

## Trabajo Fin de Grado

Integración de cajones de arena de realidad aumentada  
y digitales en los procesos de planeamiento y  
realización de ejercicios tácticos

Autor

Alejandro González del Alba Rodríguez

Director/es

Director académico: Francisco Escribano Bernal

Director militar: Diego Martínez Rivero

Centro Universitario de la Defensa - Academia General Militar  
Año 2019

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero mostrar mi agradecimiento a todo el personal destinado en el Batallón de Infantería Protegida “Toledo” II/3 que ha colaborado en este proyecto. Primeramente, al capitán D. Martínez, jefe de la 2ª Compañía y director militar de este proyecto, y al soldado P. Velasco, principal encargado del cajón de arena de realidad aumentada, que no solo ha sido vital en el ámbito informático sino también en el de asesoramiento. He de destacar también la ayuda del capitán J. A. Aguilera, jefe de la Compañía de Servicios, que se ha mostrado dispuesto desde el primer momento a facilitarme el material necesario. También he de subrayar el asesoramiento continuo del teniente J. Ivorra, jefe de la 1ª Sección de Fusiles de la 2ª Compañía. Es de reseñar, además, la plena disponibilidad del personal destinado en el taller de chapa y pintura, en especial el sargento 1º A. Laso, jefe del mismo.

Agradecer también al Director Académico de este proyecto, coronel F. Escribano, la orientación y facilidades que me ha brindado desde el primer instante. Así mismo es necesario, también, destacar a D. Silverio García Cortés de la Universidad de Oviedo que me concedió una entrevista para recibir ayuda técnica y especializada.

## RESUMEN

El cajón de arena es un sistema tradicional de planeamiento y exposición de la decisión en ejercicios tácticos y operaciones militares. Con el desarrollo de nuevas tecnologías, ya existen posibilidades digitales. Este trabajo se centra en un cajón de realidad aumentada, que consiste en una gran caja con arena sobre la que se proyecta un mapa, una foto aérea o simplemente las curvas de nivel del terreno modelado. Gracias al sensor que tiene, detecta la altura a la que se encuentra cada uno de los puntos del terreno, asociándoles en consecuencia un color concreto que va desde el verde o azul (simulando agua), para las zonas más bajas, hasta el rojo o blanco (simulando montañas con nieve), para las áreas más elevadas. El ejército estadounidense ha estado trabajando en un nuevo sistema que busca, entre otras muchas funciones, la integración de varios cajones localizados en distintos sitios con el fin de que puedan interactuar entre sí. Ello permite, no solo mejorar el mando y control por parte de los Cuadros de Mando, sino también la facilidad de poder exponer un tema táctico a distancia.

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado es tratar de crear un sistema similar al anteriormente citado, con el que se pueda trabajar de forma conjunta y en tiempo real con dos cajones de arena independientes situados en distinta ubicación. Gracias a su implementación, los oficiales podrán instruirse como jefes de unidad propiamente dichos, permitiendo también, su empleo para nuevos ejercicios y exposiciones de diferentes aspectos del plan de instrucción que puedan ser más visuales. Se ha mejorado considerablemente no solo el aula donde están los cajones, sino los cajones en sí y sus componentes, dándoles nuevas funciones y capacidades.

Para la determinación de necesidades que satisface el sistema, se realizó una recogida de información en la unidad junto con reuniones y entrevistas con potenciales usuarios y expertos para saber qué aspectos debía desarrollar y si era posible hacerlo.

**Palabras Clave:** cajón arena, realidad aumentada, *Augmented Reality Sandbox*, planeamiento militar.

## ABSTRACT

The sandbox is a traditional system which helps planning and representation of decisions in tactical exercises. Thanks to the development of the new technologies we already have digital versions of this important tool. This Final Degree Project focuses on the Augmented Reality Sandbox, which is a very simple system that is composed by a large metallic box filled with sand. A map, aerial view or contour lines of the terrain is projected on it. There is a Kinect sensor too, which scans the terrain's height at each point in order to cover them with the suitable colour. The range of colours depends on the elevation of the terrain that the operator builds. The Highest points will be red or white (it seems like a mountain with snow), the lowest ones will be green or blue (it seems like water) colours. We can use it to see an aerial view, a map or even a specific terrain which we want to create. The United States Army has been working on a new system known as Augmented Reality Sandtable. Thanks to this system we can work with two different sandboxes located in different places at the same time. The main idea is that the user of the first sandbox could see what the user of the second one is doing. This system makes the command and control action easier for the officers. In addition, it gives them more possibilities when we have to present an exercise for subordinated units or to the higher echelons.

The main purpose of this project is to create a system like the American one for the Spanish Army. Thanks to this implementation officers will be able to train themselves as unit commanders. Also, we can use this technology to create new exercises and to explain many parts of the training plan which could be more visual with this kind of technology. During the internship, I managed to improve the structure of both sandboxes and their components giving them new functions and capabilities.

As a part of my project agenda, I tried to talk to several experts and users in order to know what I had to develop in the sandbox system and if it was possible. Also, I made a survey with the officers to know their opinion about the system.

**Keywords:** Sandbox, augmented reality, sandtable, ARES

# ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
LISTADO DE ABREVIATURAS	VII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	2
1.2. Propósito, objetivo y alcance	3
1.3. Metodología	4
1.4. Ámbito de aplicación	5
1.5. Estado de la cuestión	6
2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PREVIA	8
2.1. El ARS en el Batallón	8
2.2. Necesidades de mejora y evolución	9
2.3. Opiniones de usuarios y expertos	10
3. INTERCONEXIÓN DE CAJONES VIRTUALES	14
3.1. Mejoras en los cajones existentes	14
3.2. Funcionamiento del sistema de integración	16
3.3. Necesidades de materiales para la integración de cajones	18
3.4. Resultados	19
4. LÍNEAS FUTURAS DEL PROYECTO	23
4.1. Virtual Battle Space VBS2	23
4.2. SAETA	24

5.	CONCLUSIONES	25
6.	BIBLIOGRAFÍA	26
7.	ANEXOS	29
7.1.	ANEXO I. Descripción del cajón de arena de realidad aumentada (ARS)	29
7.2.	ANEXO II. Descripción del Cajón de Arena Digital (CAD)	31
7.3.	ANEXO III. Modelo de cuestionario	32
7.4.	ANEXO IV. Resultados del sondeo	34
7.5.	ANEXO V. Listado de materiales necesario para integración de ARS	37
7.6.	ANEXO VI. Análisis de costes	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

### ILUSTRACIONES:

<b>Ilustración 1</b> - <i>Cajón de arena tradicional</i> . Fuente: <a href="http://www.ejercito.mde.es">www.ejercito.mde.es</a>	1
<b>Ilustración 2</b> - <i>Componentes ARES</i> Fuente: Army Research Laboratory	3
<b>Ilustración 3</b> - <i>Presentación ejercicio en ARES</i> . Fuente: Elaboración propia	7
<b>Ilustración 4</b> - <i>Evolución ARES</i> . Fuente: Elaboración propia	8
<b>Ilustración 5</b> - <i>Sala ARES tras modificaciones</i> Fuente: Elaboración propia	14
<b>Ilustración 6</b> - <i>ARS fijo remodelado</i> Fuente: Elaboración propia	15
<b>Ilustración 7</b> - <i>ARS móvil con mejoras</i> Fuente: Elaboración propia	16
<b>Ilustración 8</b> - <i>Llamada grupal Skype</i> . Fuente: <a href="http://www.nerdilandia.com">www.nerdilandia.com</a>	20
<b>Ilustración 9</b> - <i>Sistema ARES americano</i> . Fuente: (Simulation and Training Technology Center Research, 2015)	22
<b>Ilustración 10</b> - <i>Captura VBS-2</i> . Fuente: <a href="http://www.ejercito.mde.es">www.ejercito.mde.es</a>	23
<b>Ilustración 11</b> - <i>Simulador SAETA</i> . Fuente: (Gonzalo, 2015)	24
<b>Ilustración 12</b> - <i>Operador modelando terreno</i> . Fuente: <a href="http://www.unidiversidad.com.ar">www.unidiversidad.com.ar</a>	29
<b>Ilustración 13</b> - <i>Operador simula lluvia</i> . Fuente: (ICTJA-CSIC, 2016)	30
<b>Ilustración 14</b> - <i>ARS con foto aérea</i> . Fuente: Elaboración propia.	30
<b>Ilustración 15</b> - <i>Cajón de Arena Digital</i> . Fuente: (Castillo Márquez, 2016)	31
<b>Ilustración 16</b> - <i>Divisor de señal USB</i> . Fuente: Elaboración propia	38
<b>Ilustración 17</b> - <i>Divisor de señal HDMI</i> . Fuente: Elaboración propia	39

### TABLAS:

<b>Tabla 1</b> - <i>Resultados ponderados respuestas</i> . Fuente: Elaboración propia	34
<b>Tabla 2</b> - <i>Porcentaje Muestra</i> . Fuente: Elaboración propia	35
<b>Tabla 3</b> - <i>Respuestas</i> . Fuente: Elaboración propia.	35

### GRÁFICOS:

<b>Gráfico 1</b> - <i>Ponderación de las respuestas</i> .Fuente: Elaboración propia.	12
<b>Gráfico 2</b> - <i>Pregunta 3</i> . Fuente: Elaboración propia	13

## LISTADO DE ABREVIATURAS

<b>ARS</b>	Cajón de arena de realidad aumentada (inglés – <i>Augmented Reality Sandbox</i> )
<b>ARES</b>	Augmented Reality Sandtable
<b>BIP</b>	Batallón de Infantería Protegida
<b>CAD</b>	Cajón de Arena Digital
<b>CASIOPEA</b>	Conjunto de Aplicaciones de Simulación para Operaciones
<b>CECOM</b>	Centro de Comunicaciones
<b>CENAD</b>	Centro Nacional de Adiestramiento
<b>CG</b>	Cuartel General
<b>CMT</b>	Campo de Maniobras y Tiro
<b>DIDOM</b>	Dirección de Doctrina, Orgánica y Material
<b>DIRACA</b>	Director Académico
<b>DIRMIL</b>	Director Militar
<b>ET</b>	Ejército de Tierra
<b>EEUU</b>	Estados Unidos
<b>FAS</b>	Fuerzas Armadas
<b>HDMI</b>	High-Definition Multimedia Interface
<b>OFEN</b>	Oficial de Enlace
<b>PEXT</b>	Prácticas Externas
<b>RC</b>	Regimiento de Caballería
<b>SAETA</b>	Simulador de Adiestramiento del Ejército de Tierra
<b>SAPO</b>	Sección de armas de apoyo
<b>TFG</b>	Trabajo de Fin de Grado
<b>TRADOC</b>	Mando de entrenamiento y doctrina (inglés - <i>Training and Doctrine Command</i> )
<b>USB</b>	Universal Serial Bus
<b>VBS</b>	Virtual Battle Space
<b>VGA</b>	Video Graphics Array
<b>ZO</b>	Zona de Operaciones
<b>2D</b>	Dos dimensiones
<b>3D</b>	Tres dimensiones



**[PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO]**

## 1. INTRODUCCIÓN

El cajón de arena ha sido, desde hace mucho tiempo, un instrumento de ayuda al planeamiento y la exposición de la decisión en operaciones militares. En el momento de la presentación del ejercicio a ejecutar, el ponente hace uso de la arena para simular el terreno que desee, ya sea creando montones más o menos altos para representar accidentes topográficos tales como mogotes o montañas, o excavando para poder modelar las depresiones y vaguadas. Normalmente a estas formas que se le dan a la arena se le suele añadir objetos que hagan las veces de vehículos, unidades, edificaciones y demás puntos interesantes del planeamiento. A continuación, sobre ese terreno simulado se representa someramente la operación, con el fin de poder recordar los momentos críticos del ejercicio y destacar los aspectos primordiales en lo que a terreno, unidades y fases de la maniobra se refiere. Es por esto que, el cajón de arena, es una ayuda inestimable a la hora de realizar ensayos previos a operaciones. (Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2019, p. 160)



**Ilustración 1** - *Cajón de arena tradicional*. Fuente: [www.ejercito.mde.es](http://www.ejercito.mde.es)

Como es lógico, los cajones de arena a los que podemos tener acceso hoy día no son los de antaño. Mientras que antes bastaba con usar el propio terreno sobre el que se fuese a ejecutar una operación para dibujar la maniobra y considerar las diferentes líneas de acción, hoy contamos con una tecnología mucho más avanzada y sofisticada, que nos abre un nuevo abanico de posibilidades. (Amburn, Mize, Boyce, & Vey, 2015).

