

Empoderamiento de la Conciencia Situacional en operaciones militares usando Realidad Aumentada

Alejandro Mitaritonna^{1,3}

¹ Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF)
Villa Martelli, Buenos Aires, Argentina
amitaritonna@citedef.gob.ar

María José Abásolo^{2,3}

² Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CICPBA)

³ Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)
Facultad de Informática – Universidad Nacional de La Plata (UNLP)
calle 50 y 120 (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina
mjabasolo@lidi.info.unlp.edu.ar

Francisco Montero⁴

⁴ Universidad de Castilla-La Mancha
Sistemas informáticos, E.S. de Ingeniería Informática Albacete
Albacete, España
Francisco.MSImarro@uclm.es

I. DATOS

Lugar defensa: Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Informática

Fecha defensa: 2 de diciembre de 2019

II. MOTIVACIÓN

La Conciencia Situacional (CS) es la percepción de nuestro entorno, la comprensión de su significado y la proyección de su estado. La falta de CS es un factor causal en muchos accidentes militares. Las técnicas de Realidad Aumentada (RA) se utilizan para apoyar la CS y la interacción en situaciones de crisis donde el tiempo de respuesta juega un rol central. En primer lugar, se revisan los proyectos militares existentes. Luego, el diseño de una arquitectura militar basada en RA como soporte para CS, llamada RAIOM (Realidad Aumentada para la identificación de Objetivos Militares), se introduce y valida con usuarios reales simulando escenarios militares tradicionales. Se presenta una propuesta de un modelo para identificación, selección y clasificación de los requisitos de la CS para ser utilizados en el campo militar; además de que este modelo también se centra en el diseño de soluciones basadas en RA. Este modelo, denominado 3D-SA, facilita el análisis, primero, y el diseño, más tarde, de los sistemas militares donde el concepto de CS es esencial. El modelo 3D-SA intenta facilitar el uso y la aplicación de soluciones basadas en RA así como también cubrir una deficiencia en la brecha entre los requisitos y las soluciones de diseño de la CS en sistemas militares. Se implementó un procesamiento distribuido en una arquitectura cliente-servidor utilizando lentes ópticos AR transparentes por el lado del cliente y una mini

placa por el lado del servidor. Se implementó una aplicación de RA que utiliza la arquitectura propuesta como prueba de concepto integrada. La implementación se evaluó para medir la efectividad, la eficiencia y la usabilidad de la arquitectura de software en términos de tres niveles de CS, como son la percepción, la comprensión y la proyección. Se utilizaron diferentes técnicas en la evaluación, tales como User Testing, Thinking Aloud Protocol and SAGAT / SART. También se evaluó la experiencia del usuario (UX) utilizando el cuestionario UMUX. Los resultados fueron optimistas según el grado de cumplimiento de la CS obtenido por los participantes en el experimento.

Palabras Claves: Conciencia situacional; Framework de software; Diseño centrado en el usuario; Experiencia del usuario; SCRUM+DCU; SAGAT; SART; UMUX

III. INTRODUCCIÓN

Azuma, R [1] detalla que la RA permite al usuario ver el mundo real, con objetos virtuales superpuestos o compuestos con el mundo real. Por lo tanto, la RA complementa la realidad, en lugar de reemplazarla por completo.

Endsley, M. R [2,3] menciona que la CS es la percepción de los elementos en el entorno dentro de un volumen de tiempo y espacio, la comprensión de su significado y la proyección de su situación en el futuro cercano. La CS incluye la pérdida o percepción incompleta o cambio de los elementos presentes en el entorno operativo del soldado. Este factor puede estar relacionado con las percepciones limitadas de un individuo de su entorno operativo. Algunas de estas dificultades pueden superarse utilizando una tecnología que pueda organizar y mostrar la información al usuario automáticamente.

Durante los últimos años, se diseñaron varios proyectos militares basados en RA para mejorar las CS como apoyo para la toma de decisiones en entornos desconocidos. Los ejércitos de la mayoría de los principales países están llevando a cabo diversos programas de modernización destinados a mejorar las capacidades del soldado. Todos coinciden en un denominador común: aumentar la efectividad y la eficiencia del soldado proporcionando mayor seguridad y capacidad para sobrevivir en combate. Sin embargo, las funcionalidades implementadas en estos proyectos militares basados en RA deben analizarse para justificar si son apropiadas para mejorar la CS de los usuarios y, de esta manera, para determinar la necesidad concreta de construir un framework para desarrollar aplicaciones basadas en RA como apoyo; Además, es importante resaltar el tipo de tecnología respaldada por estos proyectos.

IV. PROYECTOS MILITARES BASADO EN RA Y HERRAMIENTAS DE RA

A. *El soldado digital*

Muchas actividades de investigación han explorado nuevas características utilizando técnicas basadas en RA. En [4] el concepto de Soldado del Futuro (SF) fue acuñado para identificar las capacidades de un soldado en el campo de batalla. Este guerrero se adaptará a cada área tecnológica con especial énfasis en el rendimiento cognitivo para mejorar la eficiencia del soldado. Hay siete áreas principales aplicables al soldado: rendimiento y entrenamiento humano; Protección; Letalidad; Movilidad y logística; Redes; Sensores; Poder de fuego y Energía. El programa SF ha centrado sus esfuerzos en la investigación y el desarrollo de componentes electrónicos aplicando la RA como tecnología para visualizar información del entorno donde se produce el combate y de esta manera facilitar la toma de decisiones en situaciones hostiles. Algunos ejemplos de estos proyectos militares se pueden encontrar en [5,6]. Es importante resaltar el área del desempeño humano. Esta área está relacionada con el desempeño de los soldados en el campo de batalla. El desempeño adecuado en una operación militar depende de las CS. La CS desempeña un papel fundamental en las operaciones militares en cualquier terreno donde se lleve a cabo una misión. El comando y

el control dependen de la CS ya que las decisiones deben tomarse en función de la situación actual. Una de las principales tecnologías para mejorar la CS del soldado es enviar información a través de sensores geográficamente dispersos y luego visualizar esa información utilizando técnicas de RA [7].

