentan los New Millennium Learners (NML), se establecieron las razones que ameritaban la creación de una herramienta de apoyo al aprendizaje de la asignatura de Química III del Nivel Medio Superior del Instituto Politécnico Nacional, por ello es preciso realizar un análisis de factibilidad con el fin de recopilar datos relevantes sobre el desarrollo de nuestro proyecto, como la infraestructura tecnológica necesaria, la capacidad técnica y los recursos económicos con los que se contará para la implementación de la herramienta.

5.1. Factibilidad Técnica

El fin de éste estudio es recolectar información sobre los componentes técnicos actuales y la posibilidad de hacer uso de los mismos en el desarrollo e implementación de la herramienta de apoyo al aprendizaje de la asignatura de Química III, así como los requerimientos tecnológicos que deben ser adquiridos para el desarrollo de esta.

Después de analizar la tecnología que es necesaria para la implementación de Q-AR Interactive, se decidió separarla en dos enfoques: *Hardware* y *Software*.

Hardware

El hardware que se necesita específicamente debe cubrir con los siguientes requerimientos mencionados en la Sección 4.2. [32]

- Procesador de 64 bit (x64).
- Doble núcleo físico de 3,1 GHz (2 núcleos lógicos por uno físico) o un procesador más rápido.
- Controlador USB 3.0 para el sensor Kinect para Windows v2[®] o el Adaptador Kinect para Windows[®] para usarlo con el sensor Kinect para Xbox One[®]
- 4 GB de RAM
- Tarjeta gráfica que admite DirectX 11
- Adaptador USB para el sensor Kinect[®]

- Windows 8 u 8.1, Windows Embedded 8 o Windows 10®

Evaluando el hardware con el que contamos y viendo las especificaciones con las debemos configurar el software para el desarrollo de la herramienta no requerimos realizar inversión inicial para la adquisición de nuevos equipos, ya que los mismos satisfacen los requerimientos establecidos para el desarrollo de la herramienta.

En la Tabla 5.1 se muestra la descripción del hardware con el que disponemos y que se utilizará para el diseño, construcción e implementación de la herramienta Q-AR Interactive.

Tabla 5.1: Características del hardware disponible

Cantidad	Recurso	Características
1	Equipo de cómputo Dell Inspiron® 5520	<ul style="list-style-type: none"> ■ Intel Core® i5-3210M ■ 4.00 GB memoria RAM ■ Sistema Operativo Windows 8® de 64 bits ■ Procesador x64
1	Equipo de Cómputo HP Pavilion®	<ul style="list-style-type: none"> ■ Intel Core® i3-400U ■ 4.00 GB memoria RAM ■ Sistema Operativo Windows 10® de 64 bits
1	Equipo de Cómputo Acer®	<ul style="list-style-type: none"> ■ Intel Core® i3-6100 ■ 8.00 GB memoria RAM ■ Sistema Operativo Windows 10® de 64 bits ■ Procesador x64.
1	Sensor Kinect Xbox 360®	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sensores ■ Campo de visión ■ Flujo de datos ■ Sistema de seguimiento ■ Sistema de audio

Fuente: Elaboración propia

Software

Por otro lado, para el software se decidió hacer un análisis para evaluar las características de las diferentes tecnologías de la información de las que podemos hacer uso para el desarrollo de la herramienta, a continuación se mencionan.

1. Entorno de desarrollo
2. Sistema operativo
3. Lenguaje de programación
4. Manejador de bases de datos

1. Entorno de desarrollo

Un entorno de desarrollo integrado (IDE, Integrated Development Environment) como se sabe es una aplicación informática que proporciona servicios integrales para facilitarle al desarrollador o programador el desarrollo de software. En la Tabla 5.2 se muestran algunos entornos de desarrollo que se pueden utilizar para el desarrollo de la herramienta.

Tabla 5.2: Características de entornos de desarrollo

Nombre	Descripción
Visual Studio 2015 Community®	Visual Studio® permite escribir código de forma precisa y eficiente sin perder el contexto de archivo actual. Brinda soporte a lenguajes como: C#, VB, C++, Javascript y Python. Es gratuito. Disponible para el sistema operativo Windows®.
MonoDevelop®	MonoDevelop® permite a los desarrolladores escribir rápidamente aplicaciones web y de escritorio en Linux®, Windows® y Mac OS X®. También hace que sea fácil para los desarrolladores de aplicaciones a puerto .NET creadas con Visual Studio para Linux y Mac OS X manteniendo una sola base de código para todas las plataformas. Brinda soporte para C#, F#, Visual Basic .NET, C, C++ y Vala.

Fuente: Elaboración propia

Después de visualizar las características de los posibles IDE's que podemos utilizar se ha decidido emplear para el desarrollo de la herramienta Visual Studio 2015 Community® dado el convenio que mantiene la Escuela Superior de Cómputo con DreamSpark Microsoft®, por lo tanto no se necesita realizar ninguna inversión inicial para su adquisición.

2. Sistema operativo

Los sistemas operativos se definen como una colección de programas que manipulan lógicamente las funciones de la computadora, permitiendo la interacción con el usuario para la solución de tareas específicas. En la Tabla 5.3 se muestran las versiones de sistemas operativos que podemos utilizar para trabajar con el sensor Kinect®.

Tabla 5.3: Características de sistemas operativos

Nombre	Descripción
Windows 8®	Desarrollado por Microsoft® para su uso en computadoras personales, incluidas computadoras de escritorio en casa y de negocios, computadoras portátiles, netbooks, tabletas, servidores y centros multimedia. Añade soporte para microprocesadores ARM, además de los microprocesadores tradicionales x86 de Intel® y AMD®. Su interfaz de usuario ha sido modificada para hacerla más adecuada para su uso con pantallas táctiles, además de los tradicionales ratón y teclado.
Windows 8.1®	Es una actualización de Windows 8®. Presenta una expansión de Configuración de PC para incluir más opciones previamente exclusivas del Panel de control de Windows®. Tiene la capacidad de sincronizar más configuraciones entre dispositivos, incluyendo configuraciones de la pantalla de Inicio y configuración de teclado Bluetooth y ratón.
Windows Embedded®	Desarrollado por Windows®, es una familia de sistemas operativos de Microsoft diseñado para su uso en sistemas embebidos. Microsoft tiene actualmente tres subfamilias diferentes de sistemas operativos para dispositivos embebidos dirigidas a un amplio mercado.
Windows 10®	Windows 10® es el último sistema operativo desarrollado por Microsoft® como parte de la familia de sistemas operativos Windows NT. Uno de los aspectos más importantes de Windows 10 es el enfoque en la armonización de experiencias de usuario y funcionalidad entre diferentes tipos de dispositivos, además de abordar las deficiencias en la interfaz de usuario de Windows® que se introdujo por primera vez en Windows 8®.

Fuente: Elaboración propia

Después de éste análisis se determinó utilizar el sistema operativo Windows 10® debido a las características que posee, además de que es la versión más reciente y es con la que todos los integrantes del equipo cuentan, por tal motivo no será necesario adquirir otro.

3. Lenguaje de programación

Los lenguajes de programación son herramientas que nos permiten crear programas y software. En la Tabla 5.4 se muestran los lenguajes de programación que han sido utilizados para el desarrollo de aplicaciones con el sensor Kinect®.

Tabla 5.4: Características de lenguajes de programación

Nombre	Descripción
C# (C Sharp)	C# es un lenguaje orientado a objetos elegante y con seguridad de tipos que permite a los desarrolladores compilar diversas aplicaciones sólidas y seguras que se ejecutan en .NET Framework®. Se utiliza C# para crear aplicaciones cliente de Windows®, servicios Web XML, componentes distribuidos, aplicaciones cliente-servidor y aplicaciones de base de datos.
C++	C++ es un lenguaje imperativo orientado a objetos derivado de C. Una particularidad del C++ es la posibilidad de redefinir los operadores, y de poder crear nuevos tipos que se comporten como tipos fundamentales.
VB	Visual Basic está diseñado para crear de manera productiva aplicaciones con seguridad de tipos orientadas a objetos. Visual Basic permite a los desarrolladores establecer como destino dispositivos móviles, web y Windows®. Al igual que todos los lenguajes que tienen como destino Microsoft .NET Framework®, los programas escritos en Visual Basic se benefician de la seguridad y la interoperabilidad entre lenguajes.

Fuente: Elaboración propia

Como lenguaje de programación se decidió utilizar C Sharp debido a que el IDE Visual Studio® seleccionado anteriormente brinda soporte para éste.

4. Manejador de bases de datos

Un sistema manejador de bases de datos es una colección de software muy específico, cuya función es servir de interfaz entre la base de datos, el usuario y las distintas aplicaciones utilizadas.[33] En la Tabla 5.5 se muestran algunos manejadores de bases de datos contemplados para trabajar con la herramienta.

Tabla 5.5: Características de manejadores de bases de datos

Nombre	Descripción
PostgreSQL®	PostgreSQL® es un manejador de base de datos relacional orientada a objetos y libre, publicado bajo la licencia BSD. Tiene alta concurrencia mediante un sistema denominado: MVCC (Acceso concurrente multiversión, por sus siglas en inglés) además de una amplia variedad de tipos nativos. Consumo más recursos que MySQL y carece de sintaxis intuitiva en algunos comandos.
Microsoft SQL Server®	Microsoft SQL Server® es un manejador de bases de datos relacionales basado en el lenguaje Transact-SQL, capaz de poner a disposición de muchos usuarios grandes cantidades de datos de manera simultánea. Brinda soporte de transacciones, escalabilidad, estabilidad y seguridad además de procedimientos almacenados. Consumo una enorme cantidad de memoria RAM durante su instalación y utilización del Software.
Oracle®	Oracle® es un manejador de bases de datos relacional (o RDBMS por su acrónimo en inglés de Relational Data Base Management System), fabricado por Oracle Corporation. Brinda soporte de transacciones, estabilidad, escalabilidad y es multiplataforma. Presenta un elevado precio en el mercado.

Fuente: Elaboración propia

Como manejador de Bases de Datos se decidió utilizar Microsoft SQL Server debido a su compatibilidad con Microsoft Visual Studio 2015®, su accesibilidad, estabilidad y soporte de transacciones que brinda.

Como resultado de éste estudio técnico se determinó que actualmente se posee la infraestructura tecnológica (Hardware y Software) necesaria para el desarrollo de la herramienta propuesta.

5.2. Económica

Éste estudio tiene como finalidad determinar la factibilidad económica y observar los gastos que generan los recursos que se necesitarán para el desarrollo de la herramienta de apoyo al aprendizaje de la asignatura Química III, es importante mencionar que es un proyecto con fines académicos sin fines de lucro, pero se hizo un análisis donde se exponen los gastos de los mismos. Los gastos se clasifican en tres categorías:

1. Tecnológicos
2. Servicios
3. Sueldos

A continuación se describen cada una de ellas y los recursos que comprenden.

1. Tecnológicos

Debido a que los recursos de hardware son tomados como un activo fijo, debemos de depreciarlos. La depreciación de acuerdo a la Real Academia Española es “*la disminución del valor o precio de algo, ya con relación al que antes tenía, ya comparándolo con otras cosas de su clase o bien es un mecanismo mediante el cual se reconoce el desgaste que sufre un bien por el uso que se haga de él*”.

En la Tabla 5.6 se muestra el hardware con el que se cuenta para el desarrollo y el gasto total de la depreciación del mismo en un periodo de **9 meses de desarrollo**.

Tabla 5.6: Gastos tecnológicos

Recurso	Precio	Valor de salvamento	Depreciación mensual	Depreciación total
DELL Inspiron®	\$13,000.00	\$4,250.00	\$182.29	\$1,640.61
HP Pavilion®	\$9,000.00	\$3,999.00	\$104.18	\$937.62
Acer®	\$8,000.00	\$3,500.00	\$93.75	\$843.75
Kinect Xbox 360®	\$1,799.99	\$500.00	\$21.69	\$195.21
TOTAL				\$3,617.19

Fuente: Elaboración propia

2. Servicios

El desarrollo de la herramienta conlleva un gasto en cuanto a servicios como lo son el internet y la electricidad para los equipos de cómputo. En la Tabla 5.7 se muestran los gastos estimados que se generarán en un periodo de **9 meses de desarrollo**.

Tabla 5.7: Gastos de servicios

Recurso	Gasto mensual	Gasto total
Internet	\$150.00	\$1,350.00
Electricidad	\$116.00	\$1,044.00
TOTAL	\$266.00	\$2,394.00

Fuente: Elaboración propia

3. Sueldos

Para determinar los gastos relacionados con el desarrollo de la herramienta, se han considerado tres analistas, tres desarrolladores y dos testers. En la Tabla 5.8 se muestra el tiempo de trabajo estimado y el pago aproximado por hora para TT1.

Tabla 5.8: Sueldos y tiempos para TT1

TT	Recurso	Tiempo (Meses)	Días trabajados	Tiempo estimado	Pago por hora
TT1	Analista	3 meses	60	240 horas	\$150.00
TT1	Desarrollador	$\frac{1}{2}$ mes	10	40 horas	\$125.00
TT1	Tester	$\frac{1}{2}$ mes	10	40 horas	\$90.00
TOTAL		4 meses	80 días	320 horas	

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5.9 se muestra el tiempo de trabajo estimado y el pago aproximado por hora para TT2.

Tabla 5.9: Sueldos y tiempos para TT2

TT	Recurso	Tiempo (Meses)	Días trabajados	Tiempo estimado	Pago por hora
TT2	Analista	1 meses	20	80 horas	\$150.00
TT2	Desarrollador	3 meses	60	240 horas	\$125.00
TT2	Tester	1 mes	20	80 horas	\$90.00
TOTAL		5 meses	100 días	400 horas	

Fuente: Elaboración propia

Para el desarrollo de éste proyecto se ha considerado la colaboración de un Líder de Proyecto, el cuál estaría presente en los **9 meses de desarrollo** de la herramienta y en la Tabla 5.10 se muestran los tiempos estimados y el pago por hora.

Tabla 5.10: Sueldos y tiempos para el Líder de Proyecto

TT	Recurso	Tiempo (Meses)	Días trabajados	Tiempo estimado	Pago por hora
TT1	Líder de Proyecto	4 meses	80	320 horas	\$160.00
TT2	Líder de Proyecto	5 meses	100	400 horas	\$160.00
TOTAL		9 meses	180 días	720 horas	

Fuente: Elaboración propia

Finalmente en la última Tabla 5.11 se muestran los gastos totales por la realización de la herramienta.

Tabla 5.11: Sueldos y tiempos totales del proyecto

Cantidad	Recurso	Tiempo estimado	Pago total
3	Analista	320 horas	\$48,000.00
3	Desarrollador	240 horas	\$30,000.00
2	Tester	120 horas	\$10,800.00
1	Líder de proyecto	720 horas	\$115,200.00
TOTAL			\$204,000.00

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, al término de todo el análisis se determinó que se cuenta con la infraestructura necesaria para el desarrollo de esta herramienta, así mismo añadimos que la Factibilidad Operativa no se tomó en cuenta para este proyecto, debido a que como tal no hay una herramienta como la que se realizará, y existen factores que no se pueden analizar, como por ejemplo el impacto que esta herramienta generará a los usuarios que la usarán, debido a que ésta apenas se está desarrollando.

Capítulo 6

Estructura general de la herramienta

La herramienta deberá satisfacer los requerimientos funcionales y no funcionales al término de su desarrollo. Estos serán descritos a continuación junto con las reglas de negocio y la arquitectura establecida.

6.1. Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales de un sistema describen lo que el sistema debe hacer. Son declaraciones de los servicios que debe proporcionar el sistema, de la manera en que éste debe reaccionar a entradas particulares y de cómo se debe comportar en situaciones particulares. [34]

A continuación se especificarán los requerimientos funcionales de la herramienta:

- **RF1. Interfaz Natural de Usuario**

La herramienta tendrá una Interfaz Natural de Usuario la cuál será manipulada con ayuda del sensor Kinect®.

- **RF2. Posición**

La herramienta indicará al usuario colocarse en la posición correcta para poder hacer uso de la herramienta.

- **RF3. Gestos**

Para poder hacer uso de la herramienta ésta sólo responderá a gestos definidos en la Sección 6.9.

- **RF4. Visualizar información teórica de hidrocarburos**

La herramienta contará con un apartado dónde el usuario visualizará la información teórica sobre los Hidrocarburos (alcanos, alquenos y alquinos).

- **RF5. Quiz de hidrocarburos**

La herramienta proporcionará al usuario un quiz para que éste pueda reforzar su aprendizaje sobre hidrocarburos.