## 1.1. Antecedentes

De un tiempo a esta parte, las Fuerzas Armadas (FAS) en general, y el Ejército de Tierra (ET) en particular, se han ido adaptando a la revolución tecnológica que la sociedad actualmente experimenta, renovando material, procedimientos, sistemas, indumentaria, equipamiento,...etc. El cajón de arena es una de estas herramientas que ha tratado de reinventarse mediante el empleo de sistemas audiovisuales e informáticos.

Hoy día el ET cuenta con dos tipos diferentes, el Cajón de Arena Digital (CAD) y el Cajón de Arena de Realidad Aumentada (ARS – por sus siglas en inglés *Augmented Reality Sandbox*). El CAD está instalado y funcionando en diversos centros de formación y unidades. Así lo define su creador, el cabo 1º D. Castillo, del Regimiento de Caballería (RC) *Farnesio*, en un reciente artículo en la revista *Ejército*:

El cajón de arena digital (CAD) nos facilita, gracias a su sencillez, capacidades gráficas y de interacción, la posibilidad de estudiar las opciones de maniobra sobre una cartografía digital y con movimiento en tiempo real de las unidades que necesitemos desplazar antes del ejercicio real (Castillo Márquez, 2019).

En cuanto al ARS, es un sistema todavía joven, pues el ET solo cuenta con dos ejemplares en Asturias (Regimiento de Infantería “Príncipe”3), y es, en cierto modo, una evolución del CAD. Ambos sistemas buscan el mismo objetivo salvo que lo hacen con instrumental y capacidades distintas. En el ARS se hace uso de la realidad aumentada para obtener un sistema mucho más visual, en tres dimensiones (3D), mientras que el CAD solo puede ofrecer dos dimensiones (2D), y lo cierto es que no ofrece la misma visión del terreno. Por ello, teniendo acceso a las dos posibilidades, en principio sería mejor opción emplear el ARS. En los anexos I y II se detallan ambos sistemas. (Castillo Márquez, 2016).

Pero el CAD no ha sido el único precursor que se ha tenido en cuenta para el estudio de la tecnología del cajón de arena de realidad aumentada y un posible sistema de interconexión de cajones. El ejército americano, tiene implementado un sistema similar desde hace años, el denominado “ARES” (*Augmented Reality Sandtable*), un sistema informático que permite que varios ejemplares simultáneamente interactúen entre sí.

Consta de varios elementos con los que se consigue en tiempo real esa coordinación entre cajones emplazados en sitios completamente distintos. Gracias a esto cada operador no solo es capaz de poder explicar qué hay en su *sandbox* y qué terreno ha modelado, sino también de conocer qué correcciones ha efectuado el otro individuo con el que además puede mantener una videoconferencia, entre otras muchas funcionalidades. (Amburn, Garneau, Boyce, Shorter, & Vey, 2015).



**Ilustración 2** - Componentes ARES Fuente: Army Research Laboratory

## 1.2. Propósito, objetivo y alcance

El objetivo principal del trabajo es crear un sistema que permita interactuar a los dos cajones de arena de realidad aumentada con los que ya contaba el Batallón de Infantería Protegida (BIP) “Toledo” en el acuartelamiento Cabo Noval en Pola de Siero (Asturias). Se pretende conseguir, además, vincular en este sistema al CAD.

En lo referente al alcance, debido a la escasez de tiempo, no será posible completar en su totalidad la implementación del sistema. En su lugar, mediante reuniones con los expertos necesarios, se ideará el sistema que mejor cumpla con las necesidades que el Director Militar (DIRMIL) ha expuesto, dentro de las limitaciones a las que atenerse. Una vez encontrado el modelo que satisfaga las necesidades identificadas, se pasará a realizar una recogida de información entre los potenciales usuarios, sobre su idoneidad y utilidad. El punto máximo de desarrollo del sistema se conseguirá una vez se complete la puesta en funcionamiento del segundo cajón, inoperativo a mi llegada a las prácticas, y se adquieran todos los materiales necesarios para la confección del sistema de integración.

Debido a que el tiempo disponible es corto, a lo que se ha de sumar la dificultad de los trámites para conseguir todo el material y finalizar la recogida de información, las pruebas que se podrían llevar a cabo serían mínimas. Principalmente se debe a que cuando se adquieran los materiales también es necesario proceder a su instalación, lo cual puede llegar a ser un proceso arduo y lento, pues se depende de numerosos factores externos.

La situación final deseada consiste en dejar a disposición de la unidad todo el material y las instrucciones precisas para que se alcancen las primeras pruebas de funcionamiento del sistema con éxito en el menor tiempo posible.

### 1.3. Metodología

Con carácter previo a la realización de las prácticas, se llevó a cabo una recogida de información basada principalmente en la solicitud de documentación a la Dirección de Doctrina, Orgánica y Material (DIDOM), que proporcionó gran número de documentos que han sido esenciales para conocer perfectamente el tema sobre el que se investigaría.

En lo referente a los directores del proyecto, aportaron también numerosas lecturas de alto interés para el trabajo. En el caso del director académico (DIRACA) me facilitó, sobre todo, numerosos documentos acerca del CAD del RC *Farnesio*. El director militar, por su parte, proporcionó muchos informes acerca de qué era y cómo funcionaba el sistema ARES americano, además de valiosa información sobre la tecnología ya existente en el BIP y sus posibilidades. (Amburn, Garneau, et al., 2015).

Ya en la unidad, se empezaron a confeccionar las herramientas de las que se iba servir el proyecto para estudiar diferentes aspectos, considerados necesarios. Siguiendo un orden cronológico, la primera de la que se ha de hablar es de las entrevistas que se realizaron con diferentes expertos. Lógicamente la primera de ellas fue con el encargado del cajón, soldado P. Velasco, quien expuso cómo de desarrollados estaban cada uno de los dos cajones, haciéndome ver que antes de llevar a cabo ningún movimiento en dirección al sistema de integración, había que terminar de poner en funcionamiento la segunda *sandbox*. Aparte de esto, la forma de alcanzar ese sistema de interconexión de cajones fue introducido por él, que explicó el modo en que se podría llegar a conseguir de la forma más económica y sencilla una primera versión, rudimentaria pero suficiente, del sistema.

Se produjeron además entrevistas con los encargados de la sala de simulación táctica Virtual Battle Space (VBS) y Centro de Comunicaciones (CECOM). Con el primero de ellos se trató de conocer las dificultades que podría acarrear el vincular dicho simulador con el cajón de arena de realidad aumentada. La reunión en el CECOM fue encaminada a conocer en detalle el proceso de obtención del módulo de internet.

De forma paralela a las entrevistas se hizo una recogida de información entre los mandos del BIP “Toledo”, tomando en consideración la opinión de los oficiales del batallón, comandantes (uno), capitanes (ocho) y tenientes (cuatro). Ello se hizo a través de un breve cuestionario (ANEXO III) con el que se trataba de conocer hasta qué punto sería útil el sistema y qué mejoras o modificaciones se le podrían implantar. Se estipularon unos coeficientes para cada persona que respondió, en función del empleo. De ese modo el comandante quedó con un coeficiente de 2, capitanes con 1.75 y un 1.5 para los tenientes. Esta decisión estuvo apoyada, básicamente, en la experiencia del sondeado, que lógicamente es mayor a medida que aumenta el empleo.

Además se habló también con algunos sargentos primero y sargentos (un total de seis), a los que se les aplicó 1.25 y 1 de coeficiente respectivamente. Por aquel entonces, varios de ellos estaban al mando de una sección en vez de un pelotón, y se consideró interesante para el estudio el tener en cuenta esa visión recientemente ampliada. En otros casos, fue simplemente porque la persona en cuestión tenía un elevado conocimiento sobre el sistema del cajón de arena o porque lo habían usado en Zona de Operaciones (ZO). Se ha tenido en cuenta también si el individuo había usado alguna vez la *sandbox*, y en qué escenarios, antes de responder al cuestionario, sumando, al coeficiente que tuviese, 0,25 quien lo haya usado en el acuartelamiento, sumándole 0,5 si lo ha hecho en un campo de maniobras o sumándole 0,75 si lo ha hecho en zona.

#### **1.4. Ámbito de aplicación**

Primeramente, los resultados obtenidos con este proyecto irían enfocados al Regimiento en el que se realizaron las prácticas externas, concretamente al BIP “Toledo”. Ello se debe a que actualmente este batallón es el único que posee cajones de arena de realidad aumentada, concretamente, dos.

Por otra parte, el sistema CAD lo poseen muchas unidades de España, como por ejemplo la misma Brigada de Infantería Ligera Aerotransportable en Figueirido, Pontevedra, donde se ubica su Cuartel General y de la que forma parte el regimiento, que además dispone de una sala con un ejemplar del cajón de arena digital, aparte de los dos ARS. Se espera que, en un tiempo más bien corto, el resto de unidades vayan adquiriendo los ARS, principalmente porque es un sistema que tiene más aplicaciones que su precursor, el CAD. Sin existir este tipo de tecnología en toda la geografía española, empezar a pensar en la idea de ampliar la red de cajones interconectados, es, cuanto menos, utópica. Lógicamente, sin tener esas posibilidades, el ámbito de aplicación del proyecto no puede aumentarse a todas las unidades del ejército, pero sí que es cierto que cuando se cuente con esa posibilidad, todos los ARS que el ET posea, se podrán incluir en el mismo sistema.

### 1.5. Estado de la cuestión

Existen numerosas revistas, de temática científica, en las que se han publicado artículos acerca del uso e instalación del cajón de realidad aumentada, como por ejemplo la revista “*Actualidad EIT*”. Varias universidades y colegios en España ya cuentan con esta tecnología, por lo que es relativamente sencillo encontrar información acerca del ARS en sus páginas web o revistas oficiales, como es el caso del Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera. Uno de los ejemplos más importantes es el de la Universidad de Oviedo, que en su facultad de Ingenieros Politécnicos de Mieres, dispone de uno de estos cajones de arena, razón por la que se concertó una reunión con sus responsables durante las Prácticas Externas (PEXT). (García-Castellanos, 2018; Lara Morales, 2017).

Lógicamente es necesario también hacer mención de la búsqueda por internet realizada. Gracias a ella no solo se han encontrado artículos interesantes, vídeos ilustrativos o documentos realmente completos, sino que además se ha podido hacer en varios idiomas. Esto último es realmente importante ya que haciendo búsquedas en inglés se han podido hallar archivos directamente emanados de organismos americanos sobre el ARES, lo que ayuda a pensar en la veracidad de los mismos como característica principal de cada escrito, como por ejemplo “*The augmented reality sandtable (ARES) Research Strategy*” (Shepard Media, 2017; Simulation and Training Technology Center Research, 2015).

Se pueden consultar además varios informes del Mando de entrenamiento y doctrina (TRADOC) del Ejército de los Estados Unidos (EEUU) acerca del sistema ARES. En estos documentos es posible encontrar desde una guía rápida de uso hasta un manual de calibración del sensor. De entre ellos destaco uno en concreto redactado por el coronel E. Gaitán, perteneciente al ejército español destacado en EEUU en calidad de Oficial de Enlace (OFEN), que con este escrito responde a una petición de información acerca del ARES por parte de oficiales españoles destinados en la península. (Gaitán, 2019).

Hay varios artículos referentes al CAD, tanto los escritos por su creador como las noticias de su implantación (Castillo Márquez, 2018; Gonzalo, 2018). La mayor parte de ellos se encuentran redactados números de los Memoriales de Caballería, aunque se pueden hallar otros en revistas internas, ya sea la revista *Ejército*. (Castillo Márquez, 2019).

En lo referente a los Trabajos de Fin de Grado (TFG) de años anteriores he de subrayar que me han ayudado mucho. Se ha realizado uno sobre el CAD (Fernández Sosa, 2017) y hay varios sobre el VBS (Hergueta Esteban, 2016; Marco Sánchez, 2018; Riaño Martínez, 2017) a los que me he remitido repetidas veces para la confección del proyecto.