B. *Proyectos militares basados en RA*

En el ámbito de los framework militares basados en RA, es importante considerar un conjunto de elementos que ayuden a tener una CS adecuada. Estos elementos son los siguientes [5]:

1. Reconocimiento del terreno: es importante tener una referencia precisa del lugar de operaciones para aumentar la percepción del entorno.
2. Reconocimiento de infraestructura: es importante identificar edificios e infraestructura en un terreno hostil, ya sea para usarlo como referencia de ubicación o para ejecutar una misión específica.
3. Reconocimiento del entorno geográfico: es importante obtener información contextual adicional, como referencias geográficas, piezas de artillería, etc.
4. Alerta de amenaza mediante símbolos descriptivos: el soldado debe comprender los símbolos de las amenazas para determinar el grado de relevancia de las mismas.
5. Ubicación aliada: todos los soldados deben conocer la posición de los aliados en el campo de batalla.
6. Seguimiento de ruta: para verificar en un mapa digital la ruta realizada por los soldados.
7. Comunicación: entre el comando central y el Jefe de Patrulla. La comunicación entre la cadena de comando es parte de las tareas de comando y control.
8. Filtrado de información: para filtrar la información principal del entorno contextual.

De acuerdo con la lista de elementos a tener en cuenta en los sistemas digitales militares para mejorar la CS en el campo de batalla, presentamos una tabla comparativa (Tabla I) de los elementos de CS de los principales proyectos militares detallados en [5].

Además, podemos detallar una lista de tecnologías que deben tener los proyectos militares para apoyar los elementos de las CS (Tabla II). Uno de los proyectos militares más avanzados es ULTRA-Vis [12]. Por lo tanto, la Tabla II toma las principales características tecnológicas y no tecnológicas (es decir, software de código abierto y componentes COTS) de este proyecto y otras características adicionales. Hemos agregado el proyecto RAIOM en la última columna de ambas tablas (Tabla I y Tabla II). El framework RAIOM debe proporcionar todos los elementos y características tecnológicas para apoyar a la CS.

TABLA I. CARACTERÍSTICAS DE PROYECTOS MILITARES

SA's element	EyeKon [9]	BARS [10]	iARM [11]	ULTRA-Vis [12]	RAIOM
Terrain	X	X	X	X	X
operations					
recognition					
Infrastructure			X	X	X
recognition					
Geographical	X		X	X	X
environment					
recognition					
Alert using	X		X	X	X
descriptive					
symbols					
Allied location			X	X	X
Path tracking					X
Communication		X	X	X	X
Information	X	X	X	X	X
filtering					

TABLA II. TECNOLOGIAS SOPORTADAS EN PROYECTOS MILITARES

Technologies	EyeKon	BARS	iARM	ULTRA-Vis	RAIOM
AR	X		X	X	X
visualization					
Lightweight					X
devices					
Distributed					X
processing					
Sensors (GPS,	X		X	X	X
IMU, etc)					
Voice		X	X	X	X
recognition					
Gesture		X	X		X
recognition					
Target			X	X	X
recognition					
Terrain				X	X
recognition					
Collaborative		X	X	X	X
communication					
Open Source					X
software					
Security	X			X	X
COTS		X	X		X

C. Herramientas de RA

Es importante mencionar que existe una gran cantidad de frameworks basados en RA, pero no son suficientes para cubrir los requisitos funcionales militares para mejorar la CS. Sin embargo, vamos a detallar algunas características funcionales y no funcionales de los frameworks no comerciales para considerarlos cuando diseñemos nuestro propio framework militar basado en RA. Se identifica

un conjunto de criterios funcionales tecnológicos [8]:

1. Visualización de objeto 3D
2. Reconocimiento de objetos
3. Geolocalización
4. Sin marcadores
5. Reconocimiento en línea

En aras de exponer las características funcionales en aplicaciones basadas en RA, hemos seleccionado y analizado cinco herramientas (ver Tabla III).

Además, las características no funcionales también deben tenerse en cuenta. Una lista de criterios no funcionales en sistemas que utilizan la RA son [13]:

1. Disponibilidad fuera de línea
2. Fácil de integrar
3. Fácil de expandir
4. Licencia de software
5. Procesamiento distribuido

En la Tabla IV se muestran las características no funcionales.

TABLA III. CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE HERRAMIENTAS DE RA

Functional feature	ARToolkit [15]	Vuforia [16]	EasyAR [17]	Layar [18]	DroidAR [19]
3D Object	-	X	-	-	X
Image	X	X	X	X	X
recognition					
Geolocation	X	X	X	X	X
Markerless	-	X	-	-	-
Online	-	X	-	X	-
recognition					

TABLA IV. CARACTERÍSTICAS NO FUNCIONALES DE HERRAMIENTAS DE RA

Non-functional feature	ARToolkit	Vuforia	EasyAR	Layar	DroidAR
Offline	X	-	-	-	X
availability					
Easy to	-	-	-	-	-
integrate					
Easy to expand	X	-	-	-	X
Software license	Open Source	Commercial	Freeware	Freeware	Open Source
Distributed	-	-	-	-	-
processing					

V. RAIOM. SISTEMA MILITAR CON RA

A. Proceso de diseño de RAIOM

El diseño de una arquitectura militar basada en RA como soporte para la CS, llamada RAIOM (Realidad Aumentada para la identificación de Objetivos Militares), se introduce y se valida con usuarios reales en escenarios militares tradicionales simulados.