- **RF6. Cadena más larga**

La herramienta proporcionará al usuario diversos hidrocarburos, de los cuáles el usuario debe indicar la cadena más larga.

6.2. Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales son aquellos requerimientos que no se refieren directamente a las funciones específicas que proporciona el sistema, sino a las propiedades emergentes de éste. [34]

A continuación se especificarán los requerimientos no funcionales de la herramienta:

- **RNF1. Escalabilidad**

La herramienta deberá poseer la capacidad de adaptarse a nuevos requerimientos como por ejemplo incluir más grupos funcionales.

- **RNF2. Usabilidad**

La herramienta debe contar un manual de usuario estructurado adecuadamente.

- **RNF3. Disponibilidad**

La herramienta deberá estar disponible en todo momento mientras esté siendo usada por el usuario.

- **RNF4. Compatibilidad**

La herramienta debe ser compatible con el sensor Kinect®.

- **RNF5. Organizacional**

La metodología empleada para el desarrollo de la herramienta será Prototipado Evolutivo.

- **RNF6. Lenguaje**

La herramienta debe manejar fuentes del alfabeto en Español.

6.3. Reglas de negocio

En ésta parte del análisis se identificaron restricciones de los procesos que realizará la herramienta, las cuáles se considerarán para las etapas de desarrollo e implementación.

- **RN1. Fórmula general de un Alcano**

La herramienta sólo permitirá visualizar información de compuestos orgánicos denominados “Alcanos” que cumplan la siguiente fórmula general: C_nH_{2n+2} , donde “n” corresponde al número de átomos de carbono y “2n+2” al número de átomos de hidrógeno.

- **RN2. Fórmula general de un Alqueno**

La herramienta sólo permitirá visualizar información de compuestos orgánicos denominados “Alquenos” que cumplan la siguiente fórmula general: C_nH_{2n} , donde “n” corresponde al número de átomos de carbono y “2n” al número de átomos de hidrógeno.

- **RN3. Fórmula general de un Alquino**

La herramienta sólo permitirá visualizar información de compuestos orgánicos denominados “Alquinos” que cumplan la siguiente fórmula general: C_nH_{2n-2} , donde “n” corresponde al número de átomos de carbono y “2n-2” al número de átomos de hidrógeno.

6.4. Descripción de actores

La herramienta la utilizará cualquier usuario que sea alumno NML (New Millennium Learners) y podrá realizar las siguientes tareas que se presentan.

Usuario

Representa a cualquier alumno que tenga conocimientos previos en la asignatura de Química Orgánica III del Nivel Medio Superior del Instituto Politécnico Nacional.

Responsabilidades

- Visualizar información teórica sobre hidrocarburos.
- Resolver el quiz de hidrocarburos.
- Encontrar la cadena más larga de un hidocarburo dado.

6.5. Características de la herramienta

Para satisfacer los requerimientos de la herramienta, se identificaron tres características las cuáles deberá contener, a continuación se explican:

6.5.1. C1. Información teórica de hidrocarburos

La herramienta mostrará el tipo de saturación, nombre y una descripción del hidrocarburo seleccionado por el usuario. Los datos que conforman la descripción son: definición, nomenclatura, su obtención y las propiedades físicas y químicas. Además deberá mostrar información de los elementos que forman los hidrocarburos que son: hidrógeno y carbono. Los datos a mostrar de estos elementos son: nombre, número atómico, masa atómica, electronegatividad, familia química y categoría química.

6.5.2. C2. Quiz de hidrocarburos

Se mostrarán aleatoriamente fórmulas de compuestos químicos orgánicos pertenecientes al grupo funcional de los hidrocarburos, dichos compuestos estarán almacenados en una base de datos junto con sus características principales y una representación gráfica del mismo. El usuario identificará el compuesto mostrado eligiendo una de las tres opciones que se le darán, sólo una de las opciones contiene nombre correcto del compuesto, la herramienta validará si el usuario eligió el nombre correcto o no.

6.5.3. C3. Cadena más larga

La herramienta permitirá seleccionar elementos hidrógenos y carbonos cuantos sean necesarios para obtener la cadena más larga de un compuesto dado. Los elementos se seleccionarán uno a la vez y serán sombreados para que el usuario pueda visualizar lo que a seleccionado, una vez que el usuario termine de indicar la que considera es la cadena más larga, la herramienta validará si es la

respuesta correcta, de ser así, se mostrará el nombre del compuesto y su representación gráfica, en caso contrario indicará el error al usuario, resaltando la cadena mas larga.

6.6. Datos de la herramienta

Una vez definidas las características a desarrollar de la herramienta, se especifican los datos que la herramienta manejará para los ejercicios.

6.6.1. Quiz de hidrocarburos

Para las preguntas del quiz son necesarios los siguientes datos:

- **DQ1. Nombre**

Observaciones: Alfabético; Nombre correcto del compuesto de acuerdo a la nomenclatura de la IUPAC.

- **DQ2. Opciones**

Observaciones: Alfabético; Posibles nombres de compuestos existentes que cumplen con la nomenclatura IUPAC.

6.6.2. Cadena más larga

Para los ejercicios de la cadena más larga son necesarios los siguientes datos:

- **DQ1. Nombre**

Observaciones: Alfabético; Nombre correcto del compuesto de acuerdo a la nomenclatura de la IUPAC.

6.7. Máquina de Estados

Para satisfacer las características con las que debe contar la herramienta, se decidió dividirla en fases:

- Visualización de información teórica de hidrocarburos.
- Visualización del quiz de hidrocarburos.
- Selección de la cadena más larga para nombrar el hidrocarburo.
- Configuración de la herramienta.

Para visualizar estas fases, es necesario modelar la herramienta como una máquina de estados en la que se pueda observar claramente la transición entre fases. Estos estados y la interacción entre ellos se muestra en la Figura 6.1

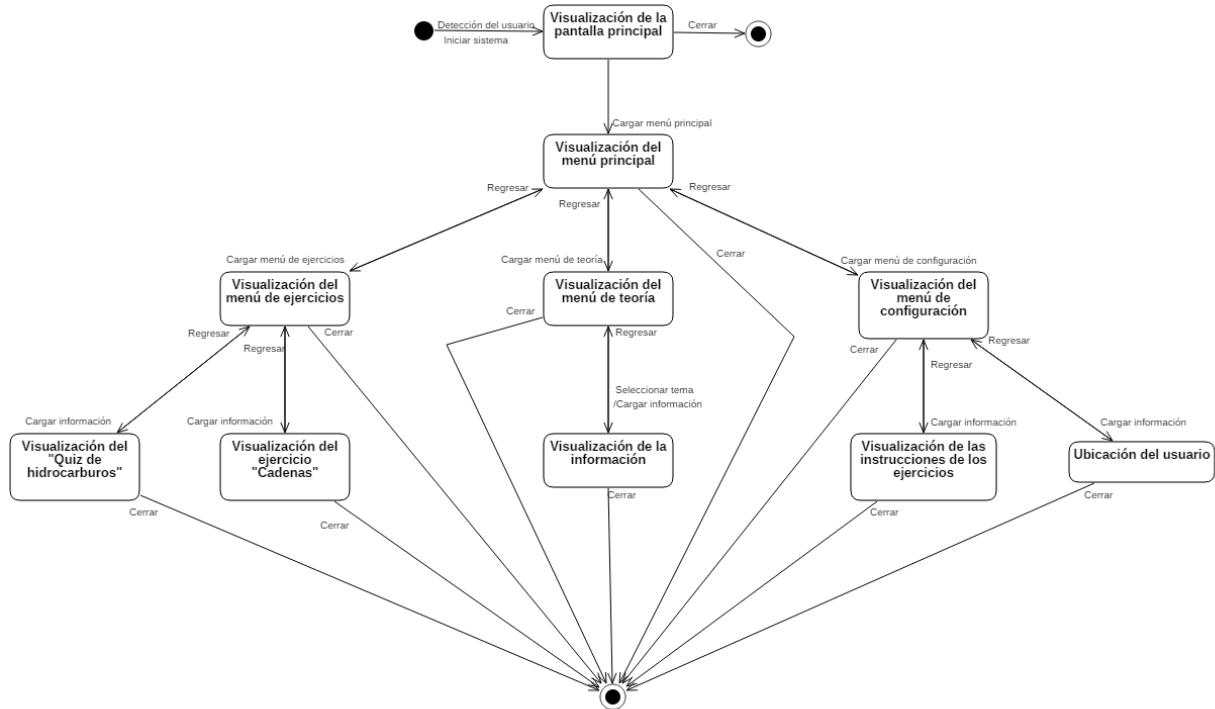


Figura 6.1: Máquina de estados del sistema

6.8. Definición de GUI

La interfaz gráfica de usuario (GUI, Graphical User Interface) de la herramienta será la materialización de la máquina de estados del sistema (Figura 6.1). Al haber identificado diez estados para la herramienta, ésta constará de diez pantallas principales con las que el usuario podrá interactuar.

Cabe mencionar que durante la interacción con la herramienta (requerimiento funcional **RF1** de la sección 6.1) el usuario visualizará un *cursor* (Figura 6.2) con el que podrá seleccionar las opciones de cada uno de los menús realizando el gesto ***Push***.



Figura 6.2: Cursor

6.8.1. P1: Ubicación del usuario

Esta es la pantalla que se mostrará al iniciar la herramienta y representa al estado “*Ubicar al usuario en la posición correcta*” y brindará indicaciones al usuario para colocarse en una posición donde pueda hacer uso de la herramienta (Figura 6.3).

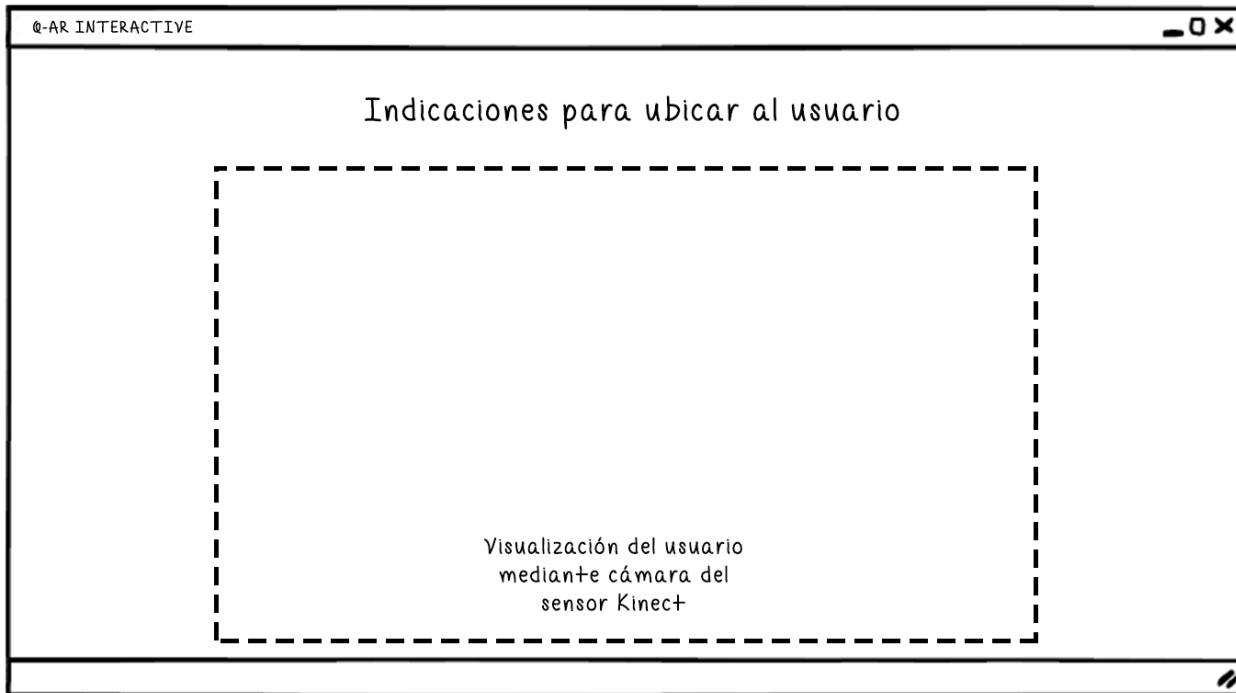


Figura 6.3: P1. Ubicación del usuario

Las indicaciones que se le darán al usuario dependerán de la posición en la que se encuentre al momento de iniciar la herramienta, estas pueden ser:

- Da un paso hacia la IZQUIERDA
- Da un paso hacia la DERECHA
- Da un paso hacia DELANTE
- Da un paso hacia ATRÁS

Cuando se detecta que el usuario está ubicado en la posición correcta (de acuerdo a lo establecido en el requerimiento funcional **RF2** de la sección 6.1) se muestra la pantalla de *menú principal* (Figura 6.4).

6.8.2. P2: Menú principal

La segunda pantalla que mostrará la herramienta será la representación del estado “*Visualización del Menú Principal*” (Figura 6.4).

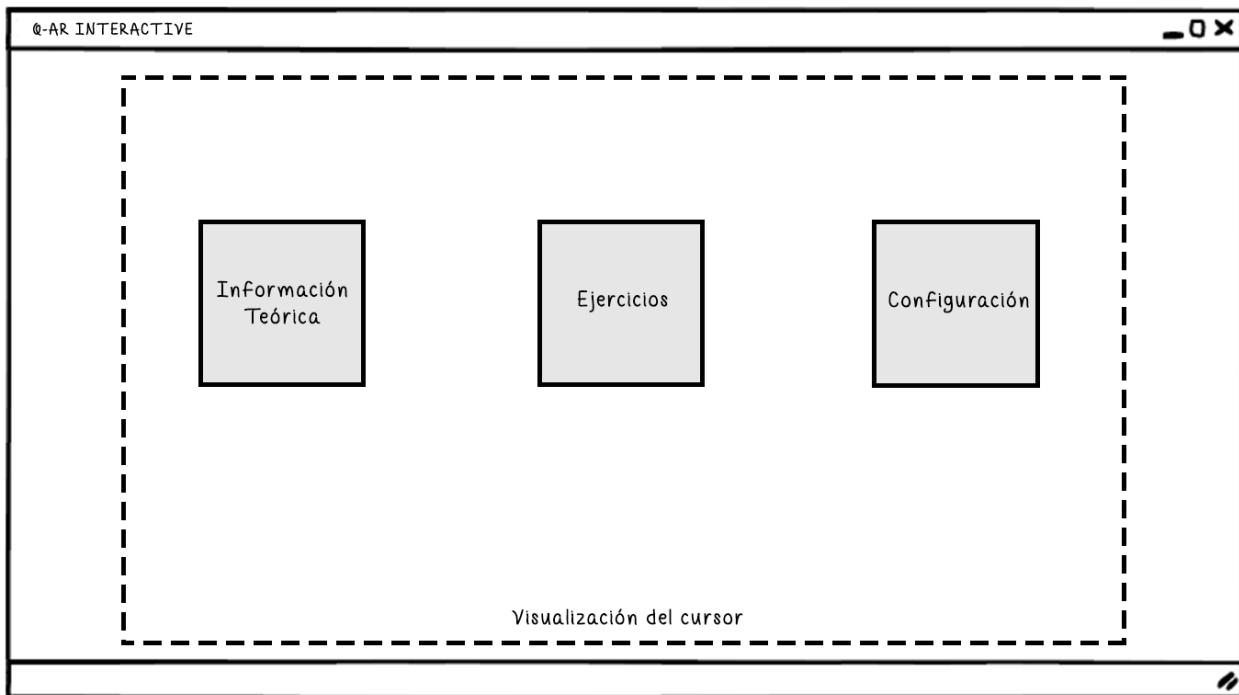


Figura 6.4: P2. Menú principal

El menú contará con las opciones de:

- **Información Teórica.** Ésta opción permitirá visualizar la información referente a los hidrocarburos.
- **Ejercicios.** Ésta opción permitirá visualizar la pantalla “*Menú de ejercicios*” donde el usuario podrá elegir entre dos ejercicios para practicar.
- **Configuración.** En este apartado el usuario podrá regresar a la pantalla “*Ubicación del usuario*” (Figura 6.3) para ubicarse de nuevo en una posición correcta o visualizar el apartado de instrucciones de los ejercicios.