Sin embargo, el más importante para el presente TFG es el del ahora teniente A. Muñoz, destinado en su período de prácticas externas en la misma unidad, y que con el título de “Adaptación y mejora del cajón de arena de realidad aumentada para ejercicios a nivel táctico” aportaba numerosas medidas y soluciones a problemas que presentaba la tecnología existente en ese momento en el batallón. La mayoría de ellas encaminados a poder usar el ARS en los Campos de Maniobras y Tiro (CMT). (Muñoz Cruz, 2018).



**Ilustración 3** - *Presentación ejercicio en ARS*. Fuente: Elaboración propia



## 2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PREVIA

### 2.1. El ARS en el Batallón

Tal y como se explica en el ANEXO I, un cajón de realidad aumentada consta de varios componentes básicos. A mi llegada a la unidad, el BIP disponía de un cajón de arena plenamente operativo, tenía el ordenador portátil, proyector, sensor, estructura metálica y arena kinética, con sus correspondientes sujeciones para ensamblar todos los componentes. Por su parte el segundo ARS únicamente contaba con la estructura metálica, el ordenador y el proyector. Una vez se consiguieron el resto de dispositivos todavía faltaba por instalar las piezas de sujeción y la arena, que como medida de abaratamiento de costes, no se cogió kinética, notablemente más cara, sino arena de obra.

Esta vicisitud retrasó demasiado los tiempos del proyecto. El proceso de adquisición de materiales como la arena o piezas de anclaje, siendo estas últimas dependientes del taller de chapa y pintura, fueron muy lentos. Se consiguió tener completamente funcional este segundo cajón en la sexta semana de prácticas, una semana antes del fin de PEXT.

Ambos cajones se encontraban en una sala un tanto abandonada, aunque se pudieron empezar a solucionar esos primeros frentes con la ayuda del DIRMIL y la plena disposición de jefe de la compañía de servicios del BIP.



**Ilustración 4 - Evolución ARS.** Fuente: Elaboración propia

Tal como explicó el encargado del cajón, los dos ejemplares no llegaron al mismo tiempo. Con la incorporación del segundo surgieron varias complicaciones. El aula estaba estructurada de modo que el primer cajón se encontraba en una esquina, muy próximo a la única toma de corriente que había en toda la sala. Cuando se incorporó la estructura del segundo ARS, en el que se esperaba fuera su futuro emplazamiento, se colocó en la esquina opuesta al primero, quedando muy lejos de esa única toma de corriente.

Un problema añadido era la ubicación del aula, que limitaba mucho la conexión a internet de la que se nutría. De por sí, había muchos inconvenientes con la cobertura en todo el acuartelamiento, pero en la sala era especialmente notoria. Las posibilidades de mejorar esta situación eran mínimas ya que tampoco se contaba con conexión por cable.

A colación de lo anterior, la sala del ARS tiene otro problema y es que la puerta no es doble, sino de una hoja. Esto genera complicaciones a la hora de sacar los cajones fuera del aula. La estructura de ambos ARS, debido a su anchura, no cabe por la puerta, lo que obliga a voltearlo arriesgándose a que se vierta la arena al suelo. Como la arena kinética se compacta, es más difícil que esto ocurra, siempre y cuando se le ponga una tapa más o menos sencilla. Sin embargo, el segundo cajón, con la arena de obra, puede presentar este inconveniente.

## **2.2. Necesidades de mejora y evolución**

En las reuniones con el DIRMIL, dejó claras las principales premisas que se esperaban del proyecto. Se necesitaba un modo de hacer trabajar de forma conjunta los dos cajones de los que disponían, esa era la base de la que partir. Desde ese punto ya se podrían implementar mejoras o modificaciones sin abandonar el objetivo primordial. Era necesario alcanzar una situación en la que los usuarios de los dos ARS pudiesen interactuar entre sí permitiendo, incluso, el llegar a realizar ejercicios de doble acción.

En segundo lugar, el tutor militar consideró interesante diferenciar los cometidos de ambos cajones. Se pretendía dejar uno permanentemente en la sala, mientras el otro se llevase a ZO, campos de maniobras o a otro acuartelamiento donde se quisiese hacer una demostración del sistema de integración. Fue el cajón plenamente funcional el que se decidió que adoptara esa posición fija en el aula y que fuera el segundo el que se trasladase.

Una vez claro el objetivo, trabajé con el encargado del cajón de arena, P. Velasco, que no solo me orientó acerca de cómo funcionaba el sistema, la calibración, las capacidades del ARS,...etc., sino que fue él quien ideó en primera instancia la forma en que llegaríamos a poder nombrar lo que tratábamos de conseguir como sistema de integración.

En base al propósito primero, se pensó en vincularlo con el sistema VBS-2. La unidad también contaba con dos salas de este simulador, por ello, fue sencillo informarse acerca de si sería posible o no. El ARES norteamericano cuenta con esta funcionalidad. El hecho de poder integrarlo permitía con mayor facilidad el poder llevar a cabo ejercicios de doble acción. En ellos los jefes de pelotón y tropa permanecerían en la sala VBS llevando a cabo la operación mientras los jefes de sección y compañía ejercían la conducción de operaciones mediante los dos ARS y el sistema de integración.

Otro punto de inflexión en la determinación de necesidades fue la posibilidad de integrar el Cajón de Arena Digital. Tal como se explica en el ANEXO II, es un sistema de representación del terreno en 2D, lo que genera complicaciones puesto que cualquier ejercicio que se lleve a cabo en el ARS, representado en 3D, al transferirlo al CAD, se pierde la ventaja de la profundidad que da la realidad aumentada. Aunque en ese aspecto no sea del todo un acierto vincularlo, se ha seguido intentando trabajar en esa línea, pero solo por un motivo, y es que el acuartelamiento Cabo Noval es el único de todo el ET que tiene el cajón ARS, mientras que el CAD se ha extendido por numerosos centros y unidades. Esta limitación hace que, si se quieren llevar a cabo ejercicios a gran escala, integrando otras unidades, sea necesario dar la posibilidad de que, aun sin tener los medios más recomendables, pueda ser accesible para ellos, que solo tienen CAD.

### **2.3. Opiniones de usuarios y expertos**

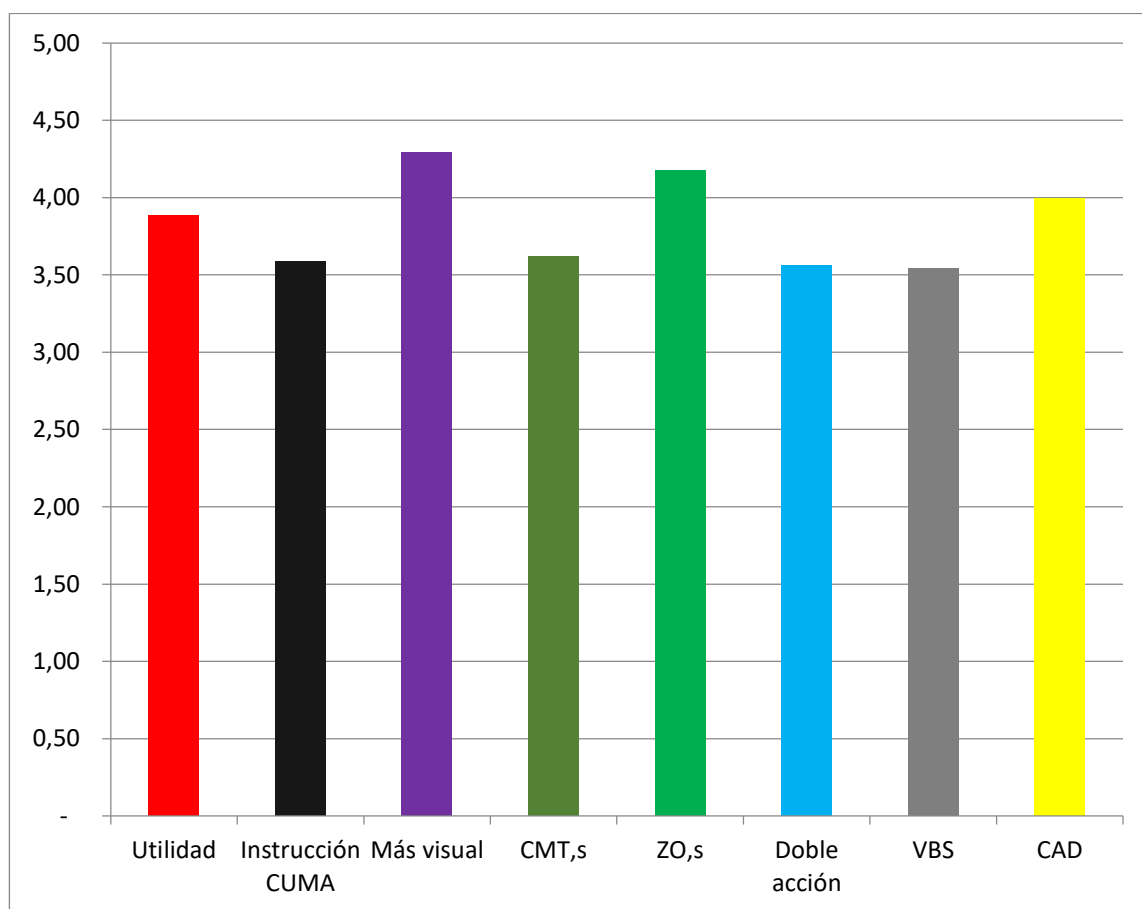
Se sucedieron numerosas entrevistas con expertos y potenciales usuarios como método de recogida de información. El objeto era contrastar qué quería conseguir el tutor militar, con el uso que se le daría o la rentabilidad que tendría su desarrollo, mediante reuniones con usuarios, y con la posibilidad técnica e informática de llevarlo a la realidad, a través de entrevistas con expertos, cuya evaluación era crucial para el proyecto.

En la entrevista con el encargado de la sala VBS, Cabo 1º Conde, se despejaron varias dudas acerca del modo para conseguir su vinculación con el ARS. El problema por el que finalmente se decidió no contar con él, consistía en que se consideró que la integración de la *sandbox* con dicho simulador no sería eficaz. Al fin y al cabo el cajón no es muy amplio, lo que condiciona mucho que se pueda llevar el mando y control de una operación llevada a cabo en tiempo real en el VBS. Si se llevase a cabo en un área tan pequeña como el cajón de grande podría ser posible, pero surgía entonces un segundo conflicto: la perspectiva. La única vista que se podría usar sería la aérea, por tanto, realmente se estaría usando el ARS como una mera superficie de proyección, cuando ya se dispone de un televisor para tal efecto en la misma sala.

En las reuniones con potenciales usuarios, se habló con el personal de las secciones de fusiles de la compañía y con la sección de armas de apoyo (SAPO), determinando que el sistema de integración sería interesante para presentar al jefe de la compañía los planeamientos sobre el ARS, algo que iba en la línea requerida por el DIRMIL. Así los dos cajones podrían interactuar juntos, en uno de ellos el personal de la SAPO, por ejemplo, expone su plan de fuegos al capitán, quien desde el suyo, puede modificar, preguntar o simplemente observar la maniobra sin necesidad de encontrarse en el mismo sitio. Es de resaltar que la compañía acababa de volver de Líbano cuando llegué. Concretamente participó en la operación “Libre Hidalgo” XXX formando el Grupo Táctico Ligero Protegido “Toledo”, lugar donde llevaron el ARS para hacer uso de él en el exterior. De dicha misión se extrajeron numerosas lecciones aprendidas, no solo en el ámbito de qué mejoras sería necesario instalar, sino en nuevos usos que se le pudiesen dar al cajón.

En el ANEXO IV se detallan los resultados de la recogida de información una tabla con la información ponderada de cada pregunta habiendo tenido en cuenta los coeficientes anteriormente mencionados. Se encuentra también dos tablas con la información acerca de las respuestas que dio cada individuo y de la proporción de mandos sondeados. El resultado de la recogida de información resultó ser bastante fidedigno, pues se alcanzó una participación por encima del 75%, en lo que a los oficiales se refiere. Los sargentos y sargento 1º, no fueron incluidos por no representar una proporción significativa.

