



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO PARA TELEMEDICINA ORIENTADA A
LA ASISTENCIA MÉDICA DE EMERGENCIA MEDIANTE TECNOLOGÍA
HOLOLENS.

AUTOR

ERICK NICOLÁS RIVERA CABRERA

AÑO

2019



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO PARA TELEMEDICINA ORIENTADA A
LA ASISTENCIA MÉDICA DE EMERGENCIA MEDIANTE TECNOLOGÍA
HOLOLENS.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniero en Redes y Telecomunicaciones.

Profesor Guía

MSc. David Fernando Pozo Espín

Autor

Erick Nicolás Rivera Cabrera

Año

2019

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Implementación de Prototipo para Telemedicina Orientada a la Asistencia Médica de Emergencia Mediante Tecnología Hololens, a través de reuniones periódicas con el estudiante Erick Nicolás Rivera Cabrera, en el semestre 201910, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

David Fernando Pozo Espín
Magister en Automática y Robótica
CI: 1717340143

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado el trabajo, Implementación de Prototipo para Telemedicina Orientada a la Asistencia Médica de Emergencia Mediante Tecnología Hololens, del estudiante Erick Nicolás Rivera Cabrera, en el semestre 201910 dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Milton Neptalí Román Cañizares

Magister en Gerencia de Redes y Telecomunicaciones

CI: 0502163447

DECLARACIÓN DE AUTORIA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

Erick Nicolás Rivera Cabrera

CI: 1717412306

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia por su apoyo incondicional. Al MSc. David Fernando Pozo Espín por su guía y dedicación en este proyecto de titulación, y a todos quienes han iluminado con paciencia este largo camino que hoy concluyo con éxito.

RESUMEN

Este proyecto de titulación abarca las etapas de diseño, implementación y pruebas de un prototipo para telemedicina orientado a la asistencia médica de emergencia; para dicho prototipo se utiliza el dispositivo de Realidad Mixta desarrollado por Microsoft denominado "Hololens".

El objetivo de este es brindar apoyo a profesionales de la salud en situaciones de emergencia y/o consultas en las cuales no se disponga de personal especializado que atienda las necesidades de los pacientes de forma inmediata, cuando éste se encuentra en un sitio remoto o de difícil acceso.

En primer lugar, se explicarán varios términos entre los cuales se destacan: Telemedicina, Realidad Virtual, Realidad Aumentada, Realidad Mixta, y se expondrán todos los campos de aplicación que existen actualmente. Así mismo, se detallarán los niveles de atención de salud en el Ecuador y se definirá el nivel de mayor impacto.

Posteriormente, se explicarán los procedimientos y guías de cómo tratar al paciente en determinadas situaciones de emergencia, las cuales serán mostradas en la aplicación que se desarrollará para el dispositivo empleado; esto se probará en el Centro de Simulación Clínica de la Facultad de Ciencias de la Salud de la UDLA, demostrando la utilidad que brinda el dispositivo tanto en la aplicación como en el soporte en tiempo real que recibe el médico tratante por parte del especialista.

Este proyecto puede usarse como referencia en futuras investigaciones que tengan como objetivo ampliar la capacidad y alcance que ofrecen estas tecnologías actualmente en el campo de la salud.

ABSTRACT

The following project covers the stages of design, implementation and testing of a telemedicine prototype aimed for emergency medical assistance, using Microsoft Mixed Reality device called "Hololens".

The objective of this project is to provide support to health professionals in emergency situations and/or consultations in which there is no specialized staff that serves the needs of patients immediately, in remote or difficult access localizations.

In first place, several terms will be explained, such as: Telemedicine, Virtual Reality, Augmented Reality, Mixed Reality, and all the fields of application that currently exist will be explained. Also, it will be detailed the levels of health care in Ecuador and define the level of biggest impact.

Later, the procedures and guidelines on how to treat the patient in certain emergency situations will be explained, which will be shown in the application that will be developed for the device used; this will be tested in the Clinical Simulation Center of the Faculty of Health Sciences of UDLA, thus demonstrating the usefulness of the device both, in the application and in the real time support that the treating health professional receives from the specialist.