6.8.3. P3. Visualización del menú de teoría

Como se muestra en la Figura 6.5 esta pantalla es muy similar a la pantalla “*Menú Principal*” (Figura 6.4), corresponde al estado “*Visualización del Menú de Teoría*” y contará con las siguientes opciones:

- **Alcanos.** Esta opción permitirá visualizar la información referente a los Alcanos
- **Alquenos.** Esta opción permitirá visualizar la información referente a los Alquenos

- **Alquinos.** Esta opción permitirá visualizar la información referente a los Alquinos

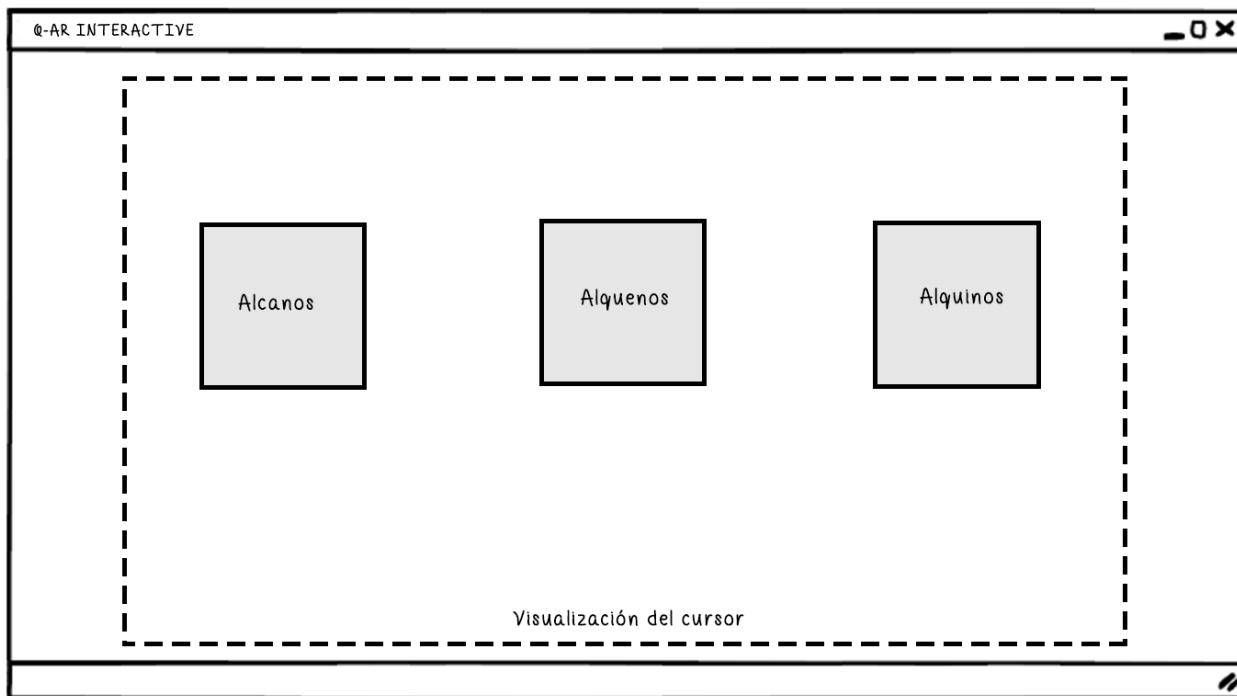


Figura 6.5: P3. Menú de Información teórica

Una vez que el usuario selecciona una opción del menú se mostrará la pantalla “*Información del hidrocarburo*” (Figura 6.6).

6.8.4. P4. Información del hidrocarburo

Esta pantalla permitirá satisfacer el requerimiento funcional **RF4** (sección 6.1) y la característica del sistema **C1** (sección 6.5.1). Corresponde al estado “*Visualización de Información*” y contará con una galería de imágenes con los datos obtenidos a través de la investigación teórica que se realizó al inicio del documento:

- Características principales.
- Propiedades físicas y químicas.
- Nomenclatura.

Además en esta pantalla se hará uso de los gestos **Next** (sección 6.9.1) y **Previous** (sección 6.9.2) para avanzar/retroceder en las imágenes.

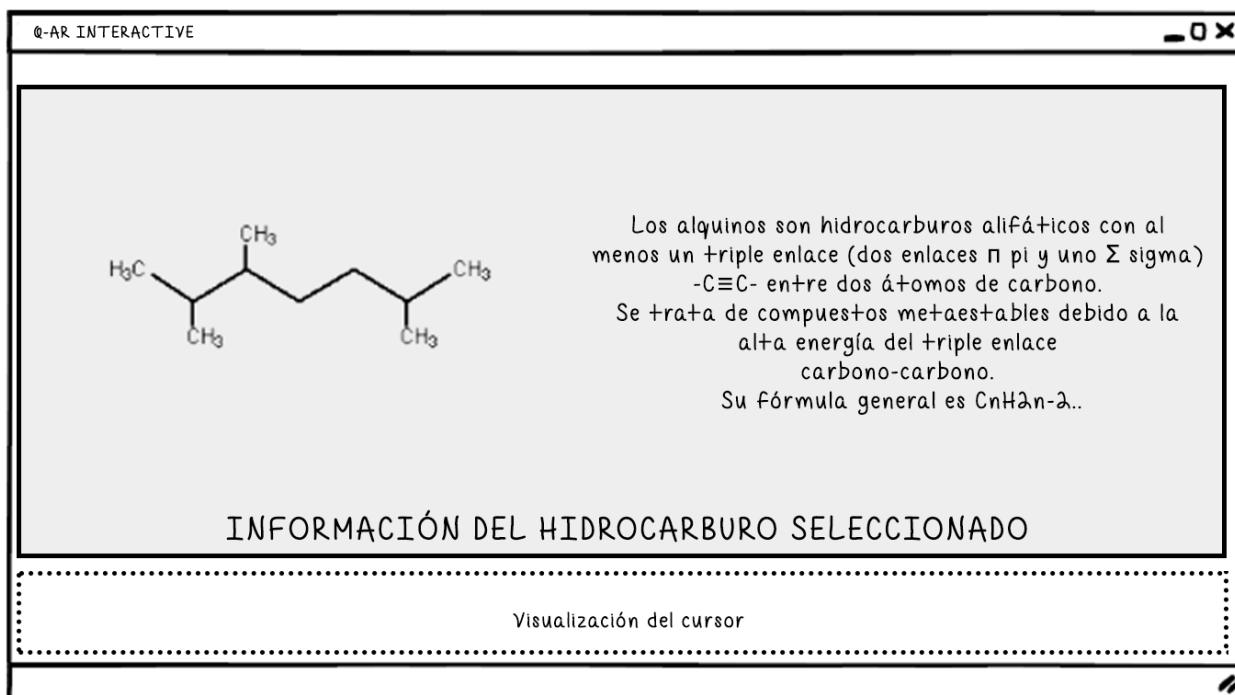


Figura 6.6: P4. Información del hidrocarburo

6.8.5. P5. Menú ejercicios

Como se muestra en la Figura 6.7 esta pantalla es muy similar a la pantalla “Menú Principal” (Figura 6.4), corresponde al estado “Visualización del Menú de Ejercicios” y contará con las siguientes opciones:

- **Quiz de hidrocarburos.** Esta opción permitirá visualizar la pantalla “Quiz de hidrocarburos” (Figura 6.9).
- **Cadenas.** Esta opción permitirá visualizar la pantalla “Cadena más larga” (Figura 6.10).

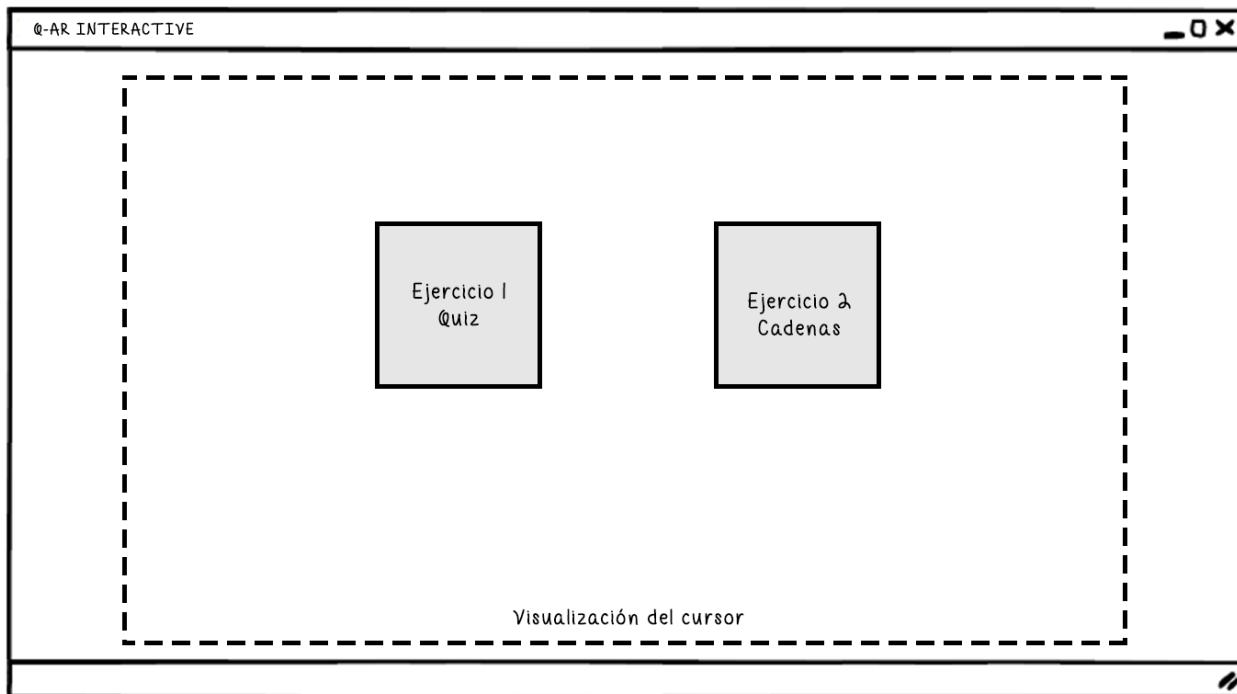


Figura 6.7: P5.Menú ejercicios

6.8.6. P6. Ejercicio 1: Quiz de hidrocarburos

Como se muestra en la Figura 6.8 esta será la pantalla donde el usuario pondrá a prueba sus conocimientos respondiendo un quiz. Corresponde al estado “*Quiz de hidrocarburos*” y satisface el requerimiento funcional **RF5** (sección 6.1) y la característica de la herramienta **C2** (sección 6.5.2).

- **Visualización de la fórmula.** En esta sección se mostrará la fórmula de un compuesto en la parte superior de la ventana. Esta será la fórmula a la que usuario deberá asignar el nombre correcto.
- **Opciones.** Se muestran las opciones con las respuestas posibles.
- **Visualización del usuario.** Mediante el uso de la cámara del sensor Kinect® y la implementación de la Realidad Aumentada el usuario podrá interactuar con el compuesto formado.

En esta pantalla se implementa la Realidad Aumentada por lo que cuenta con una área donde el usuario podrá ver las opciones como si estuvieran en el mismo ambiente que él.

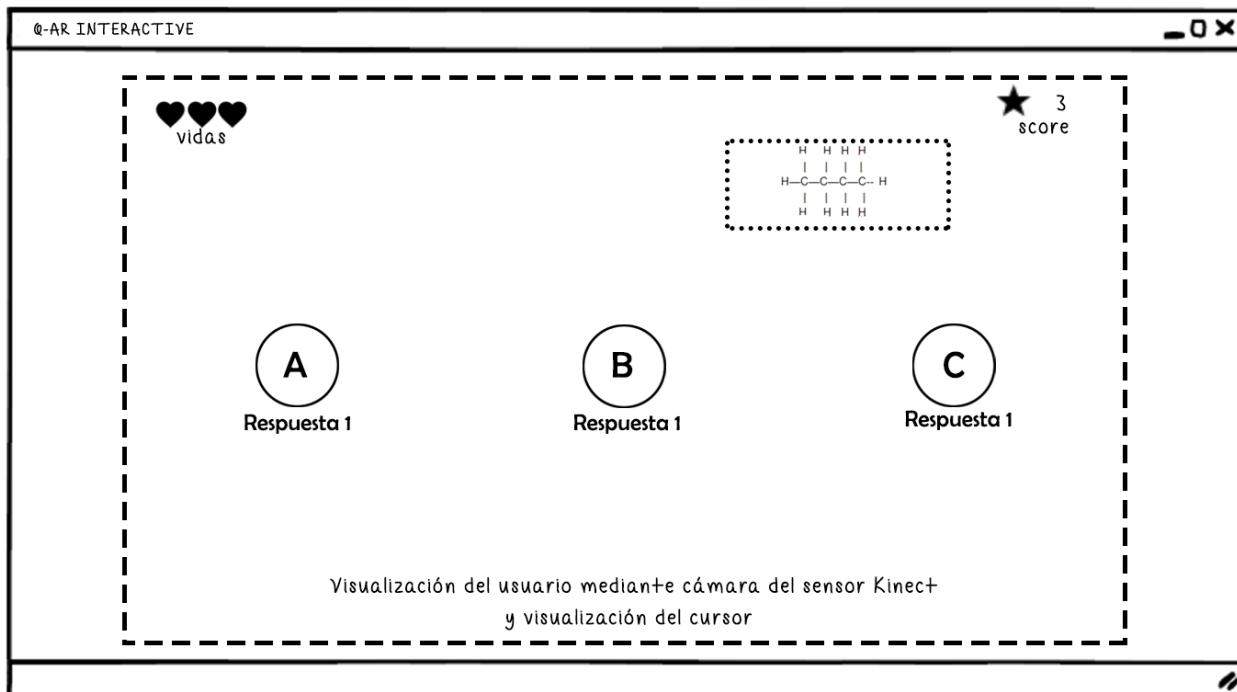


Figura 6.8: P6.Quiz

6.8.7. P6.1 Ejercicio 1: Final del quiz

Como se muestra en la Figura 6.9 esta será la pantalla donde el usuario pondrá a prueba sus conocimientos respondiendo un quiz. Corresponde al estado “*Quiz de hidrocarburos*” y satisface el requerimiento funcional **RF5** (sección 6.1) y la característica de la herramienta **C2** (sección 6.5.2).

- **Visualización de la fórmula.** En esta sección se mostrará la fórmula de un compuesto en la parte superior de la ventana. Esta será la fórmula a la que usuario deberá asignar el nombre correcto.
- **Opciones.** Se muestran las opciones con las respuestas posibles.
- **Visualización del usuario.** Mediante el uso de la cámara del sensor Kinect® y la implementación de la Realidad Aumentada el usuario podrá interactuar con el compuesto formado.

En esta pantalla se implementa la Realidad Aumentada por lo que cuenta con una área donde el usuario podrá ver las opciones como si estuvieran en el mismo ambiente que él.



Figura 6.9: P6.1 Final del quiz

6.8.8. P7. Ejercicio 2

Esta pantalla corresponde al estado “*Ejercicio cadenas*” y satisface el requerimiento funcional **RF6** (sección 6.1) y la característica de la herramienta **C3** (sección 6.5.2).

En esta pantalla se implementa la Realidad Aumentada por lo que cuenta con una área donde el usuario podrá ver las opciones como si estuvieran en el mismo ambiente que él.

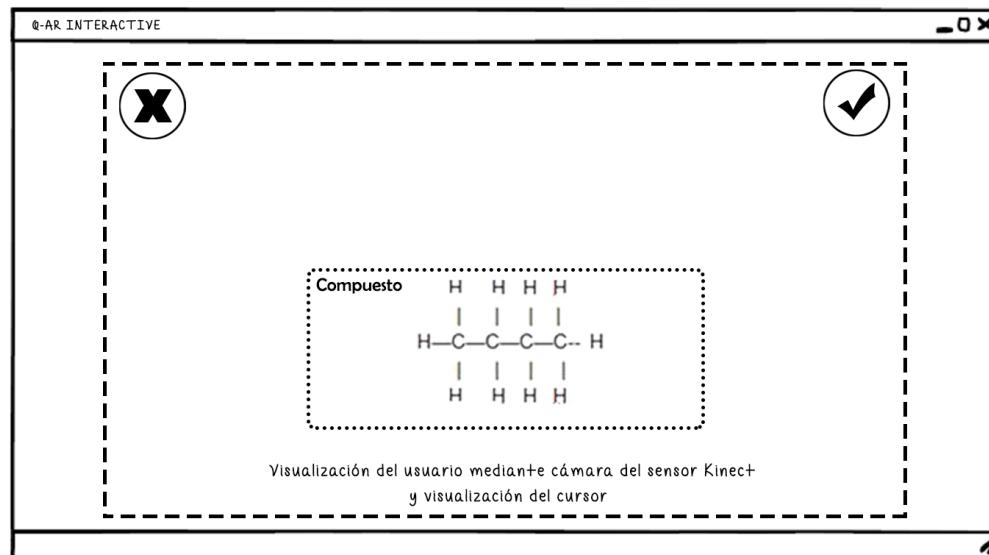


Figura 6.10: P7.Cadena

6.8.9. P8. Menú de configuración

Como se muestra en la Figura 6.11 esta pantalla es muy similar a la pantalla “*Menú Principal*” (Figura 6.4), corresponde al estado “*Visualización del Menú de Ejercicios*” y contará con las siguientes opciones:

- **Quiz de hidrocarburos.** Esta opción permitirá visualizar la pantalla “*Quiz de hidrocarburos*” (Figura 6.9).
- **Cadenas.** Esta opción permitirá visualizar la pantalla “*Cadena más larga*” (Figura 6.10).