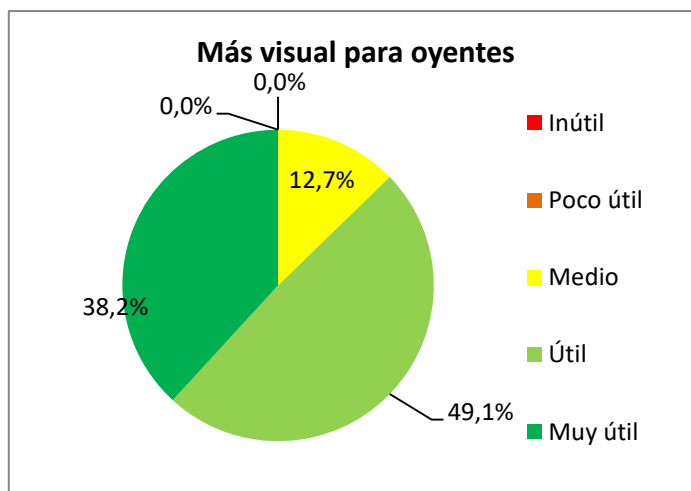
En el siguiente diagrama de barras, se puede ver la media ponderada de la valoración de las diecinueve personas a las ocho preguntas planteadas. Observando el diagrama se pueden desprender numerosos datos de interés, que en muchos casos, introducen los apartados posteriores de la memoria. En términos generales, los resultados oscilan entre el 4,29 y el 3,54. Ello quiere decir que para las personas que respondieron, todas las innovaciones o cuestiones que se plantearon son altamente interesantes, no hay ninguna que destaque por la baja puntuación que ha obtenido.



**Gráfico 1** – Ponderación de las respuestas. Fuente: Elaboración propia.

No es de extrañar que la pregunta más valorada sea la tercera (4,29), relativa al carácter más visual que este sistema ofrece como ayuda a la exposición. Son bastante notorios además los resultados obtenidos en la quinta (4,18) y octava pregunta (3,99). La quinta hace referencia a su posible empleo en zona de operaciones, algo que como se ha comentado, ya ha tenido lugar con resultados satisfactorios. Por su parte la octava valora una vinculación con el CAD, sistema mucho más extendido a día de hoy.

Por otro lado, se han tratado los datos y confeccionado diagramas diferentes al anterior, con el fin de dar diferentes puntos de vista interesantes a tener en cuenta, al margen de la ponderación de cualificación. A continuación, se representan, a modo de ejemplo, un diagrama de una de las ocho preguntas que se hicieron. Estos diagramas representan, para cada pregunta la proporción de personas que seleccionó cada opción<sup>1</sup>.



**Gráfico 2 - Pregunta 3.** Fuente: Elaboración propia

En la primera pregunta del cuestionario, acerca de si tendría utilidad alguna integrar los dos cajones de arena mediante un sistema, un 67,3% lo calificó de útil o muy útil. Dicho registro fue superado por la tercera pregunta, referente a si un sistema así haría más visuales las explicaciones a los oyentes, con un 87,3% de las valoraciones como útil o muy útil, el mejor resultado de todo el cuestionario. Tampoco se quedan muy atrás el implementar el CAD (76,3%) o el usarlo en misiones internacionales (77,3%), teniendo en cuenta que en esta última un 50,9% de las respuestas apuntan a que sería algo muy útil.

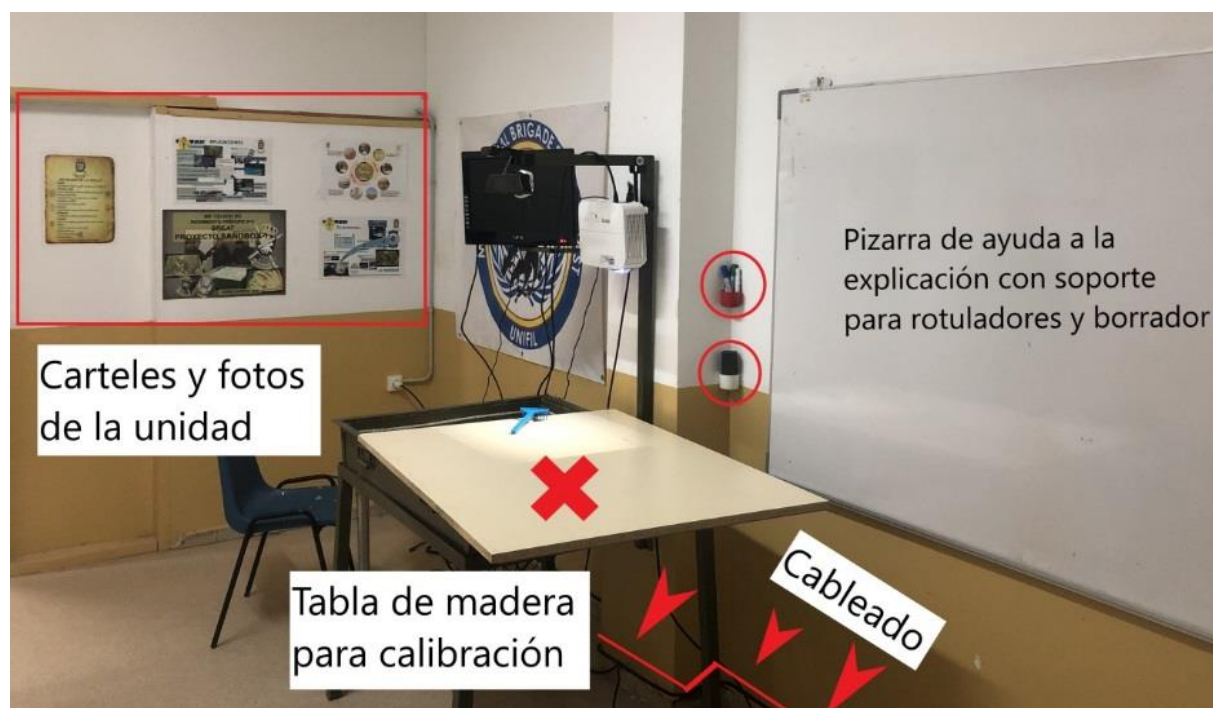
Las preguntas referentes a vincular el VBS y hacer ejercicios de doble acción son las que han obtenido el mayor porcentaje (12,7%) de la opción inútil, cosechando, además, la primera un 29,1% de la opción medio y la última un 47,27% de las opciones útil y muy útil, siendo la única pregunta que sumando ambas opciones está por debajo de la barrera del 50% y por tanto tiene la valoración menor en ese aspecto.

<sup>1</sup> En el ANEXO IV se encuentran todos los gráficos de cada pregunta del cuestionario.

### 3. INTERCONEXIÓN DE CAJONES VIRTUALES

#### 3.1. Mejoras en los cajones existentes

Tras la primera fase de recopilación y asimilación de datos, se determinó que el primer paso había de ser la mejora de las instalaciones. Principalmente, se llevó a cabo una remodelación del aula incluyendo no solo carteles de la unidad y fotografías relativas a la *sandbox* en el Líbano, sino con otros componentes que, a mi juicio, daban enormes posibilidades a los diferentes usuarios de los ARS. Como por ejemplo la pizarra que se colgó en aula como ayuda a la explicación de cualquier tema o teórica. O la tabla de madera para calibrar, esencial para una mayor rapidez, sencillez y exactitud en el proceso de la calibración. Por último, pero no menos importante, el cableado general de la habitación. Se instalaron dos regletas de seis enchufes cada una (necesarios prácticamente todos) cuando antes se contaba solamente con una de ellas y de cuatro entradas. Se consiguió de este modo no tener el problema, anteriormente explicado, de cómo alimentar la segunda *sandbox*, consiguiendo conectar las dos regletas mediante un cable que recorría toda la habitación hasta la única toma de corriente de toda la sala.



**Ilustración 5** - Sala ARS tras modificaciones Fuente: Elaboración propia

A continuación se estudió qué problemas presentaba la *sandbox* operativa o qué arreglos precisaba. Dado que el DIRMIL concluyó que éste fuera el cajón fijo, era necesario añadirle una pieza que anclase el sensor Kinect a la pared, de ese modo cada vez que se moviese el cajón al modelar la arena, este no se desplazaría, puesto que formaría parte de una pieza independiente solidaria a la pared. Si el sensor se mueve, se descalibra, lo que hace que falle cuando se representan los colores en función de la altitud, errando al asignar los colores en los puntos del terreno correctos, era una mejora esencial.

Más tarde, poco a poco, fui adquiriendo el material del sistema de integración de las dos *sandbox*, proporcionado directamente por el BIP. Al estar trabajando con la *sandbox* fija se debía confeccionar un soporte para el monitor, pues no sería necesario moverlo, cambiando además la silla y mesa a unas más adecuadas y cómodas.



**Ilustración 6 - ARS fijo remodelado** Fuente: Elaboración propia

Posteriormente me enfoqué en la segunda *sandbox*, la que el tutor había decidido que sería la que tendría capacidad de desplazamiento para traslado a ZO o CMT. Esa condición era imperativo tenerla en cuenta para las decisiones que se tomaran referentes a ese cajón. Era necesario tener presente que faltaba muchísimo material para poder usarlo, lo cual fue una ventaja, pues teniendo claro cuál era el propósito para ese ARS, pude decidir con más elementos de juicio qué componentes eran los mejores para adquirir.



Primeramente se contó con la ayuda de la compañía de servicios para adquirir una tela impermeable. Anclando velcro en todas las rebabas de la caja con remaches, se depositó encima tela de vehículo que la tapaba perfectamente. Gracias al velcro, era perfectamente estanca, además de por el carácter impermeable de la cubierta, pero también era sencilla de retirar, permitiendo además trabajar en una zona mientras otra permanece protegida de las inclemencias meteorológicas. Posteriormente, se añadió también mesa y silla para el operador y una mesa adicional para la televisión. Al tratarse de la *sandbox* móvil, el monitor no puede anclarse a la pared, puesto que el ARS debe tener carácter transportable, por ello, se necesitó adquirir una superficie adicional donde ubicarlo.



**Ilustración 7** - ARS móvil con mejoras Fuente: Elaboración propia

### 3.2. Funcionamiento del sistema de integración

Hay que tener, antes nada, muy clara la diferencia entre operador y usuario, y entre ponente y oyente, pues en adelante se utilizará con frecuencia esta terminología. El operador hace referencia a la persona que posee los conocimientos técnicos suficientes como para manejar el sistema, mientras que el usuario es el individuo que está utilizando para un determinado fin la *sandbox* o el sistema de integración. Por otro lado el ponente es el usuario que expone al resto qué tiene en su cajón para que estos lo vean, que serían los que adoptarían el rol de oyentes. A continuación se entrará en más detalles acerca de estos dos papeles pues es de suma importancia.

El objetivo del sistema es permitir que dos usuarios estén en disposición de intercambiar impresiones acerca de una operación concreta. Es necesario, que se produzcan dos videoconferencias simultáneas, una para verse mutuamente y otra para ver el planeamiento. Por lo general, el operador podría cambiarlo a gusto del usuario, por los monitores se vería al otro individuo de la videoconferencia, mientras que por el proyector del cajón se analizaría el ejercicio y terreno preparados.

El ponente puede recibir modificaciones por parte del oyente. Esta es la parte quizá más débil del sistema, pues no es un proceso directo y simultáneo. Llegados a este punto cambiarían los papeles de cada uno. Al introducir una variación, el oyente pasa a modelar en su cajón el cambio que desee mientras que el ponente debe esperar hasta que en el suyo vea proyectado el nuevo planeamiento. Por ello, llegados a este punto el que era oyente pasa a ser ponente y viceversa. De este modo, el oyente siempre verá en su cajón la maniobra ajena proyectada, es decir, solo recibirá imagen, la webcam permanecería inactiva. Por su parte el ponente, no recibe imagen, sino que la emite mostrando así su maniobra al oyente a través de la cámara situada en la parte superior.

Las modificaciones introducidas pueden ser de muchos tipos: en cuanto al terreno, en el que simplemente se cambia la configuración de la arena, o en cuanto al planeamiento. En este último caso, para representar una maniobra con unidades en movimiento en el ARS, se hace a través de presentaciones de *Power Point*. Estos archivos tienen que estar accesibles a todos los conferenciantes para que puedan hacer las variaciones que estimen precisas. Ello es posible, gracias al servidor de archivos compartidos.