This project can be used as a reference for future research aimed at expanding the capacity and usefulness of these technologies currently available in the health field.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| Introducción..... | 1 |
| Antecedentes..... | 1 |
| Alcance..... | 2 |
| Justificación..... | 3 |
| Objetivos..... | 4 |
| Objetivo general..... | 4 |
| Objetivos específicos..... | 4 |
| 1. Marco Teórico..... | 4 |
| 1.1. Telemedicina..... | 5 |
| 1.1.1. Telesalud..... | 5 |
| 1.1.2. Telecuidado..... | 6 |
| 1.1.3. <i>e-Health</i> | 6 |
| 1.2. Niveles de Atención en el Ecuador..... | 7 |
| 1.2.1. Primer Nivel de Atención..... | 7 |
| 1.2.2. Segundo Nivel de Atención..... | 8 |
| 1.2.3. Tercer Nivel de Atención..... | 8 |
| 1.2.4. Cuarto Nivel de Atención..... | 9 |
| 1.2.5. Servicios de Apoyo y atención pre-hospitalaria..... | 9 |
| 1.2.6. Aplicaciones en los niveles de atención..... | 10 |
| 1.3. Asistencia Médica de Emergencia..... | 11 |
| 1.3.1. Soporte Cardiovascular Avanzado..... | 11 |
| 1.4. Centro de Simulación Clínica UDLA..... | 12 |
| 1.5. Realidad Virtual..... | 12 |

| | | |
|---------|---|----|
| 1.6. | Realidad Aumentada..... | 13 |
| 1.7. | Realidad Mixta. | 14 |
| 1.8. | Comparación entre realidades. | 15 |
| 1.9. | Dispositivos Comerciales. | 16 |
| 1.10. | Campos de aplicación y tendencias de las diversas tecnologías..... | 18 |
| 1.10.1. | Aplicaciones Industriales..... | 18 |
| 1.10.2. | Aplicaciones Médicas. | 19 |
| 1.10.3. | Aplicaciones Militares. | 20 |
| 1.10.4. | Otras Aplicaciones. | 20 |
| 1.11. | Hololens | 21 |
| 1.11.1. | Unity. | 23 |
| 2. | Desarrollo de la Solución | 24 |
| 2.1. | Esquema de la Solución..... | 24 |
| 2.2. | Gestos básicos de Hololens. | 25 |
| 2.3. | Funcionamiento de Skype..... | 27 |
| 2.3.1. | Maneja de la herramienta de comunicación Skype. | 29 |
| 2.3.2. | Comparación entre Skype para Hololens y PC. | 31 |
| 2.4. | Diseño de aplicación de algoritmos de soporte y listas de chequeo. | 33 |
| 2.4.1. | Elementos dentro de la aplicación. | 33 |
| 2.4.2. | Flujo de la Aplicación. | 35 |
| 2.5. | Procedimientos y escenarios de prueba | 39 |
| 2.5.1. | Escenario de Consulta Médica..... | 39 |
| 2.5.2. | Algoritmos de Soporte Cardiovascular Avanzado. | 41 |

| | |
|--|----|
| 3. Pruebas y Resultados | 48 |
| 3.1. Evaluación de aceptación del estudiante..... | 49 |
| 3.2. Evaluación de aceptación del paciente..... | 56 |
| 3.3. Evaluación de aceptación del médico especialista..... | 58 |
| 3.4. Análisis de infraestructura para videostreaming..... | 59 |
| 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 62 |
| 4.1. Conclusiones..... | 62 |
| 4.2. Recomendaciones..... | 63 |
| REFERENCIAS | 64 |

Introducción

Antecedentes.

Actualmente, el desarrollo tecnológico de las últimas décadas ha generado gran impacto en cómo la sociedad interactúa. Algunos de los pilares de este desarrollo son las comunicaciones, convergencia tecnológica, y globalización los cuales permitieron que países en vías de desarrollo como el Ecuador acojan nuevas y diversas tecnologías, para posteriormente adoptarlas de manera que suplan múltiples necesidades.