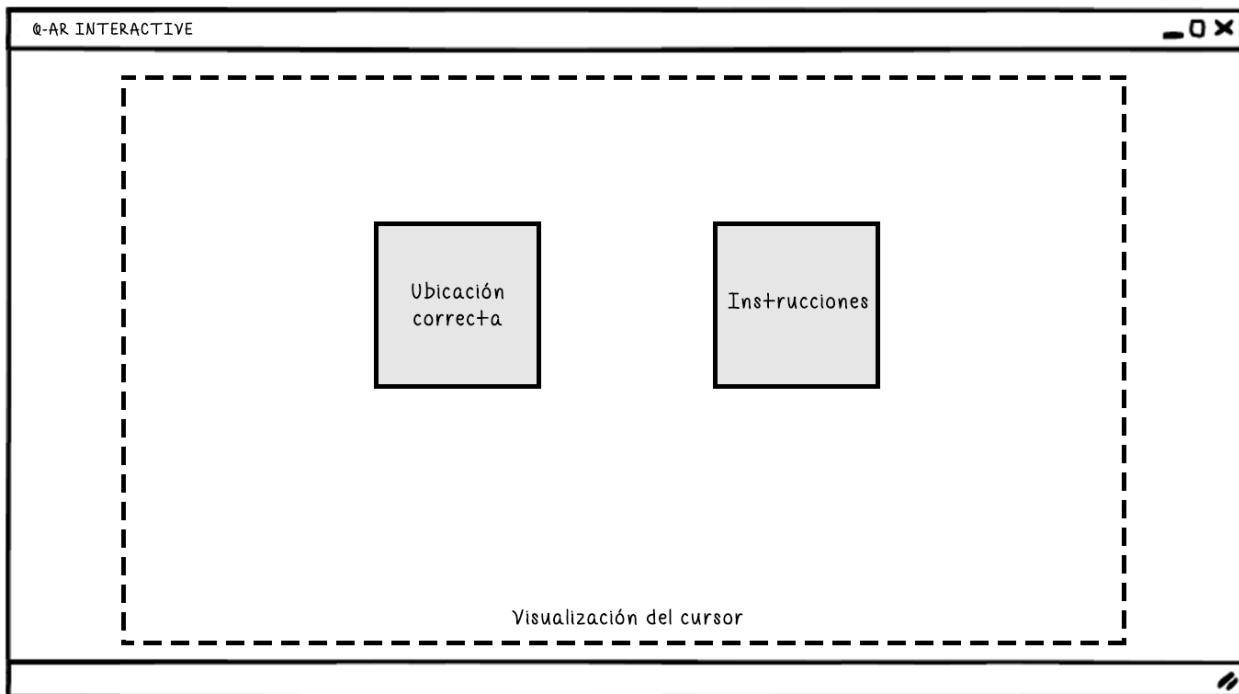


Figura 6.11: P8.Menú de configuración

6.8.10. P9. Instrucciones



Figura 6.12: P9. Instrucciones

6.8.11. P10. Pantalla de inicio

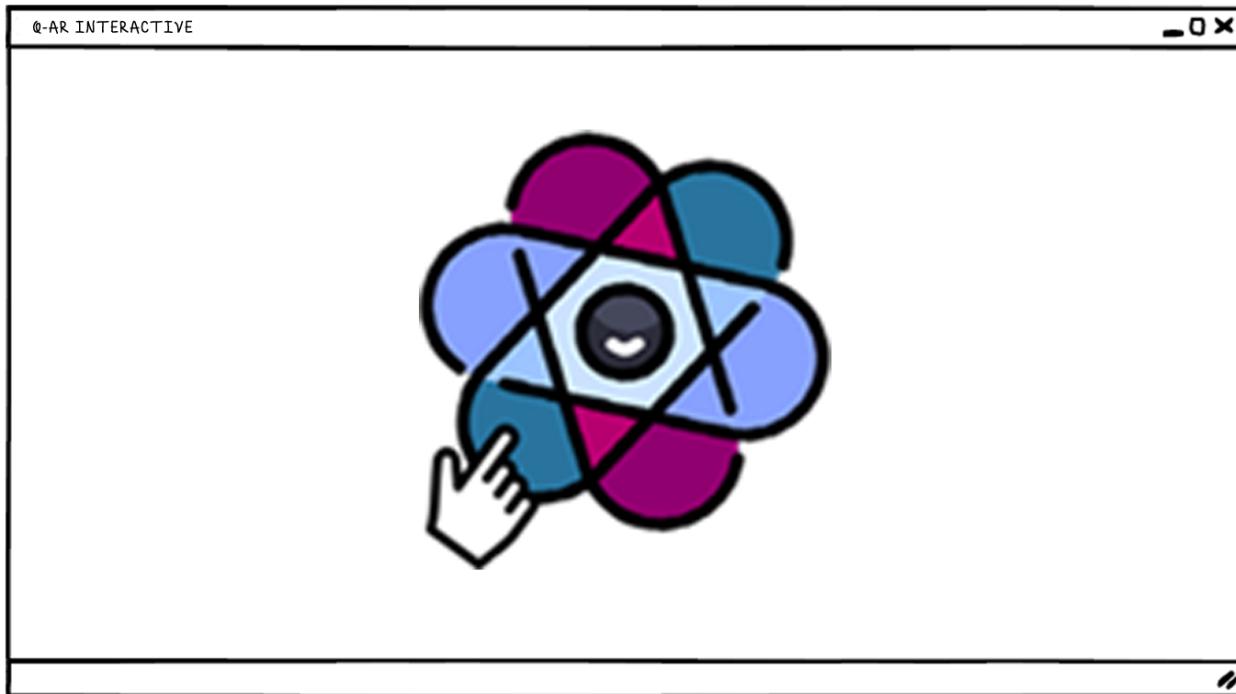


Figura 6.13: P10. Pantalla de inicio

6.9. Definición de la INU

Para que la interacción con la herramienta sea más natural y fluida, se decidió utilizar una *Interfaz Natural de Usuario o Natural User Interface NUI por sus siglas en inglés*. Esto permitirá que el usuario pueda manipular la herramienta a distancia y que no recurra al uso de mouse o teclado.

Para poder usar Q-AR Interactive se implementará el cursor de Microsoft Kinect, el cuál detectará como mano principal la primer mano en escena, esta puede ser la mano izquierda o derecha.

La respuesta de la herramienta con los gestos realizados por el usuario dependerá del estado en el que se encuentre de la máquina de estados. A continuación se detallan los gestos que serán detectados por la herramienta y los estados en los que podrán utilizarse.

6.9.1. Gesto Next

Función

El usuario podrá utilizar este gesto para simular la acción que realiza la *Tecla de Dirección* que apunta hacia la **Derecha** del teclado, que sirve para mover el cursor en esa dirección.

Estados de la herramienta:

- El usuario utilizará este gesto en el estado *Visualización de información teórica de hidrocarburos* (Figura: 6.6) para poder avanzar en el contenido teórico.



Figura 6.14: Gesto Next

6.9.2. Gesto Previous

Función

El usuario podrá utilizar este gesto para simular la acción que realiza la *Tecla de Dirección* que apunta hacia la **Izquierda** del teclado que sirve para mover el cursor en esa dirección.

Estados de la herramienta:

- El usuario utilizará este gesto en el estado *Visualización de información teórica de hidrocarburos* (Figura: 6.6) para poder retroceder en el contenido teórico.



Figura 6.15: Gesto Previous

6.9.3. Gesto Move

Función

El usuario podrá utilizar este gesto para mover el cursor y posicionarse sobre cualquier objeto de la herramienta. El movimiento del cursor (Figura: 6.2) será guiado por el movimiento de las manos.

Estados de la herramienta:

- El gesto *move* estará disponible en cualquier estado de la herramienta.



Figura 6.16: Gesto Move

6.9.4. Gesto Join

Función

Con este gesto el usuario podrá seleccionar con ambos cursores dos objetos, los cuales al unir las manos dará como resultado un objeto diferente.

Estados de la herramienta:

- El usuario utilizará este gesto en el estado *Formación del compuesto* para poder crear un objeto nuevo con la herramienta.



Figura 6.17: Gesto Join

6.9.5. Gesto Push

Función

Este gesto será utilizado para simular la acción que realiza el *doble click del mouse* que sirve para ejecutar una acción.

Estados de la herramienta:

- El usuario utilizará este gesto en todos los estados relacionados con seleccionar una opción.



Figura 6.18: Gesto Join

6.10. Modelo de casos de uso

Para la herramienta Q-AR Interactive se identificaron 3 casos de uso necesarios para cubrir las características del sistema:

- **CU1.** Visualizar información teórica de hidrocarburos
- **CU2.** Resolver el quiz de hidrocarburos
- **CU3.** Encontrar la cadena más larga de un hidocarburo

En la Figura 6.19 se muestra el modelo de Casos de uso de la herramienta.

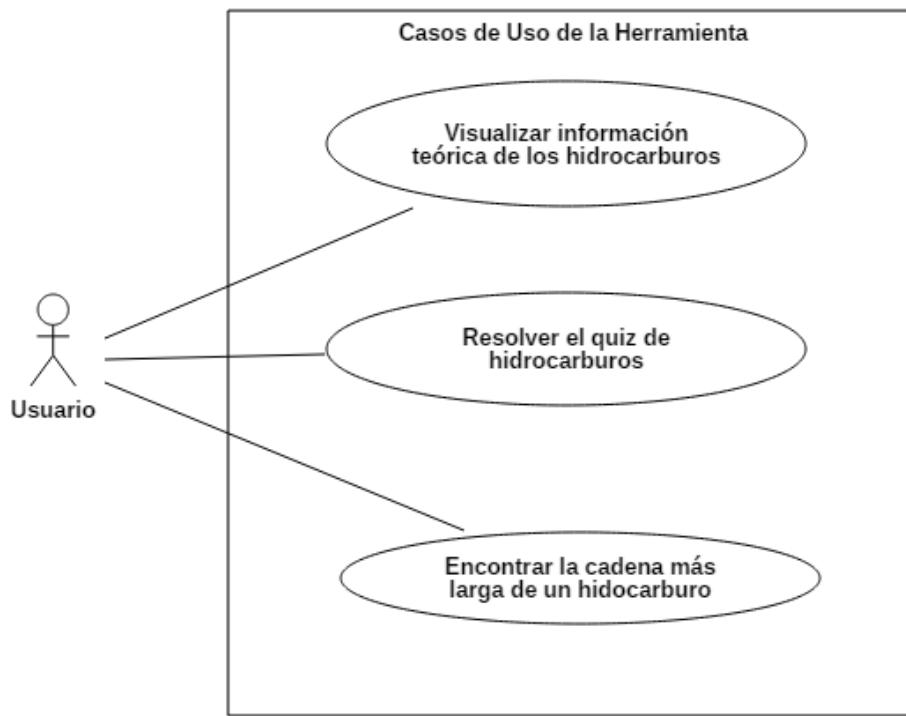


Figura 6.19: Modelo de casos de uso de la herramienta

En la Tabla 6.1 se muestran las características de la Sección 6.5 que se satisfacen en cada caso de uso.

Tabla 6.1: Matriz de Casos de Uso

Matriz de Casos de Uso		
Caso de Uso	Nombre	Característica de la Herramienta
CU1	Visualizar información teórica de hidrocarburos	C1
CU2	Resolver el quiz de hidrocarburos	C2
CU3	Encontrar la cadena más larga de un hidocarburo	C3

6.11. Descripción de Casos de uso

6.11.1. CU1. Visualizar información teórica de hidrocarburos

Tabla 6.2: CU1. Visualizar información teórica de hidrocarburos

CU1. Visualizar información teórica de hidrocarburos	
Actor	Usuario
Propósito	Permitir al usuario visualizar información referente al tema de hidrocarburos: Alcanos, Alquenos y Alquinos.
Resumen	El actor iniciará la herramienta y esta mostrará un menú con los tres tipos de Hidrocarburos, desde el cual podrá seleccionar uno de ellos para consultar su definición y algunos ejemplos.
Entradas	Ninguna
Salidas	Información del hidrocarburo seleccionado.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> ■ La información de los hidrocarburos debe estar almacenada en el sistema. ■ El usuario debió elegir una opción del “Menú de teoría” (Figura 6.5).
Postcondiciones	Pantalla “ <i>Información del hidrocarburo</i> ” (Figura 6.6) de la herramienta con la información referente al hidrocarburo seleccionado por el usuario.
Autor	Cinthia Paola Barrera Paredes

Trayectoria principal

1.  El usuario debió elegir una opción del “Menú de teoría” (Figura 6.5).
 2.  La herramienta verifica que exista información referente al hidrocarburo seleccionado por el usuario. **[Trayectoria A]**.
 3.  La herramienta muestra la pantalla “*Información del hidrocarburo*” (Figura 6.6) con la información referente al hidrocarburo seleccionado por el usuario de acuerdo a la característica **C1** de la sección 6.5.
- Fin de la trayectoria

Trayectoria alternativa A: No existe información registrada.

- A1. La herramienta muestra el mensaje “**Información no registrada**”.
 -----Fin de la trayectoria

6.11.2. CU2. Resolver el quiz de hidrocarburos

Tabla 6.3: CU2. Resolver el quiz de hidrocarburos

CU2. Resolver el quiz de hidrocarburos	
Actor	Usuario
Propósito	Permitir al usuario resolver un quiz referente al tema de hidrocarburos: Alcanos, Alquenos y Alquinos.
Resumen	El actor iniciará la herramienta y esta mostrará una imagen de un hidrocarburo y tres opciones, deberá seleccionar la opción que contiene el nombre correcto del hidrocarburo. El usuario además contará con tres vidas que representan el número máximo de errores que puede cometer al responder una pregunta.
Entradas	Ninguna
Salidas	Imágenes y opciones del quiz.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> ■ La información del quiz (imágenes y opciones) debe estar almacenada en el sistema. ■ El usuario debió elegir una opción ”Quiz” del “Menú de ejercicios” (Figura 6.7).
Postcondiciones	Pantalla “Pregunta sobre un hidrocarburo” (Figura 6.9) de la herramienta con las opciones referentes a la imagen de un hidrocarburo mostrado al azar.
Autor	Cinthia Paola Barrera Paredes

Trayectoria principal

1. El usuario debió elegir la opción ”Quiz” del “Menú de ejercicios” (Figura 6.7).
2. La herramienta verifica que exista información referente al hidrocarburo seleccionado por el usuario. [Trayectoria A].
3. La herramienta muestra la pantalla “Quiz de hidrocarburos” (Figura 6.9) con la información referente a la pregunta del hidrocarburo. 6.5.

4.  El usuario selecciona la opción que contiene el nombre correcto del hidrocarburo mostrado en la imagen.
5.  La herramienta muestra una nueva pregunta referente a hidrocarburos y regresa al paso 4 de la **Trayectoria principal** hasta haber mostrado 10 preguntas.[**Trayectoria B**]
6.  La herramienta muestra el mensaje “**Has ganado**” además del puntaje obtenido y la opción para reiniciar el quiz o regresar al “Menú de ejercicios” (Figura 6.7).

-----Fin de la trayectoria

Trayectoria alternativa A: No existe información registrada.

- A1.  La herramienta muestra el mensaje “**Información no registrada**”.
- Fin de la trayectoria

Trayectoria alternativa B: El usuario se equivoca tres veces.