El servidor hace las veces de un gran almacén virtual de archivos de distintos tipos, desde imágenes de mapas tipo “*jpg*” hasta planeamientos en *Power Point*. Este elemento es indispensable para poder introducir esos cambios. El que quiera hacerlo deberá remitirse a este servidor, tomar de ahí el archivo a modificar, hacerlo, y volver a cargar la nueva versión en el servidor para que el resto de conferenciantes tengan acceso a él. Es por esto que se comentaba anteriormente que es un punto débil del sistema. El proceso de variar maniobras es un procedimiento lento y tosco que precisa de un tiempo en el que el resto de asistentes a la exposición, han de esperar a que se cargue en el servidor ese nuevo archivo con las modificaciones oportunas incluidas.

En lo referente al procedimiento de puesta en funcionamiento, el ordenador portátil, con el que el operador maneja la *sandbox*, es el cerebro que controla todo. Con la mano del operador se decide qué imagen sale por qué dispositivo. Gracias a él se podrán modificar los papeles de oyente y ponente de la videoconferencia, variando en cada momento si se usa la webcam del cajón para capturar imagen y el proyector para mostrar la maniobra propia, o solo el proyector para conocer la ajena. Es un sistema muy rudimentario, pues no deja de ser una primera versión del mismo. El problema de que sea imposible mantener en al mismo tiempo oyentes y ponentes, genera un ritmo de uso muy bajo, pues al fin y al cabo solamente uno de los dos usuarios puede modificar el terreno.

### 3.3. Necesidades de materiales para la integración de cajones

Para poder poner en funcionamiento el sistema de integración de cajones de arena virtuales, ha sido necesario adquirir cierto material específico. Se debe tener en mente que el despliegue de medios para poder hacer uso del sistema es enorme. No solo la *sandbox*, que ocupa de por sí demasiado espacio, sino cada uno de los elementos del sistema. Por ello se advierte de antemano que la principal premisa es reducir al máximo posible el tamaño de cada uno de los componentes, máxime, para el cajón virtual móvil. A continuación se relacionan los componentes principales del sistema de integración (véase el ANEXO V):

- Monitores: necesarios para mantener la videoconferencia entre usuarios. Son necesarios dos unidades, uno por cajón. El precio unitario es de 100 euros.
- Servidor de archivos compartidos: se puede emplear un ordenador portátil convencional, que es necesario que pueda correr en el sistema operativo “*Linux*” ya que es en el que funciona el software de la *sandbox*. También se puede adquirir un *Raspberry Pi*, valorado en 83 euros. Únicamente es necesario uno, ya que en el momento en que se conecten los diferentes sistemas, tendrán acceso a él.
- Webcam: son necesarias cuatro unidades, valoradas en 24 euros cada una. Se necesitan dos por ARS, una para los usuarios y otra para sus respectivos cajones.
- Módulo de internet: es el que ofrece conexión a internet como para que se puedan realizar dos videoconferencias al mismo tiempo y se tenga acceso al servidor. Se puede usar un móvil con capacidad de compartir red hasta un router convencional. El precio puede variaren función del teléfono o router y la tarifa contratada.

Actualmente el batallón dispone de todo el material necesario para poner en funcionamiento el sistema. El proceso de adquisición se ha llevado a cabo a través de dos vías: los monitores, el servidor, dos webcams y el módulo de internet se pudieron conseguir a coste cero mediante redistribución del material de las compañías. Por su parte, las dos webcams restantes junto con cables, adaptadores y demás material secundario reflejado en el ANEXO V, se compró con dinero del BIP, por valor de 100 euros. Caso de tener que adquirirse todo el material para activar un ARS, el coste sería de 454,28 euros.

### 3.4. Resultados

Una vez expuesta la situación inicial, las necesidades a satisfacer, el modo en cómo hacerlo y con qué instrumental, hay que pasar a analizar qué se ha conseguido y hasta qué punto está desarrollado el sistema en la unidad.

Se ideó un listado con las pruebas, ordenadas cronológicamente, que se debían ir cumplimentando hasta llegar a una eventual vinculación con el CAD. Durante el tiempo de PEXT se fue siguiendo, solventando los problemas que fuesen surgiendo y tratando de llegar lo más lejos posible. Las pruebas comenzaron la última semana de PEXT, al ser a finales de la sexta, cuando se terminó todo lo necesario para la segunda *sandbox*.

La primera de todas las pruebas fue comprobar que una vez se disponía de todo el material necesario para entrar en eficacia con el segundo ARS, este funcionaba. Una vez se completó este paso con éxito, se iniciaron varios simulacros con el ánimo de discernir si los elementos que debían conectar entre sí lo hacían correctamente.

En lo referente a las videoconferencias y las webcams, se buscaron aplicaciones con las que poder llegar a ese objetivo. La primera de ellas fue “*Skype*”, prueba resuelta con éxito a comienzos de la última semana de prácticas. Esta aplicación, no solo da un buen servicio sino que además permite llamadas grupales de hasta diez miembros, algo que debido al ambicioso objetivo que se persigue de integrar cajones por toda la geografía española, es de vital importancia (Crisol, 2013). Se probaron también otras aplicaciones que diesen las mismas posibilidades, pero nunca se llegó a poder aseverar con total certeza que fuesen eficaces, ya que el problema de internet que tenía la sala diezmó por completo las posibilidades de comprobarlo.



**Ilustración 8** - Llamada grupal Skype. Fuente: [www.nerdilandia.com](http://www.nerdilandia.com)

Posteriormente se probó la interconexión entre ordenador, televisor y proyector, para analizar si las imágenes se extraían y mostraban correctamente. Fue entonces cuando surgió un nuevo problema. De base, el sistema del ARS tiene implementada una división de pantalla, para que se vea una imagen por el proyector y otra por el ordenador. Ahora, era necesario instalar una triple división, por el monitor el *Skype* con el otro conferenciante, por el ordenador lo que necesite el operador y por el proyector el planeamiento.

Esta última prueba se llevó a cabo a finales de la séptima y última semana, siendo imposible implementar una solución antes de abandonar Asturias. Sin embargo, antes de irme, pude reunirme con el cabo mayor Redondo, que tiene estudios superiores de informática y está destinado en el aula informática de Regimiento. Me explicó posibles soluciones que comenté con el encargado del cajón pero que por premura de tiempo no se pudieron evaluar. Una de ellas, de las más efectivas según él, era el modificar la tarjeta gráfica del ordenador a una que permitiese esa triple división. Otra era usar un segundo dispositivo del que extraer esa tercera imagen, opción claramente peor.

A partir de aquí el desarrollo de las pruebas quedó paralizado por esta vicisitud para la que es posible que, tras hablar con el cabo mayor, se haya hallado una forma de resolverlo, pero no se ha podido llegar a contrastar su validez.

En caso de haber podido llegar a solucionar o al menos sortear este inconveniente, el siguiente hito sería comprobar el correcto funcionamiento del servidor de archivos compartidos. Bastaría con conectar los ordenadores de cada uno de los ARS y comprobar que se pueden descargar y subir nuevos archivos desde ambos dispositivos, probar también

que se pueden intercambiar entre ellos y que se ven correctamente las modificaciones que se hayan implementado. El ordenador portátil es el cerebro del sistema. Si se ve todo correctamente en él, se verá bien en el monitor o en el proyector, ya que simplemente son diferentes plataformas de salida e imagen, que tienen un mismo origen: el portátil.

Una vez comprobado todo lo anterior, se procedería a llevar a cabo un simulacro completo entre los dos cajones de arena. Esto debería ser un mero trámite puesto que si las piezas por separado funcionan, el conjunto debería hacerlo también.

Llegados a este punto se procedería a introducir el CAD. Se seguiría el mismo orden de pruebas, es decir, comprobar el correcto funcionamiento de las webcams, necesidades a solventar con la división de pantalla, la compatibilidad con el servidor de archivos, que las operaciones básicas a hacer con él no dan problemas, un pequeño simulacro entre el CAD y uno de los dos ARS y posteriormente una integración de a tres.

Después de introducir cómo se haría el correcto desarrollo de las diferentes pruebas, quizá el problema principal al que hacer frente sería el de la señal de internet. Se han ideado varias soluciones que pueden resolverlo. Una de ellas consiste en cambiar de aula el cajón, a una sala que tenga mejor cobertura o conexión a internet por cable. El modificar el actual emplazamiento del ARS se debería hacer a una sala con puerta doble, con motivo de lo explicado en el apartado 2.1 del cuerpo de la memoria. Son dos premisas que sería interesante tener en cuenta. Desgraciadamente, tal como explicó el DIRMIL, en las reuniones mantenidas a lo largo de todas las prácticas, el cambio de instalación era imposible ya que la unidad tiene un grave problema logístico. Se concluyó que, de momento, habría que buscar una nueva solución.

La segunda opción está relacionada con dotar a la sala de internet por cable. La conexión a la red de propósito general del Ejército parece sencilla y similar al que se hizo en la sala para dar toma de corriente a la segunda *sandbox*. Según el DIRMIL, el problema que presenta esta opción es que ya se hizo algo parecido cuando se remodeló el edificio del BIP, momento en el que surgieron complicaciones por motivo de seguridad.

Como tercera posibilidad se dispondrían amplificadores que permitiesen llegar red de internet a la sala. Ya sea con la red de Propósito General (PG) o con una red de apoyo al personal recientemente instalado en los edificios de la unidad. El aula donde se encuentra el

cajón se ubica en la primera planta de una edificación, debajo del alojamiento logístico de la tropa, por lo que el DIRMIL ha considerado la oportunidad de amplificar la señal de la red de apoyo al personal, una situación magnífica para dar internet al cajón.

Como cuarta y última posibilidad, se podría dotar a la sala de rúters con una tarifa de datos contratada, una red civil. Según lo que pude informarme en la unidad, la compañía telefónica que mejor servicio da es “Movistar”. El problema principal de este método es que al tratarse de una red civil hay que tener en cuenta que se distribuiría por ella material sensible, por ello sería necesario proceder a la encriptación de la red.

En general, el sistema da buenas expectativas de llegar a funcionar pero esos pequeños contratiempos detuvieron por completo el correcto avance del proyecto. Según el encargado, una vez solucionado el problema de la proyección en pantalla partida, se podría poner en funcionamiento puesto que el resto de conexiones entre dispositivos serían simplemente vía internet, y eso no daría ningún problema salvo el de la mala conexión debido a la ubicación.

La situación final esperada, una vez se completen las pruebas, consiste en conseguir una integración entre cualquier sistema de cajón de arena virtual, ya sea de realidad aumentada (ARS) o digital (CAD), permitiendo esa compatibilidad entre sistemas diferentes con distintas capacidades y fortalezas.



**Ilustración 9 - Sistema ARES americano.** Fuente: (Simulation and Training Technology Center Research, 2015)

## 4. LÍNEAS FUTURAS DEL PROYECTO

Como ya se ha explicado anteriormente, se tuvo que modificar el alcance del proyecto. En un principio se esperaba poder llevar a cabo numerosas pruebas de compatibilidad entre cajones, no solo con los ARS, sino también con el CAD de la Brigada en Pontevedra o con el del RC “*Farnesio*” en Valladolid. La lentitud en la adquisición de material y la puesta en funcionamiento del segundo cajón de arena ralentizaron tanto los tiempos del trabajo, que hubo que disminuir las aspiraciones en relación con cuán desarrollado estaría el sistema una vez finalizase el período de PEXT. Al ser un sistema tan nuevo y poco probado, tiene mucha proyección de futuro. A continuación se relacionan algunas líneas futuras en las que se puede trabajar en el futuro para mejorar la integración.

### 4.1. Virtual Battle Space VBS2

Este simulador de batalla, puede ofrecer grandes ventajas en su vinculación con el sistema de integración. Gracias a él se podrían llevar a cabo ejercicios de instrucción muy completos en los que puedan entrenar tanto los soldados y los jefes de pelotón, como los mandos de sección y compañía. Estos últimos utilizarían los ARS como instrumento para la conducción de operaciones, al tiempo que emplearían el sistema de integración para mantener una comunicación fluida para transmitir cualquier orden que se estime necesario.

Tras la entrevista con el encargado de la sala, concreté con el tutor militar que no era muy rentable. Según él, sería necesario dar a los ordenadores de las *sandbox* una licencia para poder usar el VBS, de administrador, no de usuario, puesto que se tiene que tener la posibilidad de modificar la cámara para elegir la que mejores opciones dé al cajón. (Dirección de Enseñanza Instrucción Adiestramiento y Evaluación, 2013).