El segmento militar fue poco explorado y fue necesario diseñar, programar y mostrar a los usuarios clave el funcionamiento de cada parte del framework como unidades independientes.

Utilizamos el modelo 3D-SA [14] para la identificación, selección y clasificación de los requisitos de la CS junto con el diseño de soluciones basadas en RA. Este modelo 3D-SA facilita el análisis, primero y el diseño posterior de sistemas donde el concepto de CS es esencial. El modelo 3D-SA presentado intenta facilitar el uso y la aplicación de soluciones basadas en RA para mejorar la CS, así como para cubrir una deficiencia en la brecha entre los requisitos y las soluciones de diseño. Con el modelo 3D-SA, documentamos, identificamos y clasificamos los requisitos de la CS y proporcionamos prototipos relacionados con las historias de usuarios de personal militar que contribuyen a su realización a nivel de análisis y su diseño posterior.

El modelo 3D-SA considera tres elementos principales: *fase* de la CS, *características* de la CS y *modalidad de interacción* (Fig. 1). La primera dimensión, fase, incluye los tres niveles de la CS que propone Endsley que son muy útiles para identificar los requisitos en un entorno problemático o confuso [20]: percepción de los elementos en el entorno, comprensión de situación y proyección del estado futuro. La segunda dimensión, característica, incluye diez preguntas agrupadas por preguntas del tipo: "quién", "qué" y "dónde", propuesta por Gutwin y Greenberg [21] para ser respondidas para determinar si un componente o herramienta proporciona un apoyo adecuado a la CS. Finalmente, la tercera dimensión, la modalidad de interacción, está relacionada con el diseño de la solución de RA, que incluye interacción visual, auditiva, háptica, somatosensorial y olfativa.

Teniendo en cuenta los requerimientos militares, proponemos documentarlos como historias de usuarios. Las historias de usuarios son un concepto muy similar a los casos de uso tradicionales; son descripciones cortas y simples de una característica contada desde la perspectiva de la persona que desea la nueva capacidad, generalmente un usuario o cliente del sistema. Con el fin de identificar un listado de historias de usuarios relevantes, se utilizó un framework para la obtención de requisitos en un entorno militar, donde el concepto de caso de uso fue cambiado por el término de la historia

del usuario. Al usar este framework, se identificaron, documentaron y crearon prototipos de un conjunto de historias de usuarios.

Siguiendo el modelo 3D-SA, identificamos requisitos y definimos prototipos relacionados con historias de usuarios del personal militar. Por ejemplo: "Como comandante militar, quiero saber mi ubicación y mi dirección para que se proporcione información de mis coordenadas GPS, una brújula y referencias de ubicación relevantes, como edificios o lugares". Esta es una historia de usuario que se puede clasificar y documentar siguiendo 3D-SA: (fase = percepción, característica = dónde y modalidad = visual) y una solución de diseño se puede mostrar en la Figura 2, donde se muestra un radar de 360 grados y una brújula que se encuentra en la esquina inferior derecha del prototipo. Ejemplos adicionales de prototipos se muestran gráficamente en la Figura 3, Figura 4 y Figura 5.

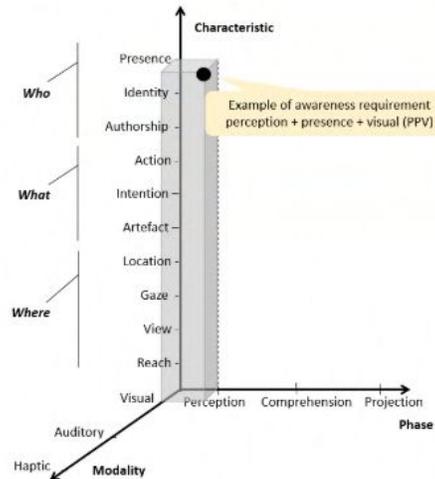


Fig. 1. Modelo 3D-SA [14], un modelo para la documentación de requisitos junto con el diseño de soluciones basadas en RA

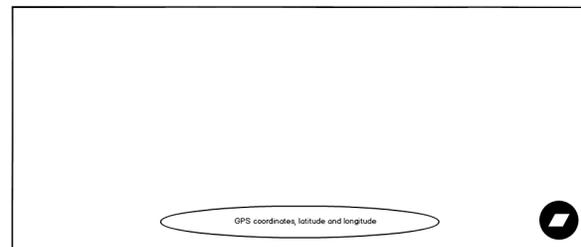


Fig. 2. Prototipo de solución de diseño para la historia del usuario de *location*

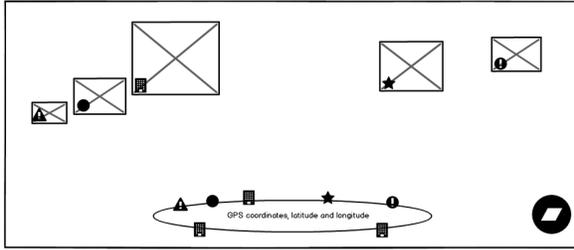


Fig. 3. Prototipo de solución de diseño para la historia de usuario *landmark*

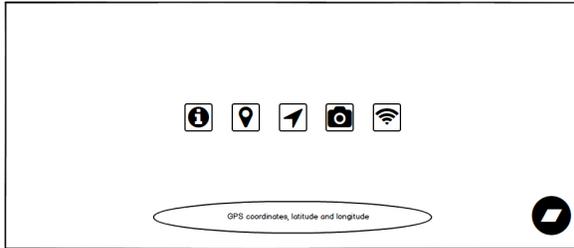


Fig. 4. Prototipo de solución de diseño para la historia de usuario *selection*

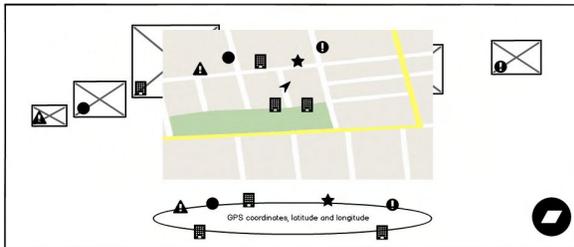


Fig. 5. Prototipo de solución de diseño para la historia de usuario *mapa interactivo*