- B1.  La herramienta muestra el mensaje “**Has perdido**” y la opción para reiniciar el quiz o regresar al “Menú de ejercicios” (Figura 6.7).
- Fin de la trayectoria

6.11.3. CU3. Encontrar la cadena más larga de un hidocarburo

Tabla 6.4: CU3. Encontrar la cadena más larga de un hidocarburo

CU3. Encontrar la cadena más larga de un hidocarburo	
Actor	Usuario
Propósito	Permitir al usuario visualizar información referente al tema de hidrocarburos: Alcanos, Alquenos y Alquinos.
Resumen	El actor iniciará la herramienta y esta mostrará un menú con los tres tipos de hidrocarburos, desde el cuál podrá seleccionar uno de ellos para consultar su definición y algunos ejemplos.
Entradas	Ninguna
Salidas	Información del hidrocarburo seleccionado.
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> ■ La información de los hidrocarburos debe estar almacenada en el sistema. ■ El usuario debió elegir una opción del “Menú de teoría” (Figura 6.5).
Postcondiciones	Pantalla “ <i>Información del hidrocarburo</i> ” (Figura 6.6) de la herramienta con la información referente al hidrocarburo seleccionado por el usuario.
Autor	Cinthia Paola Barrera Paredes

Trayectoria principal

1.  El usuario debió elegir una opción del “Menú de teoría” (Figura 6.5).

 2.  La herramienta verifica que exista información referente al hidrocarburo seleccionado por el usuario. [Trayectoria A].
 3.  La herramienta muestra la pantalla “*Información del hidrocarburo*” (Figura 6.6) con la información referente al hidrocarburo seleccionado por el usuario de acuerdo a la característica C1 de la sección 6.5.
- Fin de la trayectoria

Trayectoria alternativa A: No existe información registrada.

- A1.  La herramienta muestra el mensaje “*Información no registrada*”.
- Fin de la trayectoria

6.12. Diagramas de secuencia

Los siguientes diagramas de secuencia son los correspondientes a la herramienta Q-AR Interactive, los cuales contemplan las acciones realizadas por el usuario.

6.13. Diagrama de clases

De acuerdo al modelo y detalle de casos de uso, hemos definido las clases que utilizaremos. En este caso, solo definiremos las clases con sus atributos o funciones. En la Figura ?? vemos el diagrama de clases de análisis de la herramienta.

6.14. Arquitectura de la herramienta

En la Figura 6.20 se define la arquitectura general de la herramienta propuesta como solución para el problema anteriormente planteado donde se especifican los módulos principales que lo componen.

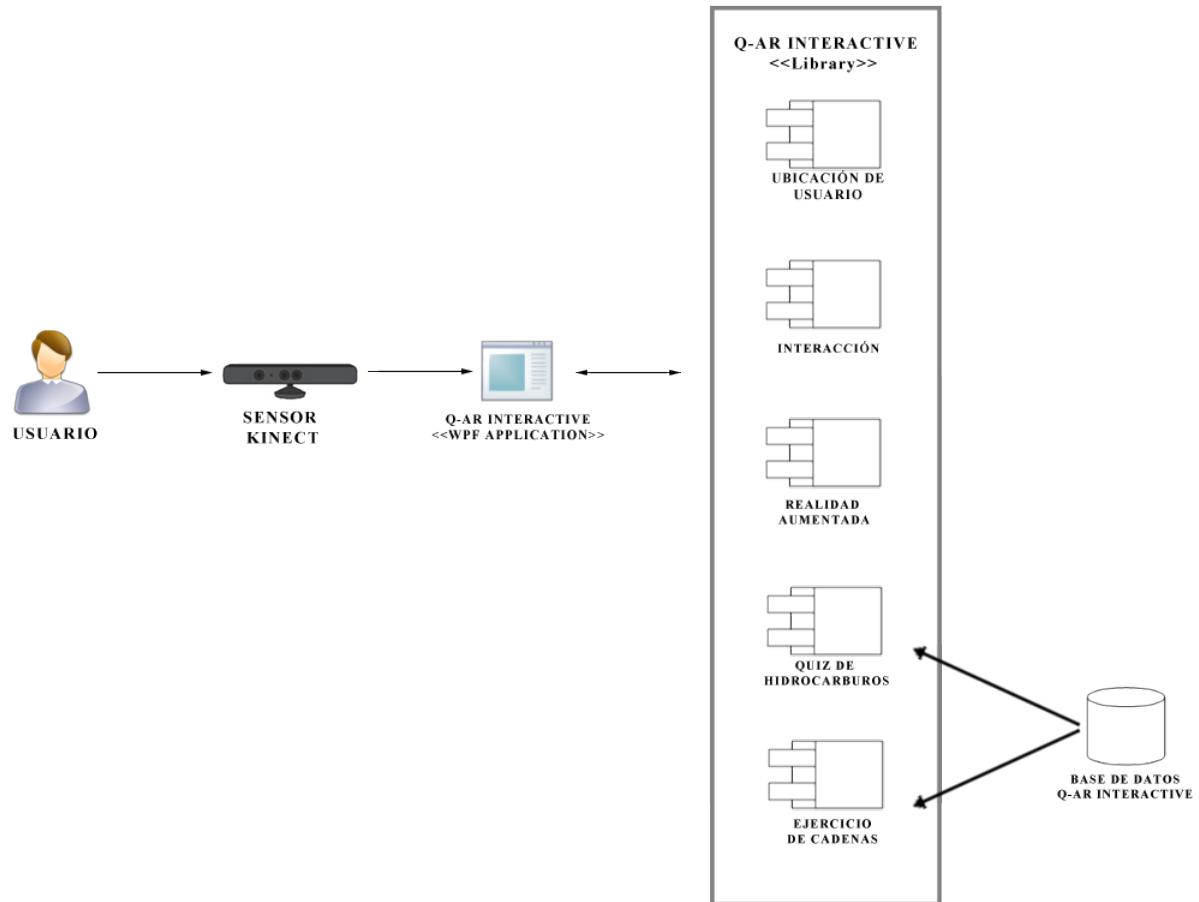


Figura 6.20: Arquitectura de la herramienta

A continuación se presenta la descripción de los módulos iniciales contemplados en la solución y de los cuáles más adelante se irá trabajando de acuerdo a la metodología escogida para el trabajo terminal que es prototipado evolutivo:

Q-AR Interactive

Es una herramienta de apoyo al aprendizaje de la Materia Química III, la cuál contendrá las funciones de los siguientes módulos:

- **Ubicación de Usuario**

Este módulo se encargará de detectar y ubicar al usuario dentro del campo de visión del sensor Kinect® además de brindar indicaciones para que el usuario se ubique dentro de un rango donde pueda utilizar la herramienta de forma adecuada.

- **Interacción**

Este módulo se encargará de validar los gestos definidos en la Sección 6.9 para que el usuario interactúe con la herramienta de una forma natural y fluida.

- **Realidad Aumentada**

Este módulo permitirá al usuario interactuar con la herramienta de una forma visual utilizando imágenes sobreuestas en el entorno donde esté ubicado el usuario .

- **Quiz de Hidrocarburos**

Este módulo se encargará de proporcionar al usuario una serie de preguntas para que éste pueda reforzar su aprendizaje sobre hidrocarburos.

- **Nombrar Hidrocarburo**

Este módulo proporcionará al usuario diversos hidrocarburos, de los cuales el usuario debe indicar la cadena más larga.

- **Base de datos Q-ARINTERACTIVE**

La base de datos de la herramienta contendrá información de los hidrocarburos, la cuál se extraerá y se utilizará para los ejercicios.

Capítulo 7

Base de datos Q-AR InteractiveBD

7.1. Introducción

En el presente capítulo se mostrará el Modelo Entidad-Relación y el Modelo Relacional de la herramienta Q-AR Interactive. Es importante mencionar que para la realización de ambos modelos se consideraron las entidades principales, sus atributos así como la forma en que se interrelacionan.

7.2. Modelo Entidad-Relación

A continuación se muestra el modelo Entidad-Relación de la herramienta.

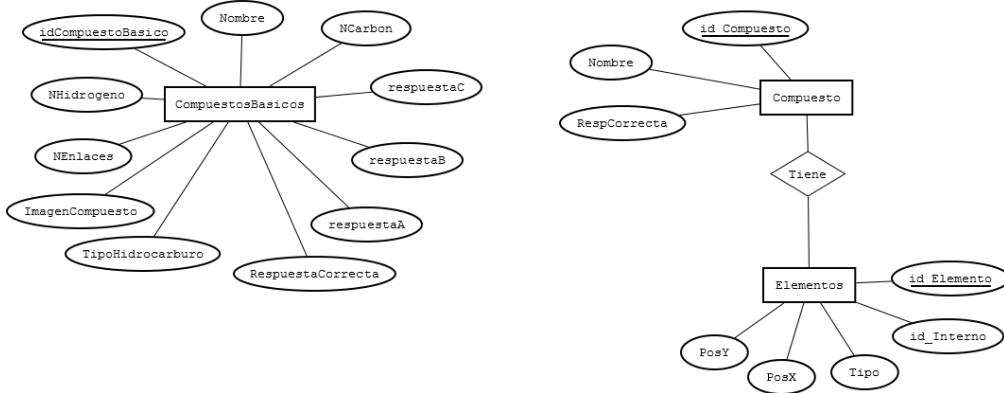


Figura 7.1: Modelo Entidad-Relación de la herramienta

7.3. Modelo Relacional

A continuación en la Figura 7.2 se muestra el modelo relacional de la herramienta.

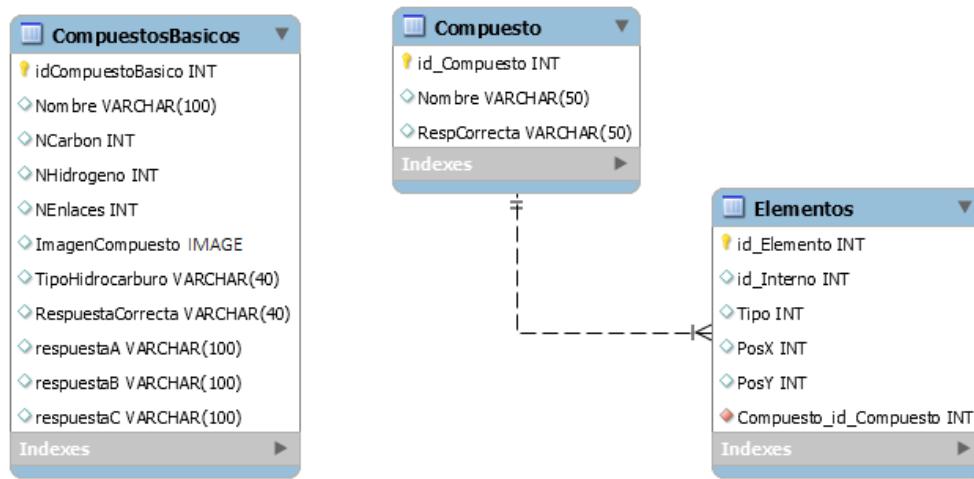


Figura 7.2: Modelo relacional de la herramienta

Capítulo 8

Módulo Ubicación de usuario

8.1. Introducción

En este capítulo se describe el prototipo correspondiente al Módulo “Ubicación de Usuario”, cuyo propósito es indicar al usuario la mejor ubicación para el uso adecuado de la herramienta Q-AR Interactive. Contiene el análisis, diseño, implementación y pruebas realizadas durante su desarrollo.

Mediante el uso de *Kinect Skeletal Tracking* incluido en el SDK 1.8 de Kinect® por Microsoft® se reconocen los puntos del cuerpo de los usuarios que se encuentran en el campo de visión del sensor, los puntos que se reconocen se muestran en la Figura 8.1, para este prototipo es necesario reconocer los puntos *Cadera central*, *Pie izquierdo* y *Pie derecho*.

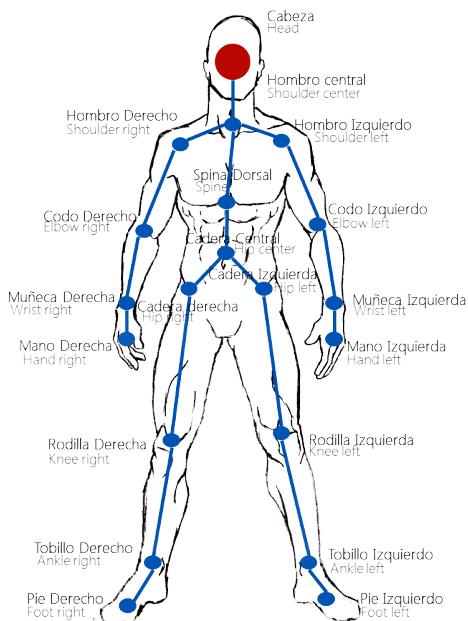


Figura 8.1: Puntos del Cuerpo reconocidos por Kinect®

8.2. Análisis y Diseño

Antes de comenzar a exponer los rasgos generales de la solución es importante mencionar los rangos en los que el sensor Kinect es capaz de reconocer a un usuario. En un rango horizontal por defecto el sensor Kinect® puede identificar a los usuarios que se colocan entre 0.8 metros y 4,0 metros de distancia; dado que los usuarios tendrán que ser capaces de utilizar sus brazos a esa distancia, se sugiere un intervalo práctico de 1.2 metros a 3.5 metros (Figura 8.2).

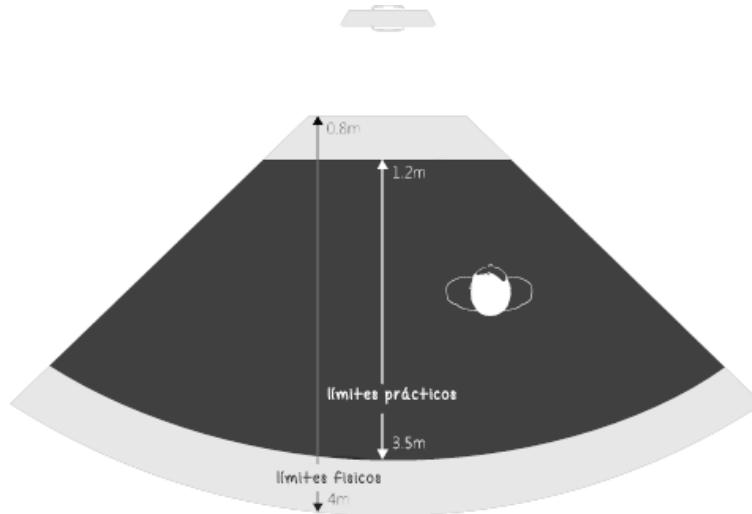


Figura 8.2: Campo de visión horizontal

Colocándose en el rango horizontal correcto y ajustando el sensor con un ángulo de 43.5 es posible identificar de forma correcta a una persona con estatura de 1.8 metros (Figura 8.3).

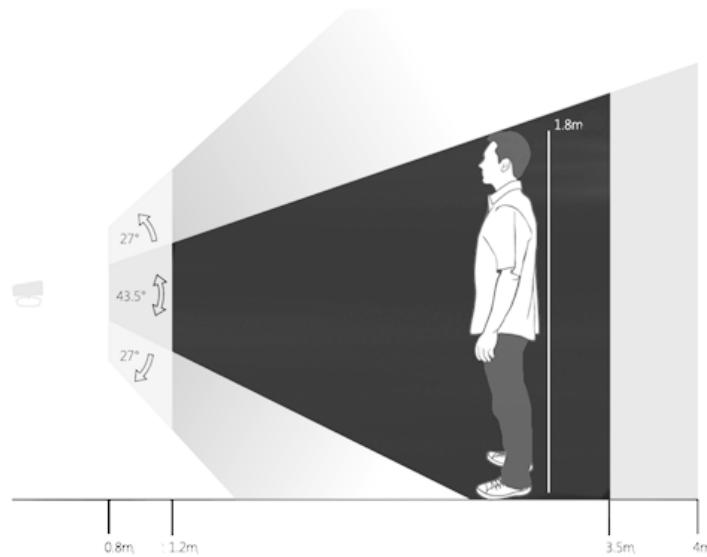


Figura 8.3: Campo de visión vertical

Kinect® utiliza puntos de anclaje como referencias en su propio sistema de coordenadas interno, por lo que el eje X va hacia la del sensor, el eje Y está hacia arriba, y el eje Z es la distancia entre el sensor y el usuario. Este sistema de coordenadas se muestra en la Figura 8.4.

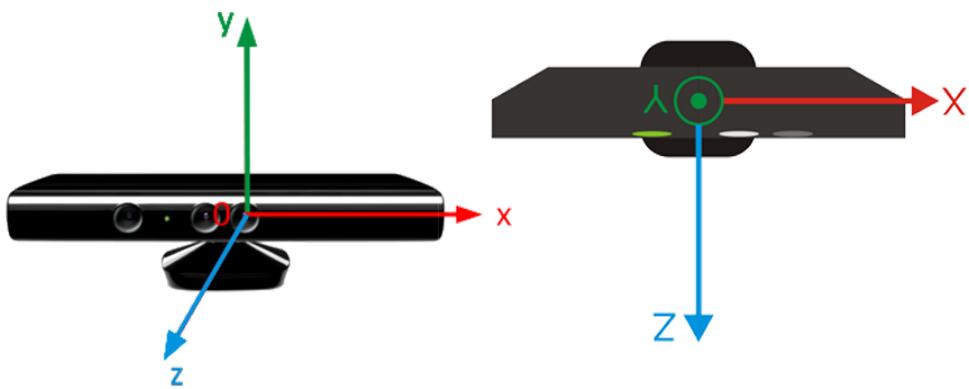


Figura 8.4: Sistema de Coordenadas

8.2.1. Requerimientos funcionales

A continuación se mencionan los requerimientos funcionales del prototipo.