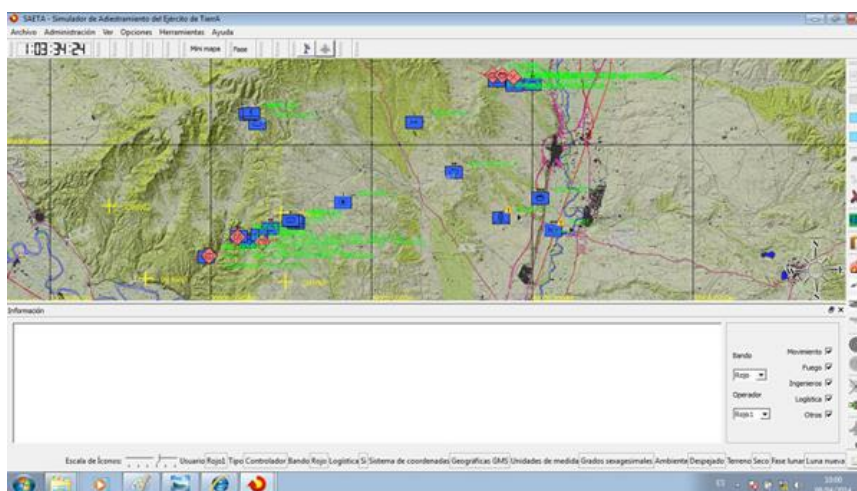
**Ilustración 10** - Captura VBS-2. Fuente: [www.ejercito.mde.es](http://www.ejercito.mde.es)



## 4.2. SAETA

Tal como explicó el DIRMIL los últimos días, el sistema SAETA (Simulador de Adiestramiento del Ejército de Tierra) sería una implementación de gran valor para el sistema. Es un sistema de adiestramiento para puestos de mando de batallón y brigada que sustituye al CASIOPEA (Conjunto de Aplicaciones de Simulación para Operaciones) (Gonzalo, 2015). Este nuevo sistema de simulación permite recrear numerosas situaciones tácticas que, en caso de integrarlo con los ARS, se podrían proyectar en el terreno y de ese modo ver en profundidad el desarrollo de numerosas operaciones. Así los mandos podrían instruirse en el ámbito de la conducción de operaciones, uno de los objetivos principales.

Dado que es un sistema joven, recientemente implantado en el CENAD, San Gregorio, no ha sido posible en el tiempo de PEXT trabajar en esta línea. Lo óptimo sería contactar con el CENAD con el fin de conocer la posibilidad de vincularlo con el ARS. Ya en 2016 se llevó a cabo un ejercicio con éxito en este simulador, en el que hubo personal implicado de numerosas unidades, como el Batallón de Infantería de Carros de Combate “Flandes”, que actuó de enemigo frente a personal del Grupo de Caballería Acorazado “Húsares de la Princesa”, con apoyos del Batallón de Zapadores XXII y el Regimiento de Artillería de Campaña 20. Esto lleva a pensar que aunque sea un sistema emergente, presenta muchas posibilidades y es que con el ARS, son dos sistemas que podrían trabajar juntos obteniendo resultados de gran rendimiento. (Oficina Comunicación BRC II, 2016).



**Ilustración 11** - *Simulador SAETA*. Fuente: (Gonzalo, 2015)

## 5. CONCLUSIONES

Con el sistema de integración ideado en este TFG, se podrá alcanzar una situación en la que los dos cajones de los que dispone el Batallón “Toledo” puedan interactuar y trabajar en conjunto para una operación táctica a gran escala. Si ya de por sí el ARS da muchas nuevas posibilidades al Ejército, un sistema en que no solo tengamos dos superficies de trabajo sino que además estén interconectadas y cooperen entre sí, amplía sustancialmente el abanico que se abre ante las unidades y sus actividades de instrucción y adiestramiento.

Es un sistema demasiado nuevo, pero esto no es otra cosa que una gran ventaja. El hecho de ser de reciente creación hace que se puedan implementar un sinnúmero de nuevas mejoras para desarrollar más aun las capacidades que brinda al ET. La integración de otros simuladores como el SAETA o el VBS, dan la oportunidad de crear situaciones tácticas de alto valor para la enseñanza e instrucción de las unidades a cualquier nivel. Esa vinculación con el CAD que también se pretende conseguir, genera una modificación sustancial en el plan de adiestramiento y en las capacidades que tienen las unidades. Tener acceso a un sistema que permite tener conectadas a numerosas unidades independientemente del lugar en el que se encuentren no hace sino posibilitar el planeamiento de ejercicios a gran escala, incluso las operaciones ejecutadas por grandes unidades tipo Brigada.

La recogida de información entre los mandos avala la aceptación que presenta el sistema. Ello, sumado a las posibles líneas futuras en las que se puede trabajar, crea unas circunstancias perfectas para el desarrollo de una nueva tecnología, muy desconocida, que sin duda dota a las unidades de una cantidad ingente de ventajas en lo que a instrucción, adiestramiento e innovación se refiere.

Finalmente se alcanzará una situación en la que sean cuales quiera las condiciones, se podrá establecer una conexión directa, a través de los cajones, ya sean digitales o de realidad aumentada, entre unidades distanciadas por muchos kilómetros. Esto no hace sino mejorar las capacidades del ET, facilitando el método de planeamiento a gran escala.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Amburn, C. R., Garneau, C. J., Boyce, M. W., Shorter, P. L., & Vey, N. L. (2015). The Augmented Reality Sandtable (ARES) Research Strategy. *US Army Research Laboratory*, (ARL-SR-0340), 34. <https://doi.org/2.1.2685.0006>
- Amburn, C. R., Mize, M. J. R., Boyce, M. W., & Vey, N. L. (2015). The Augmented Reality Sandtable (ARES). *US Army Research Laboratory*, (ARL-SR-0340), 34. Recuperado de <http://www.dtic.mil/docs/citations/AD1048013>
- Castillo Márquez, D. (2016). El rincón de simulación. *Memorial de Caballería*, (81), 125-130.
- Castillo Márquez, D. (2018). *Memoria Descriptiva. Proyecto cajón de arena digital* (Unidad de Simulación, ed.). Valladolid: Regimiento de Caballería Farnesio 12.
- Castillo Márquez, D. (2019). El cajón de arena digital. *Ejército*, 940, 46-51.
- Crisol, L. (2013). Cómo hacer videoconferencia con varias personas con Skype. Recuperado de <https://www.xatakawindows.com/bienvenidoawindows8/como-hacer-videoconferencia-con-varias-personas-con-skype>
- Dirección de Enseñanza Instrucción Adiestramiento y Evaluación. (2013). *Norma DIEN 205/13. Normas de funcionamiento. Servidor de licencias Steel Beasts y VBS2*. Granada: Mando de Adiestramiento y Doctrina.
- Estado Mayor de la Defensa. (2019). «Cajón de arena» 4.0 topografía virtual en Líbano. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=BL89G\\_zBrTs](https://www.youtube.com/watch?v=BL89G_zBrTs)
- Felispon. (2018). AR Sandbox, Caja de Arena de Realidad Aumentada. En *Geodiver*. Recuperado de <https://www.geodiver.es/ar-sandbox/>
- Fernández Sosa, P. (2017). *Cajón de arena digital. Integración en el método de planeamiento y desarrollo de mejoras del sistema*. Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.
- Gaitán, E. (2019). *Informe respuesta del OFEN en el TRADOC (US Army) sobre el cajón de arena de realidad aumentada ARES* (pp. 1-8). pp. 1-8.
- García-Castellanos, D. (2018). *Modified ARSandbox*. Recuperado de <https://sites.google.com/site/daniggcc/outreach-divulgacion/ar-sandbox>
- Gonzalo, B. (2015, agosto 5). La simulación constructiva se moderniza con el SAETA. *Intranet Defensa*. Recuperado de [http://www.ejercito.mde.es/en/actualidad/2015/08/4477\\_simulacion\\_constructiva\\_sae ta.html?\\_\\_locale=en](http://www.ejercito.mde.es/en/actualidad/2015/08/4477_simulacion_constructiva_sae ta.html?__locale=en)
- Gonzalo, B. (2018). Un cajón de arena sin arena. *Tierra*.
- Hergueta Esteban, L. (2016). *Implementación del simulador Virtual Battlespace 2 (VBS) en el adiestramiento de pequeñas unidades de Caballería*. Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.

- ICTJA-CSIC. (2016). *Caja de Arena + Realidad Aumentada - Augmented Reality Sandbox*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=y5I0wzg9QIU>
- Lara Morales, G. (2017, marzo). Cajón de arena de realidad aumentada. *EIT*. Recuperado de <https://actualidadeit.wordpress.com/2017/03/14/augmented-reality-sandbox-eit/>
- Mando de Adiestramiento y Doctrina. (2019). *PD4-026 Proceso de planeamiento de las operaciones a nivel táctico (PPO-T)*. Madrid: Centro Geográfico del Ejército.
- Marco Sánchez, J. L. (2018). *Mejora del simulador de combate «Virtual Battlespace 2»*. Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.
- Muñoz Cruz, A. (2018). *Adaptación y mejora del cajón de arena de realidad aumentada para ejercicios a nivel táctico*. Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.
- Oficina Comunicación BRC II. (2016, enero 27). RAC Pavía 4 Primer ejercicio CPX Simulador «SAETA». *Intranet Defensa*. Recuperado de [http://intra.mdef.es/portal/intradef/Ministerio\\_de\\_Defensa/Estado\\_Mayor\\_de\\_la\\_Defensa/Estado\\_Mayor\\_de\\_la\\_Defensa/Inicio/Novedades\\_Operaciones?\\_state=maximized&pi\\_emad\\_s090013\\_rc2accionRetornoDetalle=com.mdef.intranet.portlets.contenidos.action.ListadoDest](http://intra.mdef.es/portal/intradef/Ministerio_de_Defensa/Estado_Mayor_de_la_Defensa/Estado_Mayor_de_la_Defensa/Inicio/Novedades_Operaciones?_state=maximized&pi_emad_s090013_rc2accionRetornoDetalle=com.mdef.intranet.portlets.contenidos.action.ListadoDest)
- Riaño Martínez, A. (2017). *Estudio cualitativo de la inclusión del simulador de combate VBS2 en el planeamiento y ejecución de una operación*. Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.
- Shepard Media. (2017). *IITSEC 2017: US Army trials digital sandbox*. United States.
- Simulation and Training Technology Center Research. (2015). *Augmented Reality Sandtable (ARES)*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=G3TtCDLZO7g>

**[PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO]**

## 7. ANEXOS

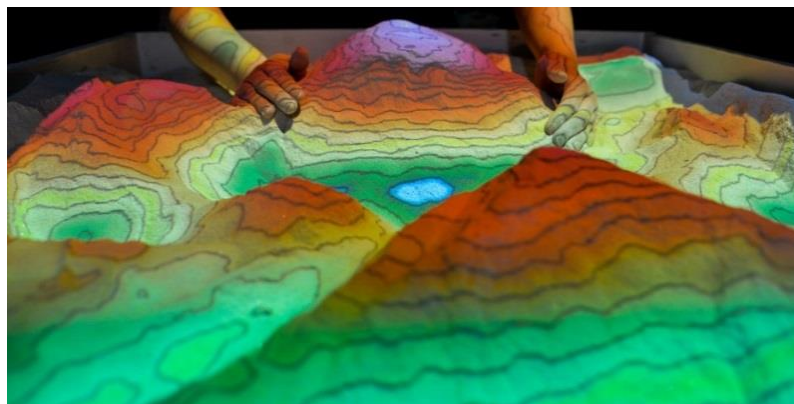
### 7.1. ANEXO I. Descripción del cajón de arena de realidad aumentada (ARS)

El cajón de arena de realidad aumentada, representa una completa innovación en el campo militar, un grado de adaptabilidad a la revolución tecnológica en la que se vive hoy en día muy elevado. Es la transformación de un método sencillo que ha acompañado siempre a los militares en un instrumento muy sofisticado con unas capacidades y posibilidades enormes, que todavía no ha sido ampliamente extendido en el ET.