Servicios de tecnología como la telepresencia toman fuerza gracias a la demanda de esferas como la educación a distancia, la telemedicina y la industria del espectáculo (UIT, s/f); facilitando de gran manera la resolución de problemas existentes en el ámbito educativo, médico, profesional, industrial. Esto ha permitido la implementación de nuevos servicios como, por ejemplo, la teleasistencia la cual se enfoca en facilitar la asistencia a las personas beneficiarias mediante el uso de tecnologías de la comunicación y de la información (Alonso, 2014). También, servicios como la telemedicina han crecido enormemente, especialmente por la adopción de tecnologías de la información, las cuales facilitan el uso de la comunicación en servicios enfocados a la asistencia médica, como por ejemplo, transferir información médica con el afán de proveer servicios clínicos y educativos a distancia (Norris, 2001). La aplicabilidad de la telemedicina es valiosa ya que da la oportunidad de proveer servicio médico de alta calidad en áreas remotas en donde especialistas son escasos (Ye, Zuo, Xie, & Wu, 2016).

Por otro lado, tecnologías como: realidad virtual, realidad aumentada, realidad mixta, permitieron tener una nueva visión del enfoque y tendencias en desarrollo tecnológico. Un ejemplo es el trabajo colaborativo mediante equipos de comunicación remota en el sector industrial que facilitan el aprendizaje de clientes o empleados en el uso de equipamiento costoso y difícil de reparar

(Zhong, 2002). Todas estas nuevas posibilidades emergen gracias al gran desarrollo tecnológico en la cual la sociedad se ha visto inmersa.

Países con altos niveles de industrialización han logrado aprovechar la tecnología de gran manera, implementando servicios con grandes beneficios en la salud y el cuidado de las personas como es el caso de la teleasistencia móvil y domiciliaria, o servicios de autocuidado remotos aplicados en la Cruz Roja Española.

A pesar de todo lo anteriormente señalado, en el Ecuador no se ha explotado de gran manera el avance de la tecnología. Por eso, es necesario explorar diversos campos de aplicación para que toda la tecnología que se encuentra a disposición sea más atractiva y de mayor impacto a la sociedad mediante resolución de problemas, disminución de cargas de trabajo, incremento en la calidad de servicios y, en general, mejorar la calidad de vida.

Por otra parte, existe también una problemática distinta a la señalada previamente. El mal manejo de los servicios de atención médica de emergencia, déficit de especialistas médicos, y mal manejo de los recursos humanos son una complicación que pone en riesgo a los pacientes (Burbano, 2015) en situaciones de emergencia.

Alcance.

El alcance de este proyecto de titulación es el implementar un prototipo de telemedicina para la asistencia médica en lugares que no dispongan de profesionales médicos especializados ante una situación de emergencia. Para dicho prototipo se utilizará Hololens y se definirá los pasos para realizar procedimientos específicos de asistencia médica de emergencia, los cuales serán proyectados en el dispositivo y servirán de guía al usuario que ejecuta el procedimiento.

Posteriormente, el prototipo será puesto a prueba en varios escenarios en el Centro de Simulación Clínica de la Facultad de Ciencias de la Salud de la UDLA, cumpliendo los parámetros necesarios para facilitar la labor del personal encargado de tratar situaciones en donde no se dispone de los recursos necesarios.

Para cumplir con lo mencionado anteriormente se deberá definir los conceptos de telemedicina, así como todos aquellos términos y tecnologías que se emplean y relacionan a este tipo de servicio y campo de aplicación. De igual manera, se estudiarán las tendencias tecnológicas relacionadas a la telemedicina. Por otro lado, será necesario definir y estudiar los procedimientos de asistencia médica que se van a implementados en el sistema.

Por otro lado, se realizarán pruebas del prototipo en plataformas tecnológicas y comerciales como: Skype. Esto será paso fundamental para realizar el análisis de las necesidades para implementar una infraestructura de red propia, esto facilitará la utilización del servicio de la manera más óptima y eficiente posible.

Todo lo mencionado, se realizará aplicando todos los conocimientos adquiridos en el campo de la electrónica, redes, telecomunicaciones y medicina.

Justificación.

La distancia y el mal manejo del sistema de salud en países en vías de desarrollo como el Ecuador han generado la necesidad de brindar apoyo a pacientes y profesionales de la salud localizados en sitios alejados o de difícil acceso. Para octubre de 2017 se determinó que existe un déficit de 10600 especialistas en el área de medicina tanto en hospitales públicos como privados (Dáger, 2017), lo que significa que existe falta de atención especializada.