El proceso de construcción del framework se basa en el desarrollo de pruebas individuales de conceptos como prototipos para demostrar el cumplimiento de los requisitos del usuario. Por lo tanto, la metodología de desarrollo de software utilizada combina un método ágil [22] y técnicas de diseño centrado en el usuario (DCU) [23]. El interés en la integración del DCU y los enfoques ágiles está creciendo [23]. SCRUM [24] fue elegido como un método ágil junto con los principios de diseño proporcionados por el DCU, lo que resultó en una metodología combinada SCRUM-DCU [25-26]. El DCU incluye entrevistas con usuarios principales (militares), identificación de tareas relevantes para los usuarios (considerando las preguntas Quién, Qué y Dónde), realización de actividades de creación de prototipos, evaluación e iteración. SCRUM incluye diseño iterativo, participación del usuario, pruebas continuas y creación de prototipos.

B. RAIOM. ARquitectura basada en capas

La arquitectura basada en capas está compuesta por aplicaciones, middleware y sistema operativo (Fig. 6). El Middleware, el software que se encuentra entre el sistema operativo y las aplicaciones que se ejecutan en él, facilita la integración tecnológica [27, 28] y está compuesto por la capa *Modules* y la capa *Libraries*.

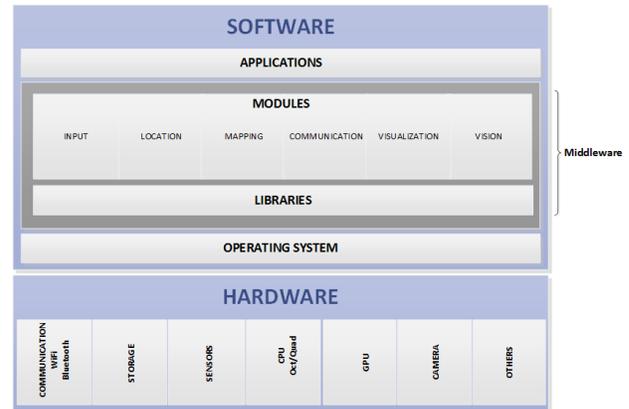


Fig. 6. RAIOM. Arquitectura basada en capas

La capa *Modules* está compuesta por componentes donde cada uno se comunica entre sí ofreciendo servicios. Los componentes que pertenecen a la capa *Modules* son los siguientes:

- **Input:** permite el ingreso de datos al sistema mediante reconocimiento de voz o gestual.
- **Location:** permite obtener información de georreferenciación del dispositivo. Además, permite rastrear al usuario utilizando los sensores del dispositivo.
- **Mapping:** permite cargar mapas en el sistema. Implementa una interfaz SIG (Sistema de Información Geográfica).
- **Communication:** permite la comunicación entre dispositivos mediante mensajes estructurados.
- **Visualization:** muestra una representación gráfica de los símbolos militares en el lado del Cliente y filtra la información de prioridad del entorno contextual.
- **Vision:** implementa procesamiento de imágenes, reconocimiento de objetos y algoritmos de tracking. Además, parte del reconocimiento gestual se ejecuta en este módulo

C. RAIOM. Arquitectura cliente-servidor

En primer lugar, comparamos el tiempo de rendimiento de la ejecución del algoritmo de reconocimiento de objetos ORB en diferentes dispositivos. El ODROID-XU3 demuestra una gran ventaja sobre el rendimiento de los teléfonos inteligentes, particularmente el Huawei G8 (Fig. 7)

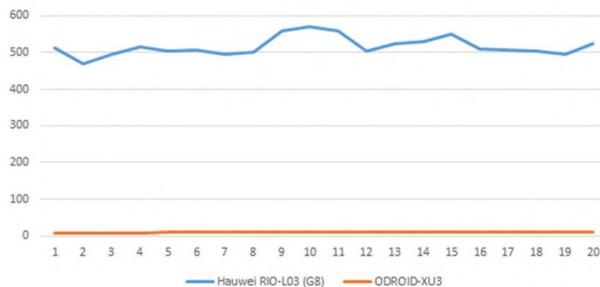


Fig. 7. Rendimiento de Huawei G8 y ODROID-XU3 para el algoritmo ORB de reconocimiento de objetos (en milisegundos)

Elegimos una arquitectura cliente-servidor. Se analizaron los cuatro niveles diferentes de tareas de procesamiento sugeridos en [29]. En el caso ideal, todo el trabajo lo realiza de forma nativa el cliente, lo que lo hace independiente del servidor y la infraestructura. En el otro extremo, todo el trabajo lo realiza el servidor. RAIOM toma un nivel intermedio donde los procesos que requieren menos computación se ejecutan en el lado del cliente, como alimentación de video, sensores, mapeo y representación de imágenes. Mientras tanto, los procesos más intensivos se realizan en el lado del servidor, como el procesamiento de imágenes, el reconocimiento de objetos y el tracking implementado en el módulo de *Vision* (Fig. 8).