Actualmente el ET cuenta con dos ejemplares, ambos situados en Asturias. Este sistema funciona con cuatro componentes básicos:

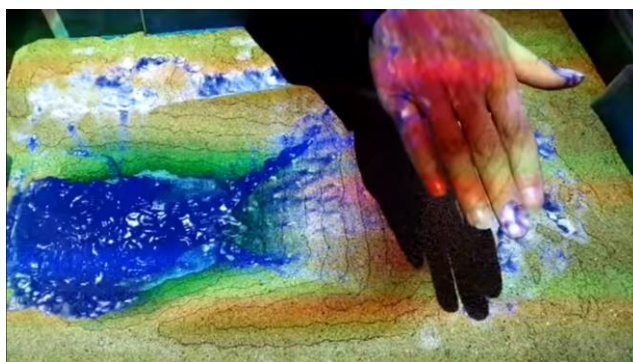
- Estructura del cajón con arena
- Ordenador con sistema operativo Linux Mint
- Proyector
- Sensor Kinect

El ordenador es el dispositivo desde donde se controla todo, gracias a la acción del operador. El proyector es el nexo de unión entre la arena y el ordenador permitiendo observar fotos aéreas, mapas, poblaciones, capas topográficas,...etc. La arena se usa para modelar a gusto del usuario el terreno que prefiera, o para adaptarlo a una foto aérea o mapa que se haya proyectado. El sensor, por otro lado, se encarga de escanear la arena para determinar a qué altura se encuentra cada punto y en base a eso asignarle un color u otro. (Felispon, 2018; Lara Morales, 2017).



**Ilustración 12** - Operador modelando terreno. Fuente: [www.unidiversidad.com.ar](http://www.unidiversidad.com.ar)

El proyector muestra las curvas de nivel y los colores asignados por el sensor, que varían de menor a mayor altura en un rango que abarca desde el azul hasta el blanco. Este sensor también tiene control gestual, gracias a él el usuario puede extender su mano entre el sensor y la arena para simular lluvia. En ese momento, se puede observar como en función del terreno modelado, el agua de la lluvia recorre la arena, bajando por las laderas de las elevaciones, aglutinándose en las zonas más deprimidas. (Estado Mayor de la Defensa, 2019; Simulation and Training Technology Center Research, 2015).



**Ilustración 13** - *Operador simula lluvia.* Fuente: (ICTJA-CSIC, 2016)

Además de la función hipsométrica, el ARS se puede usar solamente con el proyector y la arena, sin usar el sensor. Es posible proyectar un mapa o una foto aérea. Viendo cómo según el mapa o la foto es el terreno, el operador configura la arena adaptándola, someramente, a este. Una vez modelado, se puede proceder a la exposición del ejercicio.



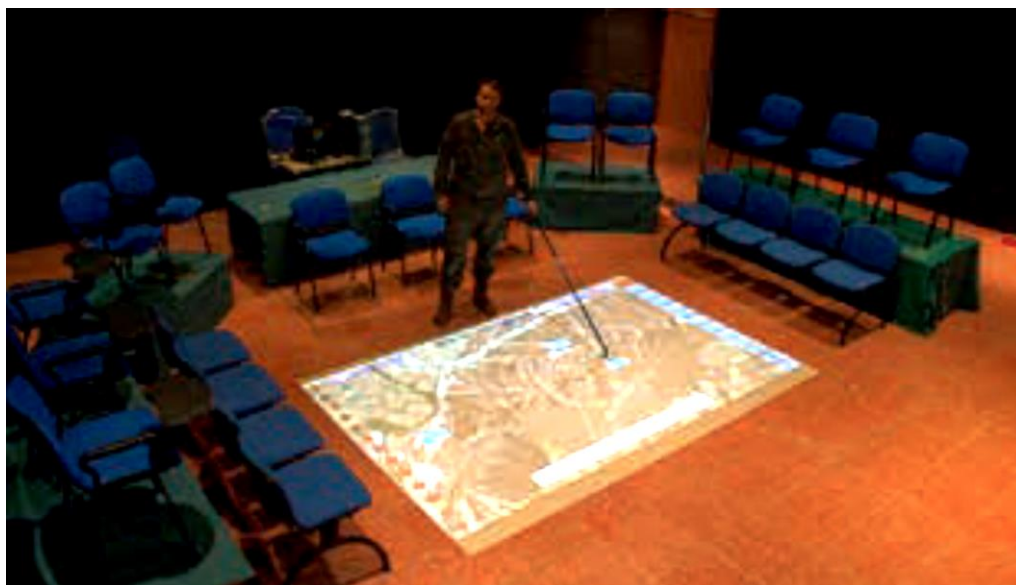
**Ilustración 14** - *ARS con foto aérea.* Fuente: Elaboración propia.



## 7.2. ANEXO II. Descripción del Cajón de Arena Digital (CAD)

El Cajón de Arena Digital es un sistema virtual ideado por el cabo 1º D. Castillo, del Regimiento de Caballería *Farnesio* (Valladolid). Es una adaptación del cajón de arena tradicional a la revolución tecnológica de hoy día, un instrumento que a través de un proyector colocado, normalmente, en un punto elevado de una sala, muestra sobre el suelo la maniobra a exponer. Es por tanto un sistema en 2D.

Esta novedosa tecnología fue ideada en 2015, y desde entonces se ha extendido hasta muchas de las unidades del Ejército. El CAD constituye un instrumento de ayuda a la exposición con funciones muy sofisticadas y útiles. Permite la interconexión de hasta 25 dispositivos tipo “*Tablet*”, que son empleados para poder observar lo que se proyecta en el suelo desde una perspectiva mucho más cercana aparte de tener una configuración fija, para aulas, y otra móvil, para maniobras y ejercicios (Gonzalo, 2018).



**Ilustración 15** - *Cajón de Arena Digital*. Fuente: (Castillo Márquez, 2016)

Ese sistema de proyección vertical del que se sirve el CAD permite la interacción táctil directamente con el suelo, gracias a un sistema de infrarrojos, evitando la necesidad de una pantalla específica intermediaria. Además de todo esto, el cabo primero desarrolló el software que permite la proyección del mapa de forma simultánea con el movimiento táctico de unidades, el *Strategos* (Castillo Márquez, 2016).



### 7.3. ANEXO III. Modelo de cuestionario

#### TRABAJO FIN DE GRADO 5º CURSO

C.A.C. INF. ALEJANDRO GONZÁLEZ DEL ALBA RODRÍGUEZ

Como parte del plan de estudios que el citado cadete debe superar para su formación como futuro oficial del Cuerpo General del Ejército de Tierra (CGET), se halla realizando el Trabajo de Fin de Grado (TFG). Para la confección del mismo, llevará a cabo una recogida de información acerca del sistema de integración de cajones de arena virtuales que pretende implementar.

**NOTA:** Los datos facilitados en este cuestionario serán empleados única y exclusivamente por el cadete para su TFG, el cual, además, será de difusión limitada. El cuestionario es completamente anónimo.

#### Cuestiones iniciales:

- a. Empleo:
- b. Años de servicio:
- c. Experiencia en zona de operaciones, ¿qué puesto táctico le fue asignado?:
- d. ¿Alguna vez ha usado la *Sandbox*?:
- e. Indique si lo hizo en zona de operaciones, campos de maniobras o acuartelamiento:

En relación con lo anteriormente expuesto, indique con una "X" la opción elegida, teniendo en cuenta que el 1 representa "muy poco" y el 5 "mucho". En el reverso tiene tres preguntas abiertas para responder en las que se ruega se escriba con letra mayúscula.

1. ¿Cómo de útil consideraría dicho sistema?  
 1. ☐      2. ☐      3. ☐      4. ☐      5. ☐
2. ¿Sería un buen método para que los cuadros de mando se instruyesen como tal?  
 1. ☐      2. ☐      3. ☐      4. ☐      5. ☐
3. ¿Cree que dicho sistema haría más visual las explicaciones para los oyentes?  
 1. ☐      2. ☐      3. ☐      4. ☐      5. ☐
4. ¿Considera que se podría ampliar su empleo a campos de maniobras?  
 1. ☐      2. ☐      3. ☐      4. ☐      5. ☐
5. ¿Y a zona de operaciones?  
 1. ☐      2. ☐      3. ☐      4. ☐      5. ☐
6. ¿Sería útil implementarlo para ejercicios de doble acción?  
 1. ☐      2. ☐      3. ☐      4. ☐      5. ☐
7. Para mayor aprovechamiento, ¿considera útil integrar además el sistema VBS-2?  
 1. ☐      2. ☐      3. ☐      4. ☐      5. ☐

8. ¿Y con el sistema de Cajón de Arena Digital (CAD)?

☐
☐
☐
☐
☐

9. Comente posibles ventajas que se puedan desprender del sistema:

10. Comente posibles desventajas que se puedan desprender del sistema:

11. Comente a continuación cualquier cosa que crea pueda ayudar al estudio

En el siguiente recuadro, cumplimente información adicional para la que no haya tenido espacio en algunas de las cuestiones anteriores. Se ruega indique la pregunta a la que complementa lo redactado, que deberá estar escrito en letra mayúscula.

Muchas gracias por su participación.

## 7.4. ANEXO IV. Resultados del sondeo

A continuación se muestra la tabla con todas las respuestas y su resultado ponderado:

Empleo	Coeficiente	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6	Pregunta 7	Pregunta 8
Comandante	3,5	3	4	4	5	5	4	4	4
Capitán	2	4	3	4	3	3	3	4	4
Capitán	2,5	3	2	4	4	3	3	1	4
Capitán	3,25	5	5	5	5	5	5	5	5
Capitán	3,25	5	5	5	5	5	5	1	5
Capitán	3,25	4	5	5	5	5	5	5	5
Capitán	3,5	5	5	5	3	5	5	4	4
Capitán	2	2	2	3	4	4	1	3	3
Capitán	3	2	1	3	2	2	1	5	2
Teniente	1,75	4	3	5	2	5	4	3	5
Teniente	1,5	5	5	5	3	4	3	5	4
Teniente	2,5	4	3	4	4	4	4	5	5
Teniente	1,75	5	4	4	4	5	3	3	4
Sargento 1º	2	4	4	4	3	4	3	3	4
Sargento 1º	1,25	3	2	4	1	4	2	2	5
Sargento	1,25	4	1	4	5	5	3	3	3
Sargento	1,75	4	4	4	1	4	3	3	3
Sargento	2,25	3	3	4	3	2	3	2	2
Sargento	1,25	5	4	5	3	5	4	5	4
<b>TOTAL:</b>	<b>43,5</b>	<b>3,89</b>	<b>3,59</b>	<b>4,29</b>	<b>3,62</b>	<b>4,18</b>	<b>3,56</b>	<b>3,54</b>	<b>3,99</b>

**Tabla 1** - Resultados ponderados respuestas. Fuente: Elaboración propia

A continuación se presentan las dos tablas mencionadas en el cuerpo de la memoria. La primera de ellas expone el porcentaje de oficiales del BIP “Toledo” de los que se ha podido obtener información. Los seis suboficiales anteriormente mencionados, no figuran en la tabla de los porcentajes puesto que representan una proporción no significativa del total de suboficiales a los que se podría haber preguntado. Mientras que en el caso de los oficiales se buscaba la participación máxima, con los sargentos se perseguía dar al estudio perspectivas diferentes, no analizadas previamente.