El desarrollo acelerado de la tecnología ha generado gran demanda en cuanto a la utilización de servicios de telecomunicaciones e información orientados a la

medicina, como es el caso de la telemedicina. Se ha observado que las tecnologías pueden ser aplicadas en campos de aplicación para las que no estaban ideadas, como por ejemplo, telemedicina.

Objetivos.

Objetivo general.

Implementar un prototipo de telemedicina orientado a la asistencia médica en lugares que no dispongan de profesionales médicos especializados ante una situación de emergencia.

Objetivos específicos.

- Definir los conceptos de telemedicina existentes, y los relacionados a las distintas aplicaciones y futuras tendencias para el uso de dispositivos de realidad mixta, aumentada y virtual.
- Diseñar la infraestructura de videostreaming necesaria.
- Definir los pasos para realizar procedimientos específicos de asistencia médica en situaciones de emergencia.
- Implementar y comprobar el funcionamiento del prototipo mediante el uso de Hololens y la aplicación con Skype mediante escenarios en el Centro de Simulación Clínica de la Facultad de Ciencias de la Salud de la UDLA.

1. Marco Teórico

El siguiente capítulo abarca los conceptos involucrados en el análisis y desarrollo de prototipo para telemedicina, haciendo referencia principalmente a los campos de aplicación de la telemedicina, tecnologías y tendencias.

Asimismo, se explica qué es la tecnología Hololens junto a sus características, y las tecnologías o marcas existente en el mercado.

1.1. Telemedicina.

El término telemedicina nos provee una idea simple de lo que quiere tratar, ya que, se da gracias a la unión de los términos griegos “tele” que significa “lejos”/“a distancia” y medicina. Esto permite intuir que la telemedicina es medicina a la distancia, a pesar de que, en un principio, la telemedicina fue utilizada únicamente para denotar el aprovisionamiento de servicios médicos a través de la distancia (Weinstein et al., 2014). Ésta no es la única definición, ya que la telemedicina abarca un gran campo de aplicaciones y uso de varias tecnologías.

Una de las varias definiciones de telemedicina es la utilización de tecnologías de la información y telecomunicación para transferir información del cuidado de la salud para el diagnóstico, terapia y educación (Norris, 2001) . Esto significa que la telemedicina incrementa constantemente su campo de aplicación, gracias a los nuevos desarrollos de tecnología, especialmente en localizaciones distantes.

El término de telemedicina posee varias definiciones, y esta variedad de definiciones indica la preocupación que los profesionales han mostrado por este campo de gran relevancia social (Sood et al., 2007). Es por esta misma razón que tendencias como la telesalud, telecuidado y *e-Health*, son utilizados a menudo como si fuesen lo mismo.

1.1.1. Telesalud.

El concepto de telesalud es la utilización de las tecnologías de información y comunicación para transferir información del cuidado de la salud para proporcionar servicios clínicos, administrativos, y educativos (Norris, 2001).

Este concepto abarca un espectro mayor al de telemedicina, por lo que podemos decir que la telemedicina forma parte de la telesalud, aunque ésta haya surgido antes. Esto se debe principalmente a la inclusión de información administrativa

del cuidado de la salud e información que no necesariamente es de contenido clínico.

1.1.2. Telecuidado.

El término telecuidado o *telecare* se enfoca en gran parte al cuidado personal de pacientes junto con la definición de localización. El concepto del telecuidado es la utilización de tecnologías de la información y comunicación para transferir información médica para el diagnóstico y terapia de pacientes en su lugar de domicilio; es necesario destacar que en el telecuidado, el tratamiento se remite a los pacientes.

El telecuidado permite ayudar a personas en condiciones crónicas con la finalidad de mantener su independencia, esto también ayuda a los gobiernos y proveedores de cuidados de la salud a controlar gastos al reducir ingresos de pacientes en los hospitales (Barlow, Singh, Bayer, & Curry, 2007).

1.1.3. e-Health.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la *e-Health* o e-Salud está definida como el apoyo de las tecnologías de la información y comunicación para la salud y a los ámbitos que se relacionan a ella, incluyendo servicios de atención, vigilancia, educación e investigaciones (OMS, 2013).

Gracias a esta definición, podemos entender que la e-Salud abarca un campo mayor que la telesalud y la telemedicina, es por esto que se establece que tanto la telemedicina como la telesalud forman parte de la e-Salud. Asimismo, la OMS también menciona componentes fundamentales de la e-Salud en donde se incluye los dos campos mencionados previamente. Los componentes son:

- Registro médico electrónico.
- Telesalud y telemedicina.
- mSalud (salud mediante dispositivos móviles).