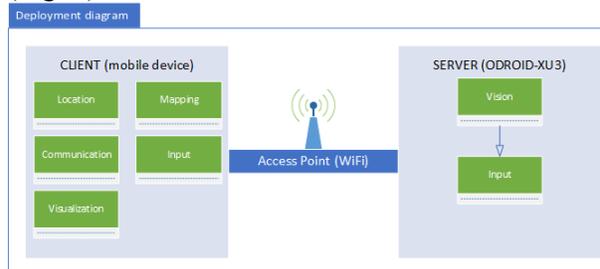


Fig. 8. RAIOM. Despliegue cliente-servidor

Se utilizó una mini placa ODROID-XU3 como servidor. El software instalado en el servidor fue Ubuntu Server versión 16.04, Python versión 3.0, OpenCV 3.1 y Node.js. Los componentes de software instalados en el lado

del cliente fueron Android 6.0, OpenCV 3.1, Socket.io y librerías. La comunicación entre ambas partes fue implementada por Socket.io. La comunicación entre el cliente y el servidor se ejecuta enviando un frame (imagen) del cliente al servidor codificando los datos en formato JSON.

En el lado del cliente, comparamos entre lentes de RA del tipo optical see-through, Epson Moverio BT-300 (Fig. 9.a) y video see-through a través de un teléfono inteligente dentro de un cardboard (Fig. 9.b). A partir de las pruebas de rendimiento de tiempo de adquisición de video (Fig. 10), concluimos que Huawei G8 funciona mejor. Las gafas Epson Moverio BT 300 tienen el segundo mejor tiempo de rendimiento.

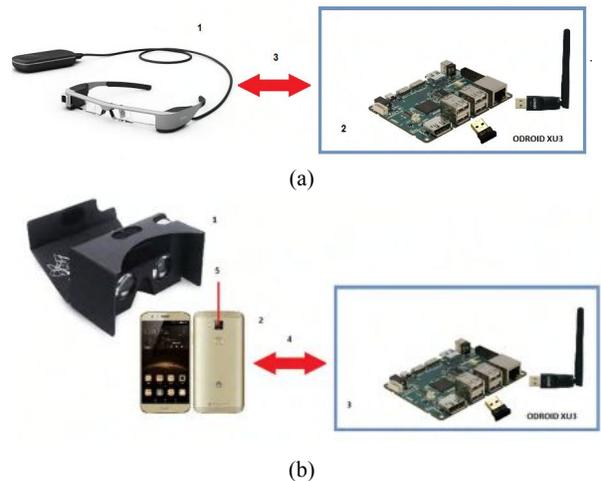


Fig. 9. Hardware RAIOM: (a) Gafas optical see-through Epson Moverio BT-300 como cliente y mini placa ODROID-XU3 como servidor. (b) Gafas video see-through con un teléfono inteligente dentro de un cardboard como cliente y la mini placa ODROID-XU3 como el servidor.

Aunque el dispositivo más rápido para la captura de video fue el Huawei, también comparamos el rendimiento de la gafa Epson Moverio BT 300 en el pipeline de RA que ejecuta el algoritmo ORB en el lado del servidor. La Fig. 11 muestra que la gafa Epson Moverio BT 300 tuvo el mejor rendimiento y también fue la opción con mejor ergonomía.

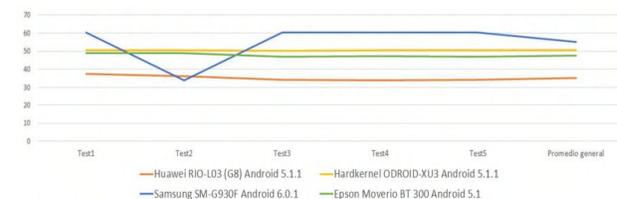


Fig. 10. Tiempo de adquisición de video de diferentes dispositivos medidos en milisegundos

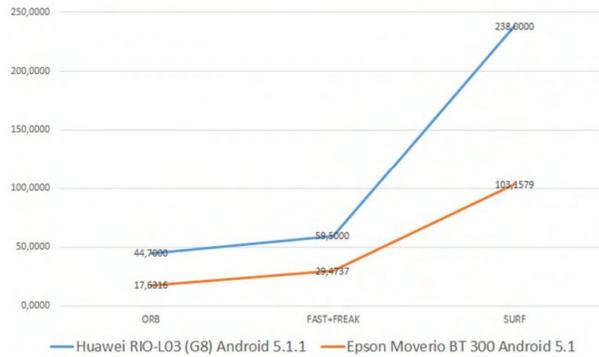


Fig. 11. Tiempo procesamiento utilizando los algoritmos ORB, FAST+FREAK y SURF ejecutándose en las gafas Epson Moverio BT 300 y el teléfono inteligente Huawei

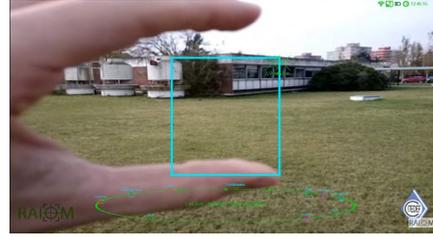
D. RAIOM. Funcionalidades

Todas las funcionalidades se integraron en una aplicación con las siguientes características:

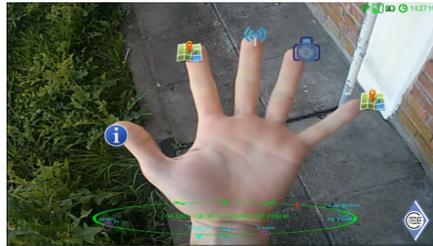
1. Radar de 360 grados: los objetivos tácticos y de amenaza se visualizan en el radar usando símbolos militares (Fig. 12.a).
2. Pose del operador: el norte magnético sirve para guiar al operador. La posición relativa del operador se calcula según sus movimientos.
3. Símbolos militares adaptables: los símbolos utilizados son adaptables para identificar las amenazas y los objetivos tácticos.
4. Reconocimiento de puntos de referencia: la aplicación es capaz de reconocer edificios y otros tipos de infraestructura (Fig. 12.b).
5. Menú por reconocimiento de gestos: los datos a pedido se pueden obtener mediante el reconocimiento de gestos (Fig. 12.c).
6. Mapas interactivos: el operador puede visualizar los mapas del terreno superpuestos sobre su mano mediante reconocimiento de gestos (Fig. 12.d).