Empleo/Datos	Encuestados	Posibles	Tanto por ciento
Comandante	1	2	50 %
Capitán	8	9	88,89 %
Teniente	4	6	66,67 %
Total	13	17	76,47 %

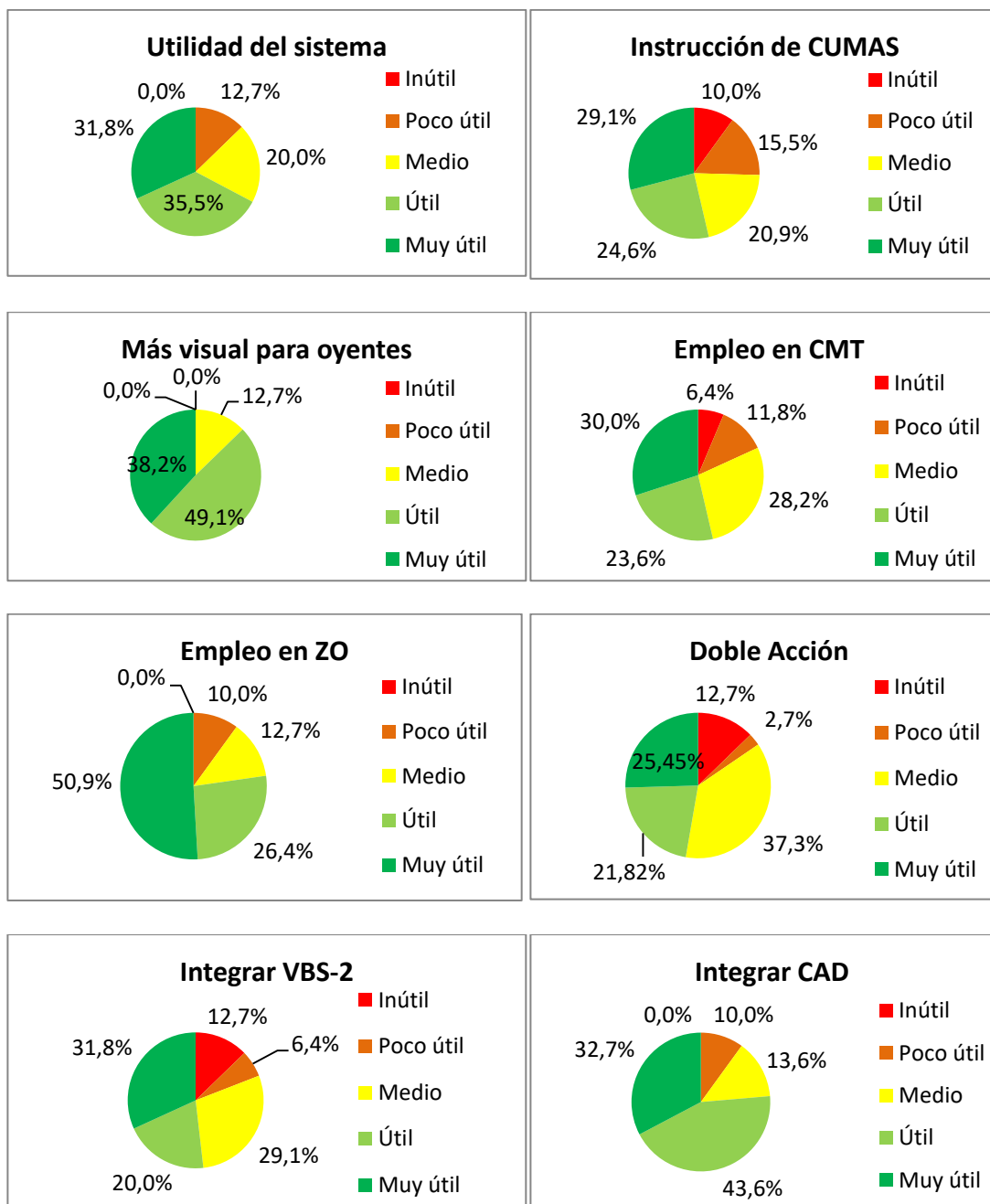
**Tabla 2 - Porcentaje Muestra.** Fuente: Elaboración propia

La segunda tabla representa, sin tener la cuenta la ponderación, los resultados para cada pregunta y opción del sondeo.

Pregunta/Opción	1	2	3	4	5
Primera	0	2	4	7	6
Segunda	2	3	4	5	5
Tercera	0	0	2	10	7
Cuarta	2	2	6	4	5
Quinta	0	2	2	6	9
Sexta	2	1	8	4	4
Séptima	2	2	6	3	6
Octava	0	2	3	8	6

**Tabla 3 – Respuestas.** Fuente: Elaboración propia.

A continuación se exponen, mediante diagramas de sectores, para cada una de las ocho preguntas del cuestionario, la proporción de personas que respondieron cada una de las opciones. Estos porcentajes se esgrimen de la anterior tabla, por ello tampoco son proporciones que tenga en cuenta los coeficientes ni son resultados ponderados.



## 7.5. ANEXO V. Listado de materiales necesario para integración de ARS

### a. Monitor:

Primeramente hay que dejar claro que son necesarias dos unidades, una para cada *sandbox*. Es obligatorio que el modelo seleccionado cuente con una entrada tipo High-Definition Multimedia Interface (HDMI), pues sin ella será imposible usarlo como instrumento de salida de la imagen que deseemos extraer. En cuanto al tamaño, es recomendable que ronde las 19 pulgadas, pues uno excesivamente grande iría diametralmente en contra de la condición principal anteriormente advertida. Está comprobado que con esa medida se obtienen resultados óptimos, en cuanto al espacio que ocupa, el peso que soportaría el soporte de la *sandbox* fija, la facilidad de transporte para la *sandbox* móvil y una experiencia notable de las funcionalidades que ofrece este componente. Para el proyecto se ha contado con una mesa donde apoyar el monitor del cajón móvil, la cual debe ser plenamente estable.

### b. Webcam:

No hay que buscar el modelo más sofisticado del mercado, solo hay que tener en cuenta el número de ellas que queremos adquirir. Serían necesarias cuatro unidades: dos para captar al usuario y otras dos para captarlo expuesto en el cajón de arena. Se pensó en hacer uso de las propias cámaras internas de los ordenadores, los cuales ya vienen como elemento indispensable de la *sandbox* y no del sistema de integración, pero se ha considerado que ha de ser una situación transitoria. Se ha demostrado que para poder grabar de forma satisfactoria al individuo, el ordenador debe estar en un emplazamiento muy específico. Esto generó varios problemas, sobre todo pensando en la *sandbox* móvil, la cual no siempre va a disponer de las mejores características de ubicación. Pero también generó conflicto en la fija, pues precisaría la instalación de un nuevo soporte que permitiese manejarlo cómodamente por parte del operador. Por ello, se concluye que serían aconsejables cuatro unidades, localizadas en el sitio donde mejor servicio den. Al fin y al cabo, se ha constatado que es más fácil instalar una webcam en cualquier parte del sistema, que un ordenador, con su correspondiente soporte y espacio necesario para el operador.

c. Servidor de archivos compartidos:

Para esta funcionalidad se pueden adquirir varios tipos de dispositivos distintos. En el caso del sistema de Siero se hizo uso de un ordenador portátil, ya que se contaba en la unidad con varios de ellos que habían caído en desuso y de este modo se hacía innecesario comprar nuevo material. Hasta poder dar con esta solución, se pensó en emplear un aparato que hiciese las veces de servidor denominado “Raspberry IP”. Este sencillo instrumento, ofrecía numerosos puertos para facilitar la interconexión de varios aparatos para que pudiesen acceder a los archivos que se guardasen en su interior, que es la funcionalidad que se pretende dar al sistema con este componente. No deja de ser un mero almacén de documentos al que puede acceder cualquier terminal conectado a la misma red que él.

d. Módulo de internet:

Dispositivo cuyo cometido no es más que proporcionar red de internet al sistema. Lo más óptimo es contar con varios rúteres independientes. Pero como intento de abaratar costes se acabó contando con simples teléfonos móviles que integraban una tarjeta con tarifa de internet que se usaron para dar conexión al sistema. Debido a que la unidad ya disponía de ellos, fueron a coste nulo.

e. Divisor de señal USB:

Tiene como misión ofrecer al usuario una mayor cantidad de puertos Universal Serial Bus (USB). En el caso del sistema de integración es necesario, pues la mayoría de ordenadores, vienen de serie con apenas dos de ellos, y teniendo en cuenta la cantidad de accesorios que se le deben añadir, es indispensable contar con uno de estos por *sandbox*.



**Ilustración 16** - Divisor de señal USB. Fuente: Elaboración propia

f. Divisor de señal HDMI:

Misma misión que el anterior elemento, solo que para salidas tipo HDMI. Debido a la cantidad de elementos con dicho tipo de conector que usa el sistema se hace esencial disponer de uno de ellos por cajón de arena.



**Ilustración 17** - *Divisor de señal HDMI*. Fuente: Elaboración propia

g. Adaptador VGA a HDMI:

Este elemento solo fue necesario debido a que el proyector del cajón móvil era diferente del primero, y tenía una salida distinta Video Graphics Array (VGA). En caso de comprar monitores y proyectores con salida HDMI, este componente no es necesario.

Aparte de todos estos elementos es necesario tener en cuenta la posibilidad de añadir varios componentes más. La razón por la que no se especifican en el anterior listado es porque, dependiendo del sitio donde se vaya a emplazar el cajón, serán necesarios o no:

- Cables HDMI: Por lo general todos los componentes que lo necesitan traen consigo varios de ellos, pero es posible que debido a cómo se ha conseguido cada dispositivo sea necesario obtener más.
- Alargadores de diferentes tipos de cable: como se ha comentado antes, dependerá de cómo y dónde se haga la implementación del sistema, el hecho de tener que adquirirlos o no. Pueden ser necesarios para el cable de alimentación del proyector, el cable USB del sensor, el cable HDMI de la televisión, etc...



## 7.6. ANEXO VI. Análisis de costes

Ítem: Monitor Acer Nitro VG220Q<sup>1</sup>

Marca: Acer

Cantidad: 2

Precio unitario: 99,99 euros

**199.98 euros**

<sup>1</sup>Para las pruebas llevadas a cabo en la unidad, se contó con dos monitores, prestados por diferentes compañías del batallón. De este modo, para estas primeras tomas de contacto, se abarataban mucho los costes. Por lo tanto, en lo que al proyecto se refiere el coste de este elemento fue nulo, pero en caso de querer contar con equipos exclusivos, se refleja el precio de lo que supondría dicha adquisición.

Ítem: Webcam<sup>2</sup>

Marca: TedGEM

Cantidad: 4

Precio unitario: 23,99 euros

**95.96 euros**

<sup>2</sup> Para el más cómodo y completo uso del sistema, serían necesarias cuatro unidades de este ítem. Lo cierto es que para las pruebas en la unidad, se contó con dos compradas y otras dos prestadas, que no permanecerían como parte del cajón de arena una vez mis prácticas hubiesen terminado. Haciendo mención a lo que entre septiembre y octubre se refiere, el coste es de dos unidades. Sin embargo, lo que sería más recomendable es que se invirtiese en obtener otras dos como estas, que ya se han probado como eficaces, adaptables a su ubicación (cajón de arena o televisión) y compatibles con el resto de elementos.

Ítem: Raspberry Pi 3 Model B+<sup>3</sup>

Marca: ABOX

Cantidad: 1

Precio unitario: 82.99 euros

**82.99 euros**

<sup>3</sup>Para las pruebas en la unidad, no fue necesario adquirirlo, puesto que, a pesar de que este el material que se recomienda, también puede cumplir la misma función un ordenador portátil normal y corriente, que fue lo que se usó. Ello supuso un gasto nulo para el Batallón, ya que ese portátil fue donado por el propio DIRMIL.

Ítem: Divisor de señal USB<sup>4</sup>

Marca: Sabren

Cantidad: 2

Precio unitario: 9.99 euros

**19,98 euros**

<sup>4</sup>Para las pruebas en la unidad, no fue necesario adquirirlo, puesto que se recibió como préstamo por parte del cuarto cripto del BIP, el coste, por tanto, fue nulo.

A continuación, se relacionan los elementos para los que no es necesario hacer uso de aclaraciones como en los anteriores componentes.

Ítem: Divisor de señal HDMI

Marca: Amazon Basics

Cantidad: 2

Precio unitario: 14,99 euros

**29.98 euros**

Ítem: Adaptador HDMI a VGA

Marca: Genérico

Cantidad: 1

Precio unitario: 14,99 euros

**14.99 euros**

Ítem: Cable HDMI 2.0 Alta Velocidad (Pack 2 unidades)

Marca: Amazon Basics

Cantidad: 1

Precio unitario: 10,39 euros

**10.39 euros**

**TOTAL: 454.27 euros**

No se ha tenido en cuenta en este apartado el módulo de internet. Esto se debe a que se puede conseguir a través de un router, con su correspondiente tarifa de datos, o en su defecto, con un *smartphone* cualquiera, con su correspondiente tarifa de datos. Lógicamente, el abanico de posibilidades que se abre en este aspecto es enorme, y es por ello, además de porque cualquier dispositivo capaz de emitir red de internet es válido, que no se puede estimar un gasto fijo. Dicho coste, dependerá del modelo de router o *smartphone* que se quiera y sobre todo de la tarifa contratada.