- **RF1. Detección del sensor Kinect**

El prototipo deberá detectar si se encuentra un sensor Kinect® encendido y conectado a la computadora.

- **RF2. Flujo de Información**

El prototipo se encargará de permitir el flujo de información por medio de la cámara del sensor Kinect®.

- **RF2. Detección de puntos del esqueleto humano**

El prototipo se encargará de detectar los puntos de cadera y pies del usuario.

- **RF3. Ubicación del usuario**

El prototipo brindará indicaciones para que el usuario se coloque en una posición donde el sensor lo identifique fácilmente. El rango debe ser:

- Lateral: 120 cm (60 cm a la izquierda y 60 cm a la derecha)
- Profundidad: Entre 130 cm y 270 cm.

8.2.2. Requerimientos no funcionales

Teniendo en cuenta que la herramienta Q-AR Interactive cuenta con 3 módulos para la integración final de la herramienta se consideró un solo requerimiento no funcional:

- **RNF1. Integración**

El prototipo deberá permitir integrar su funcionalidad a la herramienta Q-AR Interactive.

8.2.3. Diagrama de bloques del prototipo

En la Figura 8.5 se muestran los bloques que conforman el prototipo correspondiente al Módulo Procesamiento de la Información.

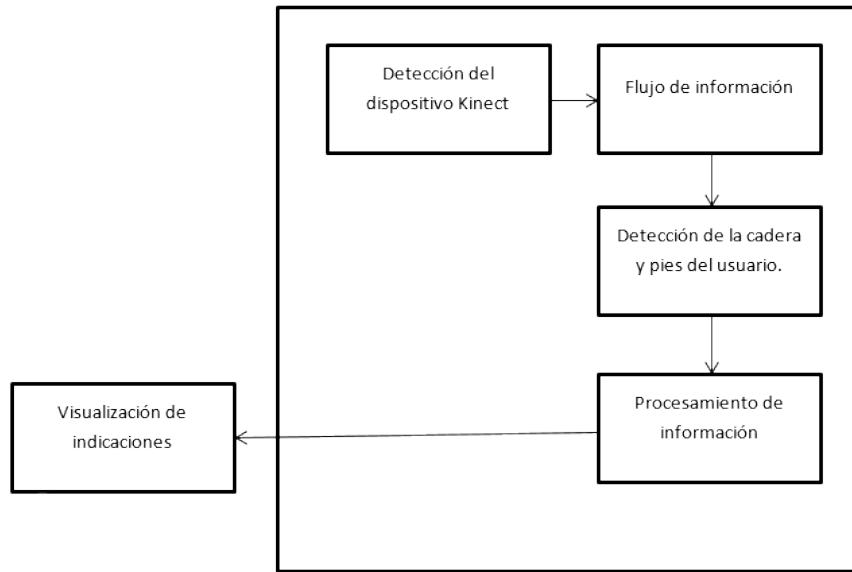


Figura 8.5: Diagrama a bloques de la solución

A continuación se describen las funciones de cada uno de los bloques del prototipo:

■ Detección del sensor Kinect

Este bloque se encargará de detectar si se encuentra un sensor Kinect® encendido y conectado a la computadora para que pueda iniciar el bloque siguiente.

■ Flujo de Información

En este bloque el sensor Kinect® cuenta con una cámara con la cual se obtendrá la visualización del usuario y sus movimientos.

■ Detección de los puntos de cadera y pies

Este bloque se encargará de detectar la cadera y los pies del esqueleto identificado por el sensor Kinect®.

■ Procesamiento de información

El objetivo de este bloque es analizar las coordenadas en las que se encuentran los pies y la cadera del usuario obtenidas por el bloque anterior y determinar si se encuentra dentro del rango establecido, o si se debe mover ya sea a la *IZQUIERDA*, *DERECHA*, *ADELANTE* o *ATRÁS*. Como se puede notar en la figura a continuación, el prototipo mostrará las indicaciones necesarias para ubicar al usuario dentro del rango establecido.

- Si el usuario se encuentra ubicado dentro del área establecida se deberán mostrar los mensajes de **CORRECTO** tanto en posición vertical y horizontal
- Si el usuario se encuentra más atrás del área establecida se deberá mostrar el mensaje **ADELANTE** para que el usuario se mueva en esa dirección.
- Si el usuario se encuentra más adelante del área establecida se deberá mostrar el mensaje **ATRÁS** para que el usuario se mueva en esa dirección.
- Si el usuario sale del área establecida de lado derecho se deberá mostar el mensaje **IZQUIERDA** para que el usuario se mueva en esa dirección.
- Sí el usuario sale del área establecida de lado izquierdo se deberá mostrar el mensaje **DERECHA** para que el usuario se mueva en esa dirección.

8.3. Implementación

La implementación se llevó a cabo con el SDK versión 1.8 ®, el cuál nos permite utilizar Skeletal Tracking;

A continuación se describen las funciones que se implementaron para el desarrollo del prototipo.

- **Window_Loaded**

Detecta si se encuentra conectado el sensor Kinect ®.

- **UseSkeletalTracking**

Permite capturar los datos del esqueleto una vez que se obtengan.

- **sensor_SkeletonFrameReady**

Detecta los puntos del esqueleto.

- **JointID**

Obtiene del vector de Joints el elemento que queremos utilizar, en este caso cadera y pies.

Finalmente para poder observar el funcionamiento del prototipo se ejecuta el programa y se obtiene lo siguiente:

1. Una vez que se ha ejecutado el bloque *Detección del sensor Kinect®* y comienza la obtención de los datos se inicia la detección de los puntos del esqueleto como se muestra en Figura 8.1.
2. El usuario se coloca frente al sensor y en pantalla se muestran las indicaciones que el usuario deberá seguir para posicionarse dentro de un rango establecido previamente.

3. En la Figura 8.6 se muestra un ejemplo de la indicación **ADELANTE**.



Figura 8.6: Moverse hacia adelante

8.4. Pruebas

Para el módulo Ubicación del usuario se realizaron 6 pruebas, antes de comenzar a explicarlas es importante especificar que al usuario se le colocó en un punto dentro del rango establecido, estas pruebas se describen a continuación.

1. La primer prueba consiste en verificar la distancia en el eje de las X, es decir la distancia lateral a la que el sensor Kinect® puede reconocer correctamente los gestos, de acuerdo a la sección 8.2.1 debe ser 60 cm hacia la derecha y 60 hacia la izquierda. En la Figura 8.7 observamos que el usuario está ubicado 73.40 cm hacia la izquierda por lo que se le indica moverse a la derecha.

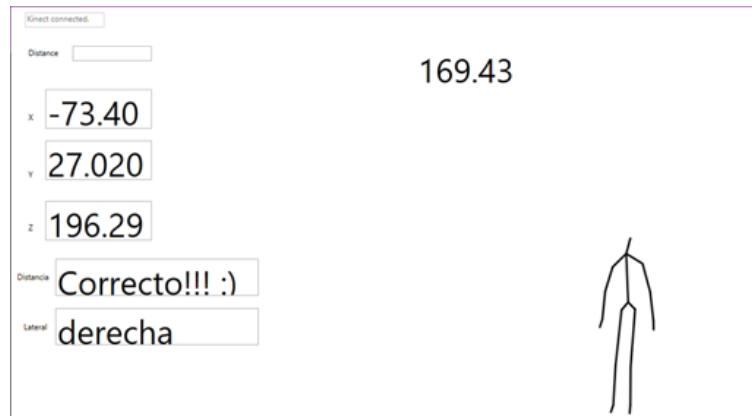


Figura 8.7: Ejemplo prueba 1

2. En la Figura 8.8 observamos que el usuario está ubicado 75.09 cm hacia la derecha por lo que se le indica moverse a la izquierda.

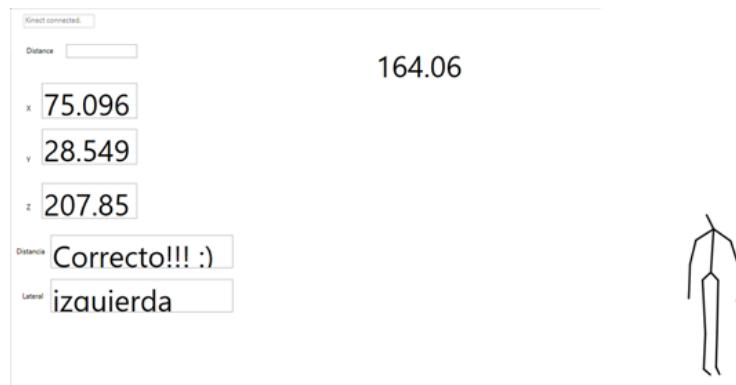


Figura 8.8: Ejemplo prueba 2

3. La tercer prueba consiste en verificar la distancia en el eje de las Z, es decir la distancia de profundidad a la que el sensor Kinect® puede reconocer correctamente los gestos, de acuerdo a la sección 8.2.1 debe ser entre 130 cm y 270 cm. En la Figura 8.9 observamos que el usuario está ubicado a 315 cm del sensor por lo que se le indica moverse hacia adelante.



Figura 8.9: Ejemplo prueba 3

4. En la Figura 8.10 observamos que el usuario está ubicado 112.54 cm del sensor por lo que se le indica moverse hacia atrás.



Figura 8.10: Ejemplo prueba 4

Capítulo 9

Módulo de Interacción

9.1. Introducción

En el presente capítulo se describe el prototipo correspondiente para el Módulo de Interacción, explicando el análisis, diseño, implementación y pruebas que se realizaron para la creación de éste.

Es importante mencionar que este prototipo fue realizado con la versión de SDK 1.8 para el sensor Kinect®, se implementó el uso de la biblioteca *Microsoft.Samples.Kinect.SwipeGestureRecognizer* la cuál es un componente personalizado en el kit de herramientas del desarrollador que implementa el deslizamiento a la derecha y a la izquierda de las manos. Éste gesto en la herramienta servirá para poder cambiar el contenido en el área de trabajo, las manos junto con los brazos realizarán un movimiento de deslizamiento el cuál debe ser lo más natural posible para el usuario.

9.2. Análisis y Diseño

Antes de comenzar a exponer los rasgos generales de la solución es importante mencionar que para éste prototipo se eligieron los gestos *Next* y *Previous* de entre todos los propuestos para la herramienta Q-AR Interactive (Sección 6.9).

9.2.1. Requerimientos funcionales

A continuación se mencionan los requerimientos funcionales del prototipo.

- **RF1. Flujo de Información**

El prototipo se encargará de permitir el flujo de información por medio de la cámara del Kinect®.

- **RF2. Detección de puntos del esqueleto humano**

El prototipo se encargará de detectar todos los puntos que formen un esqueleto humano.

- **RF3. Detección de gesto**

El prototipo se encargará de detectar gestos realizados con las manos.

9.2.2. Requerimientos no funcionales

Debido a que éste prototipo es el correspondiente al Módulo Interacción y teniendo en cuenta que la herramienta Q-AR Interactive cuenta con 4 módulos para la integración final de la herramienta se consideró un solo requerimiento no funcional:

- **RNF1. Integración**

El prototipo deberá permitir integrar su funcionalidad a la herramienta Q-AR Interactive.

9.2.3. Diagrama de bloques del prototipo

En la Figura 9.1 se muestran los bloques que conforman el prototipo correspondiente al Módulo de Interacción.

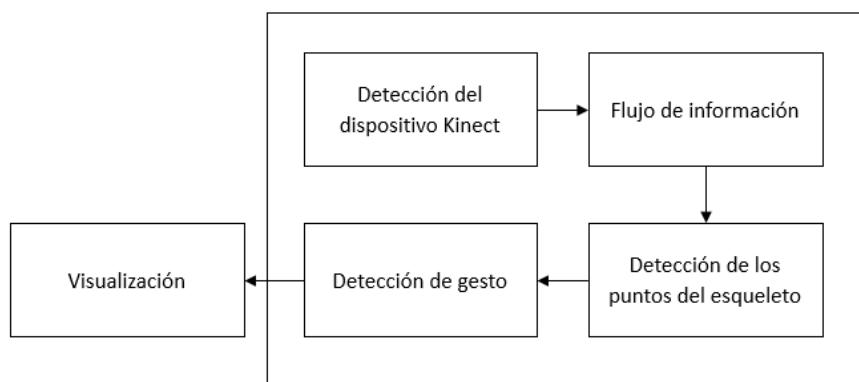


Figura 9.1: Diagrama a bloques del prototipo

A continuación se describen las funciones de cada uno de los bloques del prototipo:

- **Detección del sensor Kinect**

Este bloque se encargará de detectar si se encuentra un sensor Kinect® encendido y conectado a la computadora para que pueda iniciar el bloque siguiente.

- **Flujo de Información**

En éste bloque el sensor Kinect® cuenta con una cámara con la cual se obtendrán los datos del usuario y sus movimientos.

- **Detección de los puntos del esqueleto**

Este bloque se encargará de detectar todos los puntos del esqueleto identificado por el sensor Kinect®.

- **Detección del gesto**

Este bloque tiene como objetivo que una vez que el usuario realice determinado gesto el prototipo sea capaz de identificarlo.

- **Visualización**

Este bloque tiene como objetivo mostrar al usuario el gesto realizado.

9.3. Implementación

Como se mencionó en la introducción, la implementación se llevó a cabo con el SDK versión 1.8 ®, el cuál nos permite utilizar las siguientes bibliotecas:

```
Microsoft.Kinect;  
Microsoft.Samples.Kinect.SwipeGestureRecognizer;
```

Las cuales son fundamentales para el funcionamiento del prototipo. A continuación se describen las funciones que se implementaron para el desarrollo del prototipo.

- **Window_Loaded**

Detecta si se encuentra conectado el sensor Kinect ®.

- **sensor_SkeletonFrameReady**

Detecta los puntos del esqueleto.

- **sensor_ColorFrameReady**

Crea un frame para ver el contenido de la cámara del sensor Kinect ®.

- **CreateRecognizer**

Detecta el gesto identificado.

Finalmente para poder observar el funcionamiento del prototipo se ejecuta el programa y se obtiene lo siguiente:

1. Una vez que se ha ejecutado el bloque *Detección del sensor Kinect* ® y comienza la obtención de los datos se inicia la detección de los puntos del esqueleto como se muestra en Figura 8.1.
2. El usuario efectuará los gestos *Next* y *Previous* los cuáles para que sea un movimiento natural se deben realizar a la altura de la cintura.
3. En la Figura 9.2 se muestra un ejemplo del gesto *Next*.

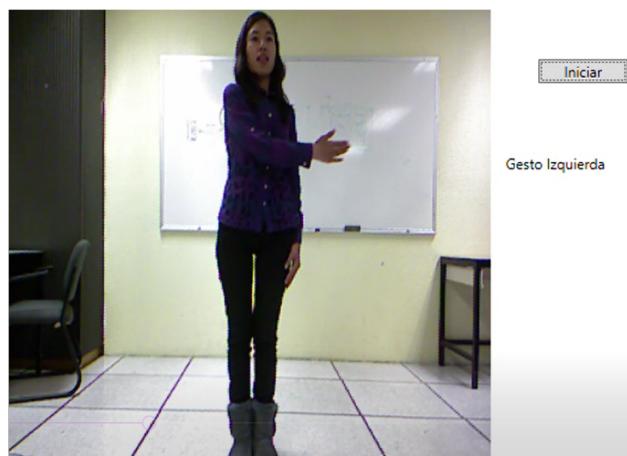


Figura 9.2: Gesto Next

4. En la Figura 9.4 se muestra un ejemplo del gesto *Previous*.



Figura 9.3: Gesto Previous

5. En la interfaz del prototipo se muestra la dirección del gesto que realizó el usuario.

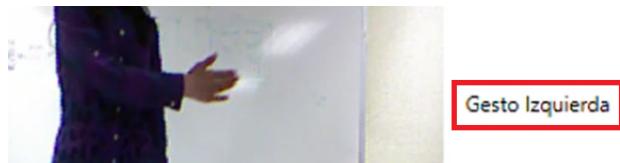


Figura 9.4: Gesto realizado

9.4. Pruebas

Para realizar las pruebas se consideraron las medidas establecidas en el módulo *Ubicación del usuario*, antes de comenzar a explicarlas es importante especificar que al usuario se le colocó en un punto dentro del rango establecido en la sección 8.2.1 , éstas pruebas se describen a continuación.