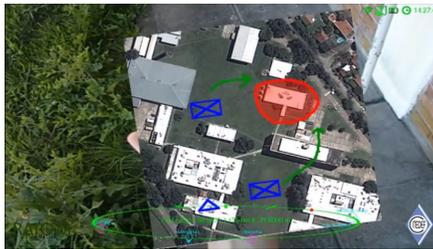
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 12. Funcionalidades de RAIOM: radar de 360 grados (a), reconocimiento de puntos de referencia (b), menú por reconocimiento de gestos (c) y mapa interactivo (d)

VI. EVALUACIÓN Y RESULTADOS

A. Metodología de evaluación

El despliegue de RAIOM presentado se evaluó para medir la efectividad, la eficiencia y la experiencia del usuario para cumplir con el modelo 3D-SA propuesto.

Se utilizaron diferentes técnicas para llevar a cabo las actividades de evaluación, tales como:

- User Testing: se refiere a una técnica utilizada en el proceso de diseño para evaluar un producto, característica o prototipo con un usuario real.
- Thinking Aloud: es un protocolo utilizado para recopilar datos en pruebas de usabilidad en el diseño y desarrollo de productos.
- SAGAT / SART: SAGAT se desarrolló para ayudar en los diseños de interfaz al proporcionar una medida objetiva de la CS del usuario. SART permite a los operadores calificar un diseño de sistema [30, 31].

Las pruebas para evaluar la CS de los participantes se basaron en tareas que deben ejecutar. La Tabla V muestra ejemplos de

actividades propuestas en el experimento de evaluación en situaciones militares tradicionales. La taxonomía propuesta por Bloom [32] se utilizó para identificar acciones y elaborar las preguntas que se hicieron a cada uno de los participantes. La Tabla VI muestra los niveles cognitivos, ejemplo de acciones y preguntas realizadas a los participantes. Los evaluadores hicieron preguntas a cada participante sobre las situaciones recreadas siguiendo un protocolo Think-Aloud entre evaluador y participante. Los cuestionarios fueron respondidos en base a una escala Likert de 5 puntos (SART). Finalmente, las métricas de efectividad y eficiencia se tabularon documentando las tasas y tiempos de falla / éxito asociados.

Por otra parte, la UX se evaluó mediante el cuestionario UMUX [33]. El cuestionario se integró con las siguientes preguntas sobre RAIOM: cubre mis necesidades, es agradable de usar, es fácil de usar, no necesita configuraciones. También los cuestionarios fueron respondidos en base a una escala Likert de 5 puntos.

TABLA V. EJEMPLO DE ACTIVIDADES PROPUESTAS EN EL EXPERIMENTO DE EVALUACIÓN

<i>Perception</i>	<i>Comprehension</i>	<i>Projection</i>
Terrain type / capabilities of threats	Ability to support plan	Projected ability of plan to meet mission objectives
Resources available	Risk of mission failure/success	Projected risk of troops
Civilian disposition	Risk of casualties / loss of equipment	Projected ability to obtain information
Weather	Ability to counteract enemy actions	Projected ability to communicate
Enemy disposition	Ability to mitigate risk	Projected actions of enemy

TABLA VI. PREGUNTAS PARA EVALUAR EL GRADO DE PERCEPCIÓN, COMPRENSIÓN Y PROYECCIÓN

<i>Cognitive level</i>	<i>Example of Actions</i>	<i>Questions</i>
Perception	Describe Find Locate Identify Recognize	Q1. What is your geographical location? Q2. Can you recognize that building? Q3. Can you find the purpose of the mission? Q4. Can you identify the threats?
Comprehension	Classify Interpret Infer Explain	Q5. Could you explain what is happening around you? Q6. Could you classify the type of threat? Q7. What can you say about the distance to the target? Do you have that information? Q8. Could you say that the available information is enough to determine the dangerousness of the environment?
Projection	Calculate Use Perform To plan	Q9. How would you use the information provided by the system to preserve human and material resources? Q10. Could you plan an escape route? (taking into account the surrounding threats) Q11. How would you organize your human and material means in case of attack?

B. Participantes

El experimento fue realizado por diez participantes seleccionados del Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF) y el DIC 601 en noviembre

de 2019. Todos los participantes tienen las siguientes características: entrenamiento militar en comandos, conocimiento de símbolos militares, conocimiento sobre de conciencia situacional en procesos militares y experiencia de más de tres años en funciones de comando. Los participantes conforman dos grupos diferentes: cuatro usuarios expertos con poder de decisión en operaciones militares (grupo A) y seis participantes con perfil operativo (grupo B). Ambos grupos realizan las tareas de evaluación relacionadas con los niveles de percepción y comprensión de la CS, mientras que las tareas relacionadas con el nivel de proyección solo las realizan los participantes del grupo A que tienen el poder de decidir en la cadena militar.

C. Resultados

Todos los participantes pudieron completar las tareas propuestas y responder las preguntas adecuadamente. La Tabla VII muestra los valores promedio de la percepción, comprensión y proyección. De los puntajes obtenidos que van desde 4,08 a 4,67, concluimos que el nivel de CS es alto y el sistema facilita la CS de los participantes en el experimento. Las puntuaciones del grupo A fueron más altas que las del grupo B. El grado de cumplimiento de la CS fue del 89% para el grupo A y del 86% para el grupo B.

TABLA VII. PREGUNTAS PARA EVALUAR EL GRADO DE PERCEPCIÓN, COMPRENSIÓN Y PROYECCIÓN

Level	Participant Score		
	Group A	Group B	Total
Perception	4,67	4,50	4,58
Comprehension	4,33	4,08	4,21
Projection	4,33	-	4,33

Los resultados de la experiencia del usuario (UX) se muestran en la Tabla VIII. De los puntajes obtenidos que van desde 3,67 a 5,00 podemos decir que los usuarios están satisfechos con la aplicación desarrollada utilizando la arquitectura de software RAIOM. La interfaz diseñada cumple con el 88% de cumplimiento (grupo A) y el 87% (grupo B), respectivamente.

TABLA VIII. PREGUNTAS PARA EVALUAR LA EXPERIENCIA DEL USUARIO (UX) Y RESULTADOS POR GRUPOS DE PARTICIPANTES

	Group A	Group B	Total
RAIOM covers my needs	4,00	4,00	4,00
RAIOM is pleasant in use	5,00	4,67	4,84
RAIOM is easy to use	5,00	5,00	5,00
RAIOM does not need settings	3,67	3,67	3,67
TOTAL	4,42	4,33	4,38

VII. CONCLUSIÓN

Los sistemas militares y las aplicaciones basadas en RA son cada vez más importantes en el mundo de los sistemas. Uno de los principales problemas del desarrollo de los sistemas militares es su nivel de cumplimiento de CS, que puede dar lugar a una falta de calidad. Nuestro objetivo es justificar, presentar y evaluar una arquitectura de software basada en RA para apoyar la CS en un entorno militar. La razón principal que ha motivado el diseño de la arquitectura de software RAIOM fue que los frameworks actuales basados en RA tienen deficiencias y limitaciones para cubrir algunos requisitos funcionales militares y estas limitaciones afectan al nivel de CS.

Se implementó un procesamiento distribuido en una arquitectura cliente-servidor basada en RA. Se implementó utilizando un dispositivo del tipo optical see-through y un mini board ODROID XU3. Los resultados de las pruebas mostraron que las actividades y tareas propuestas fueron altamente efectivas y eficientes, mejorando significativamente la CS de los usuarios mediante el uso de RAIOM. Además, la UX del sistema RAIOM fue alta.

VIII. APORTES

En cuanto al aporte de la presente tesis se pueden listar las principales contribuciones:

1. El uso de la RA como soporte a la CS para la toma de decisiones en el sector militar aprovechando el avance del software y de los dispositivos móviles actuales;
2. La utilización de una metodología combinada SCRUM-DCU para ello el diseño del framework y el desarrollo de las aplicaciones;
3. El diseño de un modelo tridimensional (3D-SA) para la identificación, selección y clasificación de requisitos de la CS y diseño de prototipos;
4. La consideración de una arquitectura basada en capas a fin facilitar la integración tecnológica;

5. La utilización de métodos válidos y confiables para evaluar la CS tales como SAGAT, SART, User Testing y Thinking Aloud y la experiencia del usuario mediante UMUX;
6. La implementación de un sistema distribuido utilizando componentes de hardware externo (ODROID-XU3) en donde se ejecuta el procesamiento de imágenes y reconocimiento de objetos

IX. LÍNEAS DE I/D FUTURAS

Existen diversas líneas de investigación que quedan abiertas luego de la finalización del informe, a saber:

- Capacidad de reconocimiento de objetos en modalidad nocturna: esta funcionalidad implicaría desarrollar un Módulo para operaciones nocturna implementando algoritmos específicos en el módulo de *Vision*.
- Deep Learning (DL): se propone la implementación de técnicas de clasificación basado en la utilización de redes neuronales implementada en el módulo de *Vision* o en su defecto en un módulo específico de DL diseñado separadamente.
- HMD militarizado: el laboratorio de Visión Aplicada en conjunto con el departamento de I+D+i de Tecnologías Informáticas del CITEDEF han diseñado y desarrollado, mediante el uso de impresora 3D, cada uno de los componentes que forman parte del soporte de visión (gafa monocular Optinvent ORA-2¹) y procesamiento (ODROID XU-4² de escala más pequeña al ODROID XU-3) en un casco militar de kevlar. En su fase inicial de prueba se están ajustando cada pieza que conformaran el casco militar de RA (HMD).

X. REFERENCIAS

- [1] Azuma, R. T. A Survey of Augmented Reality. *Teleoperators and Virtual Environments* 6, 1997, 4, pp. 355-385.
- [2] Endsley, M. R. Design and evaluation for situation awareness enhancement. *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting*, 1988, 32(2), pp. 97-101
- [3] Endsley, M. R. A taxonomy of situation awareness errors, human factors in aviation operations. In R. Fuller, N. Johnston, and N. McDonald (Eds.), *Human Factors in Aviation Operations*, 1995, pp. 287-292