- **Prueba 1. Límites en el eje vertical**

Como se mencionó anteriormente el usuario debe estar colocado en una posición céntrica para poder hacer uso de la herramienta, si el usuario se encuentra a una distancia menor de 130 cm. los gestos del usuario no son reconocidos correctamente debido a que no se reconoce completamente al usuario.

En el caso contrario si el usuario excede la distancia mayor a 270 cm. los gestos del usuario siguen siendo reconocidos como se muestra en la Figura 9.5.



Figura 9.5: Prueba del usuario a una distancia mayor de 270 cm.

- **Prueba 2. Límites en el eje horizontal**

En el eje horizontal primero se consideró la distancia máxima hacia la derecha (60 cm.), si el usuario excede esa distancia los gestos no son reconocidos por el programa como se muestra en la Figura 9.6.



Figura 9.6: Prueba del usuario a una distancia mayor de 60cm

De la misma forma se tomó en cuenta la distancia máxima hacia la izquierda (60 cm) con la cuál ocurre el mismo comportamiento incorrecto de la herramienta, como se muestra en la Figura 9.7.



Figura 9.7: Prueba del usuario a una distancia mayor de 60cm

■ **Prueba 3. Velocidad del gesto**

Para éste prototipo se observó que es necesario realizar el gesto haciendo énfasis en el deslizamiento de la mano, debido a que si es muy marcado el gesto puede ser identificado, pero si éste se realiza muy lento, no es posible identificar el deslizamiento de las manos.

Capítulo 10

Módulo de Realidad Aumentada

10.1. Introducción

Éste módulo implementa la realidad aumentada, al mostrar una imagen por encima de las manos del usuario. Gracias al *Kinect Skeletal Tracking* incluido en el SDK 1.8 de Kinect® por Microsoft®, podemos rastrear diferentes puntos del cuerpo del usuario, para éste módulo se realizó un prototipo en dónde sólo es necesario conocer la ubicación de ambas manos, una vez que obtenemos la información acerca de la posición de las manos, se coloca un recuadro cuya ubicación en la escena será justo por encima de las coordenadas en las que se encuentra cada mano, posteriormente se coloca como fondo de cada recuadro la imagen que se desea, a continuación se mencionan las características del módulo:

- Si se detecta que ambas manos están lo suficientemente cerca una de la otra, se eliminan los recuadros que están por encima de cada mano y se procede a colocar un recuadro más grande cuyo fondo será diferente, justo por encima de la unión de ambas manos.
- Si se detecta que las manos están separadas más allá de la distancia establecida, se eliminará el recuadro grande encima de ambas manos y se regresará a poner un recuadro por cada mano, con su respectivo fondo de imagen.

Este proceso es repetido para cada imagen(frame) que nos es proporcionado por el sensor Kinect® y se obtienen 30 imágenes por segundo.

10.2. Análisis y Diseño

Para la realización de éste prototipo es utilizado el gesto *Join*, uno de los gestos propuestos para la herramienta Q-AR Interactive explicado en la Sección 6.9.

10.2.1. Requerimientos funcionales

A continuación se especifican los requerimientos funcionales de éste prototipo.

- **RF1. Flujo de Información**

El prototipo se encargará de permitir el flujo de información por medio de la cámara del Kinect®.

- **RF2. Detección de usuario**

El prototipo deberá detectar si el usuario se encuentra en escena.

- **RF3. Detección de manos**

El prototipo deberá identificar la posición de ambas manos.

- **RF4. Detección de gesto**

El prototipo deberá detectar cuando ambas manos se encuentren juntas *gesto:Join*.

- **RF5. Realidad Aumentada**

El prototipo deberá sobreponer una imagen sobre cada mano, en la escena que se encuentra el usuario.

- **RF5. Realidad Aumentada y Gesto**

Cuando se detecte el *gesto: Join* se borrarán las imágenes sobre cada mano, para colocar una única imagen en escena en la posición de ambas manos juntas.

10.2.2. Requerimientos no funcionales

Para éste prototipo se determinó que no es necesario ningún requerimiento no funcional adicional a los generales de la herramienta.

10.2.3. Diagrama de bloques del prototipo

En la Figura 10.1 se muestran los bloques que conforman el prototipo correspondiente al *Módulo de Realidad Aumentada*.

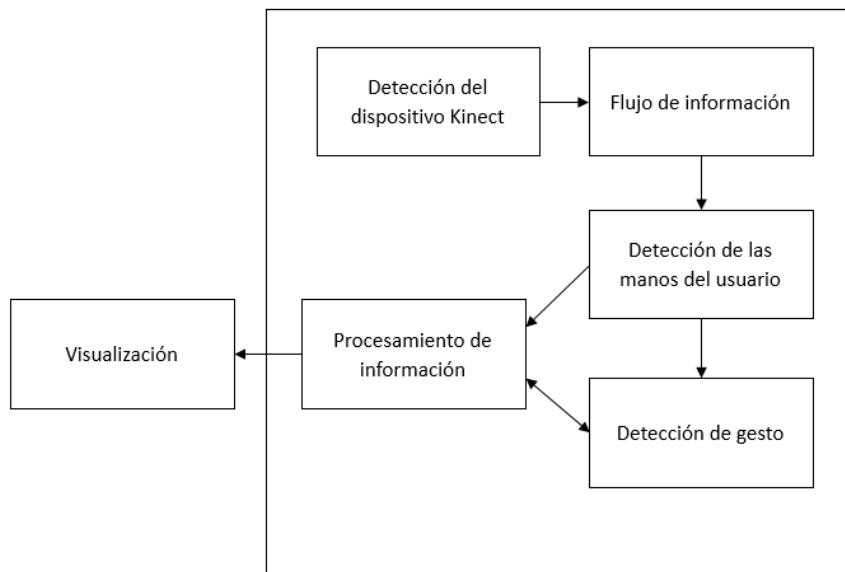


Figura 10.1: Diagrama a bloques de la solución

A continuación se detallan las funciones de cada uno de los bloques del prototipo:

■ **Detección del sensor Kinect**

Éste bloque se encargará de detectar si se encuentra un sensor Kinect® encendido y conectado a la computadora para que pueda iniciar el bloque siguiente.

■ **Fujo de Información**

En éste bloque el sensor Kinect® cuenta con una cámara con la cual se obtendrán los datos del usuario y sus movimientos.

■ **Detección de la manos del usuario**

Éste bloque se encargará de detectar la posición geográfica de las manos del usuario.

■ **Detección del gesto**

Éste bloque tiene como objetivo detectar cuando se cumplen las condiciones para que se genere el gesto *JOIN*, es decir, detecta cuando las manos se encuentran juntas. En la siguiente secuencia de imágenes se pueden observar las posiciones necesarias de las manos del usuario para completar el gesto *JOIN*:

- En la Figura 10.2 se puede observar que el usuario tiene ambas manos mas separadas que el nivel de los hombros.



Figura 10.2: Manos separadas

- En la Figura 10.3 las manos del usuario se han movido, ahora se encuentran al nivel de los hombros.



Figura 10.3: Movimiento de las manos

- En la Figura 10.4 se muestran ambas manos del usuario juntas, lo cual completa el recorrido que las manos deben realizar para completar el gesto *JOIN*.



Figura 10.4: Unión de las manos

- **Procesamiento de información**

El objetivo de éste bloque es analizar las coordenadas en las que se encuentran las manos, obtenidas por el bloque anterior y determinar si se debe mostrar una imagen sobre cada mano, o si se debe mostrar una sola imagen sobre las dos manos, cuando éstas se encuentren juntas.

10.3. Implementación

Como se mencionó en la introducción, la implementación se llevó a cabo con el SDK versión 1.8 ®, el cuál nos permite utilizar la siguiente biblioteca:

```
Microsoft.Kinect;
```

A continuación se describen las funciones que se implementaron para el desarrollo del prototipo.

- **Window_Loaded**

Detecta si se encuentra conectado el sensor Kinect ®.

- **sensor_SkeletonFrameReady**

Detecta los puntos del esqueleto.

- **sensor_ColorFrameReady**

Crea un frame para ver el contenido de la cámara del sensor Kinect ®.

Finalmente para poder observar el funcionamiento del prototipo se ejecuta el programa y se obtiene lo siguiente:

1. Una vez que se ha ejecutado el bloque *Detección del sensor Kinect* ® y comienza la obtención de los datos se inicia la detección de los puntos del esqueleto como se muestra en Figura 8.1 del *Módulo Ubicación del usuario*.
2. Un objeto se colocará sobre cada una de las manos, hasta que el usuario realice el gesto *Join*.
3. Cada que el usuario junte sus manos (gesto *Join*), un objeto diferente se colocará sobre ellas, en caso contrario cada que las manos se separen un objeto se colocará sobre cada mano.

A continuación se explicará el funcionamiento del prototipo de acuerdo a la posición de las manos.

- En la Figura 10.5 ambas manos del usuario están separadas más allá del nivel de los hombros, por lo tanto el prototipo muestra una imagen sobre cada mano.



Figura 10.5: Manos separadas

- En la Figura 10.6 el usuario junta sus manos, el prototipo interpreta el gesto, y borra ambas imágenes de las manos, para mostrar una nueva imagen sobre la unión de ambas manos.

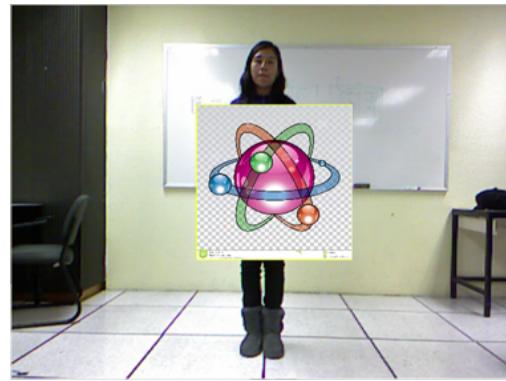


Figura 10.6: Manos juntas

- En la Figura 10.7 el usuario separa sus manos lo suficiente para que el prototipo vuelva a mostrar una imagen sobre cada una de ellas.



Figura 10.7: Separación de las manos

10.4. Pruebas

Para realizar las pruebas de éste prototipo se consideraron las distancias establecidas en el *Módulo de Ubicación del Usuario*, dónde se verifica hasta que distancia los gestos son identificados y si la ejecución del gesto nos da el resultado esperado.

A continuación se mencionarán las pruebas realizadas para éste prototipo:

- **Prueba 1. Límites en el eje vertical**

Para la realización de ésta prueba se determinó que el usuario debe estar a una distancia mayor a 130 cm debido a que si se encuentra más cerca del sensor Kinect® no es posible ubicar correctamente las manos del usuario y da un resultado como el que se muestra en la Figura 10.8.



Figura 10.8: Prueba a distancia menor de 130cm

Por el contrario si el usuario se aleja más allá de 270 cm, también se pierde la correcta ubicación de las manos por parte del sensor Kinect® como se muestra en la Figura 10.9.



Figura 10.9: Prueba a distancia mayor de 270 cm.

■ Prueba 2. Límites en el eje horizontal

En la siguiente prueba se tomó en cuenta el rango correcto para el funcionamiento del prototipo y se determinó que el usuario sólo puede alejarse 60 cm del centro de la escena hacia su derecha debido a que si excede esa distancia sucede lo que se muestra en la Figura 10.10 y produce un comportamiento incorrecto del prototipo.



Figura 10.10: Prueba distancia a la derecha

Para el caso contrario se tomó en cuenta la distancia dentro del rango establecido y se determinó que el usuario sólo puede alejarse 60 cm del centro de la escena hacia su izquierda y como en el caso contrario el funcionamiento del prototipo se ve afectado, en la Figura 10.11 se muestran los resultados.



Figura 10.11: Prueba distancia a la izquierda

■ Prueba 3. Velocidad del gesto

También se verificó si el comportamiento del prototipo se veía afectado a la velocidad con la que se realizaba el gesto y se determinó que para éste prototipo éste dato es irrelevante, ya que las condiciones necesarias para que el gesto sea reconocido es que las manos se junten sin importar la rapidez con que éstas lo hagan.

Capítulo 11

Módulo Quiz de hidrocarburos

11.1. Introducción

El presente capítulo describirá la solución propuesta para este módulo, la cuál consiste principalmente en presentarle al usuario un hidrocarburo y tres posibles nombres correspondientes a ese hidrocarburo, el usuario debe elegir un nombre el cuál se verificará si corresponde al nombre correcto del hidrocarburo, es importante mencionar que la información de este módulo se almacena en una base de datos. Se explicará cómo se desarrolló y su funcionamiento. Para el funcionamiento de este módulo se implementó el gesto *Move* y *Choose* descritos en la (sección 6.9) los cuales utilizan el cursor del sensor Kinect® de Microsoft®.

11.2. Solución propuesta

El quiz de hidrocarburos es un módulo que tiene como objetivo que el usuario reconozca e identifique las estructuras básicas de los hidrocarburos para así complementar su aprendizaje. En la Figura 11.1 se mostrará un diagrama a bloques del funcionamiento de este módulo.

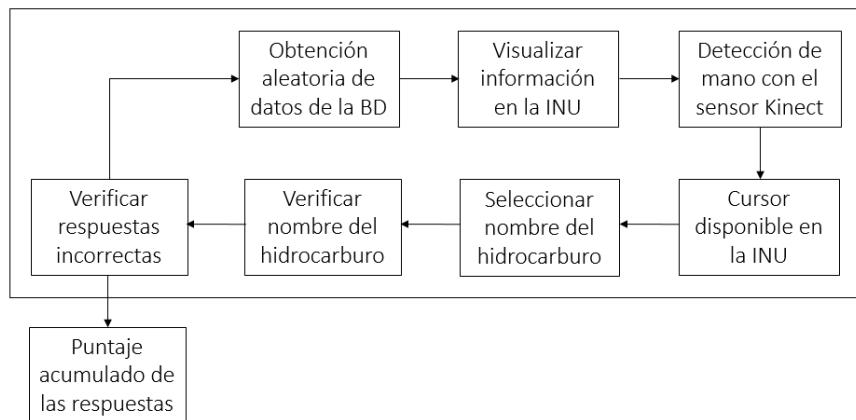


Figura 11.1: Diagrama a bloques del módulo

A continuación se describirán los bloques que componen al módulo.

■ Obtención aleatoria de datos de la BD

Este bloque se encargará de obtener la información desde la base de datos de cualquier hidrocarburo, todos los hidrocarburos almacenados tienen un identificador el cuál es seleccionado aleatoriamente.

■ Visualizar información en la INU

Dependiendo del identificador seleccionado en el bloque „Obtención aleatoria de datos de la BD”, en la INU se visualizará una representación gráfica de un determinado hidrocarburo, la representación gráfica será en un formato .png, así como tres posibles opciones de nombres a seleccionar. El usuario podrá visualizar además de los datos obtenidos de la base de datos su barra de “Puntaje acumulado” la cuál debe estar en ceros y su barra de “Vidas disponibles” la cuál debe estar completa.

■ Detección de mano con el sensor Kinect

El cursor del sensor Kinect® se implementó para poder manipular la interfaz natural de usuario, el cursor funciona y reconoce ambas manos (mano derecha y mano izquierda) pero una a la vez, la mano que aparezca primero en la escena es la que toma el control del cursor.

■ Cursor disponible en la INU

El cursor del sensor Kinect® aparecerá una vez que el usuario coloque la palma de la mano en dirección al sensor y éste prodrá visualizar sus movimientos en la interfaz.

■ Seleccionar nombre del hidrocarburo

Este bloque permite que el usuario haciendo uso del cursor del sensor Kinect® pueda realizar el gesto ”Pushz” así seleccionar una opción de nombre del hidrocarburo.

■ Verificar nombre del hidrocarburo

Una vez que el usuario seleccionó un nombre de hidrocarburo este bloque verificará que el nombre seleccionado sea el del hidrocarburo mostrado en la interfaz.

■ Verificar respuestas incorrectas

Este bloque se encargará de contabilizar el número de respuestas incorrectas. Así mismo por cada respuesta incorrecta se descontará a la barra de ”Vidas disponibles” una vida por cada error cometido.

■ Puntaje acumulado de las respuestas

Este bloque se encargará de verificar los contadores finales y dependiendo del número de respuestas correctas este obtendrá un puntaje.

11.3. Análisis y Diseño

Para el funcionamiento de este módulo se utiliza el gesto *Chooser*, uno de los gestos propuestos para la herramienta Q-AR Interactive y el cuál es explicado en la Sección 6.9.

11.3.1. Requerimientos funcionales

A continuación se mencionan los requerimientos funcionales del prototipo.

■ RF1. Flujo de Información

El flujo de información se obtendrá por medio de la cámara del sensor Kinect®.

■ RF2. Detección de usuario

El módulo deberá detectar si el usuario se encuentra en escena. El rango será:

- Lateral: 120 cm (60 cm a la izquierda y 60 cm a la derecha)
- Profundidad: Entre 130 cm y 270 cm.

■ RF3. Detección de manos

El módulo deberá identificar ambas manos.

■ RF4. Detección de gesto

El módulo deberá detectar cuando el usuario seleccione un elemento mediante el gesto: *Chooser*.

■ RF5. Verificación de respuesta

El módulo se encargará de verificar que el usuario haya seleccionado el nombre correcto del compuesto.

■ RF6. Acumulación de puntaje

El módulo se encargará de acumular por cada respuesta correcta una unidad.

■ RF6. Acumulación de errores

El módulo se encargará de disminuir en una unidad las vidas disponibles del usuario por cada respuesta incorrecta.

■ RF7. Vidas disponibles

El usuario contará con 3 oportunidades para dar una respuesta errónea.

11.3.2. Requerimientos no funcionales

■ RNF1. Integración

El módulo debe tener esta característica para que pueda ser integrado a la herramienta Q-AR Interactive.

11.4. Implementación

A continuación se describen las funciones que se utilizaron para el desarrollo de este módulo.

■ SensorAllFramesReady

Esta función se utiliza para habilitar la cámara de video del sensor Kinect®.

■ SensorChooserOnKinectChanged

Se establece una región de Kinect® para poder utilizar el cursor.

■ iniciaProceso

Realiza la elección aleatoria de los hidrocarburos a mostrar.

■ abrirConexión

Permite establecer la conexión con la base de datos.

■ obtenerInformacion

Obtiene la información de los hidrocarburos almacenados en la base de datos y muestra la información en pantalla.

■ verificaRespuesta

Verifica que la respuesta seleccionada por el usuario corresponda con el nombre almacenado en la base de datos.

La información e imágenes de los hidrocarburos guardados en la base de datos se almacenó manualmente utilizando Microsoft SQL Server Management Studio, como se muestra en la Figura 11.2 así se realizó para cada hidrocarburo.

```
insert into basicCompounds(IdCompound, NameCompound, NCarbon, NHydrogen, NLink, compoundImage, TypeHydrocarbon, correctAnswer, answerA, answerB, answerC)
Values (
1,
'Metano',
1,
3,
0,
(SELECT * FROM OPENROWSET(BULK N'C:\Users\ROCIO\Desktop\NUEVO\Metano.png', SINGLE_BLOB) as imagen),
'Alcano',
'uno',
'Etano',
'Metano',
'Propano'
);
```

Figura 11.2: Guardar datos en la base de datos

11.5. Pruebas

Capítulo 12

Módulo Cadena más larga

12.1. Introducción

Éste módulo muestra gráficamente un hidrocarburo en pantalla, el usuario deberá seleccionar, ya sea elementos o enlaces, hasta que considere que ha seleccionado la cadena más larga del hidrocarburo mostrado, una vez terminado debe indicar al sistema que ha finalizado su selección, el sistema evaluará su respuesta y en caso de ser correcta mostrará el nombre del hidrocarburo, en caso contrario mostrará cual es la cadena más larga y nombre del hidrocarburo.

El usuario seleccionará cada elemento realizando el gesto *Push* explicado en la Sección 6.9 el cual se reconocerá mediante el sensor Kinect® de Microsoft®.

12.2. Solución propuesta

En la Figura 12.1 se muestran los bloques que conforman el módulo correspondiente al *Ejercicio 2: Cadena más larga*.



Figura 12.1: Diagrama a bloques de la solución

A continuación se describen las funciones de cada uno de los bloques del prototipo:

- **Detección del sensor Kinect[®]**

Este bloque se encargará de detectar si se encuentra un sensor Kinect[®] encendido y conectado a la computadora para que pueda iniciar el bloque siguiente.

- **Flujo de Información**

En este bloque el sensor Kinect[®] cuenta con una cámara con la cual se obtendrán los datos del usuario y sus movimientos.

- **Detección de las manos del usuario**

Este bloque se encargará de detectar la posición geográfica de las manos del usuario

- **Detección del gesto**

Este bloque tiene como objetivo detectar cuando el usuario realiza el gesto *Choose*, es decir, cuando selecciona algún elemento de los mostrados en pantalla.

- **Procesamiento de la información**

En este bloque el sistema mostrará en pantalla una imagen a modo de cursor para que el usuario sepa en donde se están ubicando sus manos. También si detecta el gesto *Choose*, indicará al usuario que elemento seleccionó, iluminando el borde del elemento seleccionado. Además una vez que el usuario selecciona finalizar, deberá evaluar la respuesta elegida por el usuario, determinar si es correcta y mostrar el mensaje correspondiente.

12.3. Análisis y Diseño

Para este módulo será necesario contar con el gesto *Chooser*, uno de los gestos propuestos para la herramienta Q-AR Interactive explicado en la Sección 6.9.

12.3.1. Requerimientos funcionales

A continuación se mencionan los requerimientos funcionales del prototipo.

- **RF1. Flujo de Información**

El módulo se encargara de permitir el flujo de información por medio de la cámara del Kinect®.

- **RF2. Detección de usuario**

El módulo deberá detectar si el usuario se encuentra en escena. El rango será:

- Lateral: 120 cm (60 cm a la izquierda y 60 cm a la derecha)
- Profundidad: Entre 130 cm y 270 cm.

- **RF3. Detección de manos**

El módulo deberá identificar la posición de ambas manos.

- **RF4. Detección de gesto**

El módulo deberá detectar cuando el usuario seleccione un elemento mediante el gesto: *Chooser*.

- **RF5. Evaluación de respuesta**

El módulo detectará cuando el usuario seleccione la opción finalizar una vez que haya terminado de seleccionar elementos, evaluará la respuesta del usuario y mostrará un mensaje indicando si fue correcto o incorrecto.

- **RF6. Cancelación de respuesta**

El módulo deberá identificar cuando el usuario seleccione la opción cancelar, indicando que desea reiniciar la selección de elementos que llevaba hasta ese momento.

12.3.2. Requerimientos no funcionales

Para este módulo se determinó que no es necesario ningún requerimiento no funcional adicional a los generales de la herramienta.

12.4. Implementación

A continuación se describen las funciones que se utilizaron para el desarrollo de este módulo.

12.5. Pruebas

Bibliografía

- [1] FRANCESC PEDRÓ, OECD-CERI, *Aprender en el nuevo milenio: Un desafío a nuestra visión de las tecnologías y la enseñanza*, Mayo 2006. Fecha de consulta: 2 de Mayo del 2016. Disponible en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=848274>
- [2] DINISKA, *Quimica en App Store*. Fecha de consulta: 5 de Mayo del 2016. Disponible en: <https://itunes.apple.com/mx/app/quimica/id493558583?mt=8>.
- [3] FRANCISCO BRAMA, *Química — Formula Compuestos*, Fecha de consulta: 5 de Mayo del 2016, Disponible en: <http://www.portalprogramas.com/quimica-formula-compuestos/android/>.
- [4] MARÍA GUADALUPE CASTILLO ARTEAGA, *Aprendizaje constructivo de la Química en el nivel medio superior a través de Webquest*, Boletín científico Preparatoria 4, Volumen 1 No. 2. Julio 2013. Fecha de consulta: 5 de Mayo del 2016, Disponible en: <http://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n1/index.html>.
- [5] PATRICK MAIER,GUDRUN KLINKER, *Augmented chemical reactions: An augmented reality tool to support chemistry teaching.*, Conferencia Experiment@ International, 2013 (pp. 164-165). IEEE. Fecha de consulta: 5 de Mayo del 2016. Disponible en: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6703055&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxpls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D6703055.
- [6] COSTAS BOLETSIS,SIMON MCCALLUM (2008), *The Table Mystery: An Augmented Reality Collaborative Game for Chemistry Education. Serious Games Development and Applications*, (pp. 86-95). Springer Berlin Heidelberg. Fecha de consulta: 5 de Mayo del 2016. Disponible en: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-40790-1_9#page-1.
- [7] M. EN C. MÓNICA RIVERA DE LA ROSA,PROF. JOSÉ MARCO ANTONIO RUEDA MELÉNDEZ, *Editor Gráfico de Fórmulas Químicas Orgánicas*, Trabajo Terminal 2009-0020, 2010. Fecha de consulta: 7 de Mayo del 2016
- [8] DR. JUAN JOSÉ TORRES MANRÍQUEZ, M. EN C. JORGE LUIS ROSAS TRIGUEROS, *Herramienta de enseñanza/aplicación de la química básica*, Trabajo Terminal 2005-0954, 2006. Fecha de consulta: 7 de Mayo del 2016
- [9] MIGUEL ÁNGEL DOMÍNGUEZ REBOIRAS,ED. THOMSON, *Química. La ciencia básica*, 2008. Disponible en: <https://books.google.com.mx/books?id=QM-Gj2K2ZKYC&pg=PR4&lpg=PR4&dq=Qu%C3%ADmica.+La+ciencia+b%C3%A1sica,+Miguel+Angel+Dominguez+Reboiras,Ed.+Thomson,+2008,+Madrid&source=bl&ots=w0fgCOOdPU&sig=4H701DUCqPKbbjdO8000DPYb1Tk&hl=es&sa=X&ved=>

- 0ahUKEwj1KfruPTPAhXh4IMKHdKgBYAQ6AEIIjAB#v=onepage&q=Qu%C3%ADmica.%20La%20ciencia%20b%C3%Alsica%20Miguel%20Angel%20Dominguez%20Reboiras%2CEd.%20Thomson%2C%202008%2C%20Madrid&f=false.
- [10] STEPHEN J. WEININGER,FRANK R. STERMITZ, *Química Orgánica*, 1988. Disponible en: <https://books.google.com.mx/books?id=06YvtgAtXmcC&pg=PA1102&lpg=PA1102&dq=quimica+organica+libro&source=bl&ots=xziEM0rZef&sig=7TNODuwABSQXNnLvs1E2fun773o&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiwo7aEyL3PAhVG34MKHW3IDT4Q6AEIezAP#v=onepage&q&f=false>.
- [11] Q.B. JUDITH DORA SÁNCHEZ ECHEVERRÍA,Q.F.I. MARÍA DE LOURDES GARCÍA BECERRIL,I.I.Q. YOLANDA EDITH BALDERAS SOLANO, *Química I*, Fecha de consulta: 1 de Mayo del 2016. Disponible en: http://prepaunivas.edu.mx/v1/images/pdf/libros/quimica_I.pdf.
- [12] CENTRO PARA LA INNOVACIÓN Y DESARROLLO DE LA EDUCACIÓN A DISTANCIA, *La Química del Carbono*. Fecha de consulta: 1 de Mayo del 2016. Disponible en: <http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esofisicaquimica/4quincena10/impresos/quincena10.pdf>.
- [13] Repaso *Química Orgánica: Los grupos funcionales*. Disponible en: <http://www.medicinabc.com/2012/12/quimica-organica-los-grupos-funcionales.html#axzz404VxG2jh>.
- [14] ANTONIO GALINDO BRITO, *Grupos funcionales: elementos de clasificación, reactividad química*. Fecha de consulta: 2 de Mayo del 2016. Disponible en: <https://agalindo.webs.ull.es/LECCION4.pdf>.
- [15] UNIÓN INTERNACIONAL DE QUÍMICA PURA Y APLICADA (IUPAC), *Introducción a la Nomenclatura Orgánica*. Fecha de consulta: 3 de Mayo del 2016. Disponible en: https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/quimbiotec/Nomenclatura_organica.pdf.
- [16] GRUPO DE SÍNTESIS ORGÁNICA, *Tema 1. Alcanos*. Fecha de consulta: 3 de Junio del 2016. Disponible en: <http://www.sinorg.uji.es/Docencia/Q0/tema1Q0.pdf>.
- [17] GRUPO DE SÍNTESIS ORGÁNICA, *Tema 6. Alquenos*. Fecha de consulta: 10 de Junio del 2016. Disponible en: <http://www.sinorg.uji.es/Docencia/Q0/tema6Q0.pdf>.
- [18] GRUPO DE SÍNTESIS ORGÁNICA, *Tema 7. Alquinos*. Fecha de consulta: 13 de Junio del 2016. Disponible en: <http://www.sinorg.uji.es/Docencia/Q0/tema7Q0.pdf>.
- [19] Centro de Recursos Didácticos de Realidad Aumentada para la Enseñanza de las ciencias a Nivel Bachillerato. Fecha de consulta: 19 de Junio del 2016. Disponible en: <https://sites.google.com/site/realidadaaumentadaccadet/home/-que-es-la-realidad-aumentada>.
- [20] *The new dimensions of marketing – Augmented Reality Marketing*. Disponible en: <http://www.juic3dit.com/new-dimensions-marketing-augmented-reality-marketing/>.

- [21] AREXPERIENCE, *Realidad Aumentada Aplicada, AR Orígenes*. Fecha de consulta: 19 de Junio del 2016. Disponible en: <http://augmentedrealityexperience.blogspot.mx/2014/03/ar-origenes.html>.
- [22] *Augmented Reality Goes Mobile (2/2010)*, Disponible en: http://www.manifest-tech.com/society/augmented_reality.htm.
- [23] *Web Standards based Augmented Reality*. Disponible en: <http://www.slideshare.net/robman/web-standards-based-augmented-reality>.
- [24] *Test telefonu Siemens SXI*. Disponible en: <http://www.bazatelefonow.pl/test/285-test-telefonu-siemens-sx1/?p=4>.
- [25] *Bud Light toma juego Pac Man para el mundo real*. Disponible en: <http://comunicadores.info/2015/01/23/bud-light-leva-jogo-pac-man-para-o-mundo-real/>.
- [26] LA REPÚBLICA, *¿Qué es la realidad aumentada?*. Fecha de consulta: 20 de Junio del 2016. Disponible en: <http://blogs.larepublica.pe/realidad-aumentada/2014/02/21/que-es-la-realidad-aumentada/>.
- [27] STEVE CHI-YIN YUEN,GALLAYANEE YAOYUNEVONG ERICK JOHNSON, *Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education*. Fecha de consulta: 20 de Julio del 2016. Disponible en: <http://austarlabs.com.au/wp-content/uploads/2014/01/AR-an-overview-five-directions-for-AR-in-ed.pdf>.
- [28] PHIL DIEGMANN,MANUEL SCHMIDT-KRAEPELIN,SVEN VAN DEN EYNDEN,DIRK BASTEN, *Benefits of Augmented Reality in Educational Environments - A Systematic Literature Review*. Fecha de consulta: 20 de Julio del 2016. Disponible en: <http://www.wi2015.uni-osnabrueck.de/Files/WI2015-D-14-00036.pdf>.
- [29] RAÚL M. LOZADA,LUIS A. RIVERA ESCRIBA,FERNANDO T. MOLINA, *Interfaces de Usuario Natural*. Fecha de consulta: 18 de Junio del 2016. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/285927377_Interfaces_de_Usuario_Natural.
- [30] CARLOS SAGÜES, *Sistema interactivo para manejo de electrodomésticos en entornos domésticos*. Fecha de consulta: 20 de Junio del 2016. Disponible en: http://zaguan.unizar.es/record/12845/files/TAZ-PFC-2013-649_ANE.pdf?version=4
- [31] MICROSOFT, *Developing with Kinect for Windows*. Fecha de consulta: 18 de Junio del 2016. Disponible en: <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect/develop>.
- [32] MICROSOFT, *Requisitos del hardware de kinect y configuración del sensor*. Fecha de consulta: 18 de Junio del 2016. Disponible en: <https://developer.microsoft.com/es-es/windows/kinect/hardware-setup>.
- [33] POWER DATA, *El valor de la gestión de los datos*. Fecha de consulta: 10 de Abril del 2017. Disponible en: <http://blog.powerdata.es/el-valor-de-la-gestion-de-datos/bid/406549/qu-es-el-sistema-manejador-de-bases-de-datos>.
- [34] IAN SOMMERVILLE, *Ingeniería del Software*, séptima edición, Pearson, España, Madrid, 2005.