¹ Optinvent ORA-2:
http://www.optinvent.com/our_products/ora-2/

² ODROID-XU-4:
https://www.hardkernel.com/main/products/prdt_info.php

- [4] RDECOM, FUTURE SOLDIER 2030 Initiative, U. A. N. S. R. Center, Ed., USA, 2009
- [5] A. Mitaritonna, M. J. Abásolo. Mejorando la conciencia situacional en operaciones militares utilizando la realidad aumentada. CACIC XIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, 2013, pp. 356-365
- [6] A. Mitaritonna Alejandro, M. J. Abásolo. Improving Situational Awareness in Military Operations using Augmented Reality. 23rd International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision, Pilsen, Czech Republic, 2015
- [7] J. Timonen y J. Vankka, Enhancing Situational Awareness by Means of Information Integration of Sensor Networks and Visualization, S. 8756, Ed., Baltimore, Maryland, USA: SPIE 8756, 2013.
- [8] F. Herpich, R. L. Martins Guarese y L. M. Rockenbach Tarouco. A Comparative Analysis of Augmented Reality Frameworks Aimed at the Development of Educational Applications. Creative Education, Vol.08, Article ID:77994, 2017.
- [9] Hicks, Jeffrey; Flanagan, Richard; Dr. Petrov, Plamen; Dr. Stoyen, Alexander. Eyekon: Distributed Augmented Reality for Soldier Teams. © Copyright 21st Century Systems, Inc., 2003
- [10] Livingston, Mark A.; Rosenblum, Lawrence J.; Julier, Simon J.; Brown, Dennis; Baillot, Yohan; Swan II, J. Edward; Gabbard, Joseph L.; Hix, Deborah. An Augmented Reality System for Military Operations in Urban Terrain. Proceedings of Interservice / Industry Training, Simulation & Education Conference (IITSEC), December 2 -5, Orlando, Florida, 2002, page 89 (abstract only)
- [11] Julier, S.; Lanzagorta, M.; Baillot, Y.; Rosenblum, L.; Feiner, S.; Hollerer, T.; Sestito S. Information filtering for mobile augmented reality. In: Augmented Reality. (ISAR 2000). Proceedings. IEEE and ACM International Symposium, 2000
- [12] D. Roberts, A. Menozzi, B. Clipp, P. Russler, J. Cook, R. Karl, E. Wenger, W. Church, J. Mauger, C. Volpe, C. Argenta, M. Wille, S. Snarski, T. Sherrill, J. Lupo, R. Hobson, JM Frahm, and J. Heinly. Soldier-worn augmented reality system for tactical icon visualization. Head- and Helmet-Mounted Displays XVII; and Display Technologies and Applications for Defense, Security, and Avionics VI, P. Marasco, P. Havig, D. Desjardins, K. Sarma, Editors, Proc. SPIE, Volume 8383, 838305, 2012
- [13] V. Rautenbach y S. Coetzee. Results of an Evaluation of Augmented Reality Mobile Development Frameworks for Addresses in Augmented Reality. Conference: Conference: FOSS4G 2015, Seoul, Korea, 2015.
- [14] A. Mitaritonna; M. J. Abásolo; F. Montero. Situational Awareness through Augmented Reality: 3D-SA Model to relate Requirements, Design and Evaluation. International Conference on Virtual Reality and Visualization (ICVRV), Shenzhen University Town Conference Center, Shenzhen, China, 2019
- [15] ArToolKit, <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>; 2020 [accessed 19 February 2020]
- [16] Vuforia, <https://www.vuforia.com/>; 2020 [accessed 19 February 2020]
- [17] EasyAR, <https://www.easyar.com/>; 2020 [accessed 19 February 2020]
- [18] Layar, <https://www.layar.com/>; 2020 [accessed 19 February 2020]
- [19] DroidAR, <https://www.layar.com/>; 2020 [accessed 19 February 2020]
- [20] M. R. Endsley. Towards a theory of sa in dynamic systems. Human Factors, 37:32–64, 1995.
- [21] C. Gutwin and S. Greenberg. A descriptive framework of awareness for real-time groupware. Computer Supported Cooperative Work (CSCW), 2002, 11(3): pp. 411–446.
- [22] Agiles methodologies, <http://www.agiles.org/>; 2020 [accessed 19 February 2020]
- [23] Karel Vredenburg, Ji-Ye Mao, Paul W Smith, Tom Carey. A Survey of User-Centered Design Practice. Volume No, 4, Issue No. 1, April 20-25, Minneapolis, Minnesota, USA., 2002
- [24] SCRUM, <https://www.scrum.org/>; 2020 [accessed 19 February 2020]
- [25] C. Ardito, M. T. Baldassarre, D. Caivano y R. Lanzilotti. Integrating a SCRUM-based process with Human Centred Design: an Experience from an Action Research Study. IEEE/ACM 5th International Workshop on Conducting Empirical Studies in Industry (CESI), 2017
- [26] Muñoz, A. A., Helander, K. N., de Gooijer, T., Ralph, M. Integrating Scrum and UCD: Insights from Two Case Studies. Integrating User-Centred Design in Agile Development. Part of the Human-Computer Interaction Series book series (HCIS), 2016, pp. 97-115.
- [27] S. Krakowiak. Middleware Architecture with Patterns and Frameworks. France: Project Sardes - INRIA Grenoble Rhône-Alpes, 2009.
- [28] C. Reynoso y N. Kicillof. Estilos y Patrones en la Estrategia de Arquitectura de Microsoft. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina, 2004.
- [29] D. Wagner. Handheld Augmented Reality. PhD Thesis, Graz University of Technology Institute for Computer Graphics and Vision, Austria, 2007.
- [30] M. R. Endsley. Measurement of Situation Awareness in Dynamic Systems. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 37(1), 1995, pp. 65- 84.
- [31] M. R. Endsley. Situation Awareness Global Assessment Technique (SAGAT). Aerospace and Electronics Conference – Proceedings of the IEEE 1988 National, 1988, pp. 789-795.
- [32] B. Bloom. Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals. Handbook I: Cognitive Domain, by Benjamin S. Bloom (ed.). New York: Longmans, Green and Company, 1956, p. 207
- [33] K. Finstad. The Usability Metric for User Experience. Interacting with Computers, 2010, pp. 323-327