- e-Aprendizaje.
- Estandarización e interoperabilidad

1.2. Niveles de Atención en el Ecuador.

Los niveles de atención permanecen bajo un marco normativo, legal y jurídico, en donde se busca resolver con eficacia y eficiencia necesidades de salud que varían en magnitud y severidad. Éstos se establecen con base en el tipo de servicio que se presta, así como también a la calidad de infraestructura, equipamiento, talento humano, tecnología y la garantía de continuidad y acceso a las necesidades o problemas de salud de las personas (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2012).

El Sistema Nacional de Salud Ecuatoriano, ha homologado los establecimientos de atención por niveles, así como también por servicios de apoyo, los cuales son transversales a los niveles de atención. La clasificación se la realizó de acuerdo a la capacidad resolutoria de cada establecimiento (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2015). Se definieron cuatro niveles de atención al paciente:

- Primer Nivel de Atención.
- Segundo Nivel de Atención.
- Tercer Nivel de Atención.
- Cuarto Nivel de Atención.
- Servicios de Apoyo.

1.2.1. Primer Nivel de Atención.

Se consideran establecimientos de Primer Nivel a los que actúan como puerta de entrada al sistema de salud, es decir, los que se encuentran más cercanos a la población. Los servicios que prestan y por los cuales se caracterizan son la promoción, prevención, curación, rehabilitación, atención de urgencia y emergencia; aseguran que la atención sea continua y resuelven problemas de salud de corta estancia (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2015). Los

establecimientos que forman parte del primer nivel de atención son los siguientes (de acuerdo al nivel de complejidad):

- Puestos de Salud.
- Centros de Salud A, B, C.
- Consultorios Médicos.
- Dispensarios Médicos.
- Unidades Móviles.

1.2.2. Segundo Nivel de Atención.

Los establecimientos que forman parte del Segundo Nivel son aquellos que prestan servicios de atención ambulatoria y de hospitalización. Son la referencia inmediata de todos los establecimientos del Primer Nivel. Asimismo, proveen de atención de emergencia las 24 horas, quirófano, docencia, y especialidades básicas como Pediatría, Ginecología, Medicina Interna, Cirugía General, Terapia intermedia e Intensiva. Los establecimientos que forman parte del segundo nivel de atención son los siguientes:

- Centro clínico-quirúrgico ambulatorio/Hospital del Día.
- Hospital Básico.
- Hospital General.
- Consultorio de Especialidades.

1.2.3. Tercer Nivel de Atención.

Este nivel de atención se enfoca en la prestación de servicios ambulatorios y hospitalarios de especialidad y especializados. La complejidad de problemas de salud que resuelven es alta, y tienen los recursos de tecnología, especialidades y sub-especialidades que permiten realizar trasplantes. Asimismo, tienen la capacidad de brindar servicios de docencia e investigación. Los establecimientos que forman parte de este nivel son:

- Hospital Especializado.
- Hospital de Especialidades.

- Unidad Móvil Especializada.

1.2.4. Cuarto Nivel de Atención.

Los establecimientos que forman parte del cuarto nivel son aquellos que ofrecen servicios especializados. Se enfocan en la experimentación e investigación clínica, y se caracterizan principalmente por proveer mínima cobertura pero máxima complejidad. Los establecimientos que forman parte de este nivel son:

- Centros de experimentación clínica de alta especialidad.
- Centros de sub-especialidad.

1.2.5. Servicios de Apoyo y atención pre-hospitalaria.

Los servicios de apoyo son todos aquellos que se encuentran dentro y fuera de los establecimientos de salud. Complementan la asistencia de salud en todos los niveles de atención. Son transversales a los niveles de atención y ofertan servicios dependiendo la especialidad y complejidad. Se clasifican de la siguiente manera:

- Radiología e Imagen.
- Laboratorios de Análisis Clínico.
- Laboratorios de Anatomía Patológica.
- Laboratorio Fisiológico-dinámico.
- Servicios de Sangre.
- Bancos de Tejidos y Células.
- Centros de Diagnóstico Integral.
- Centros de Rehabilitación Integral.

La atención pre-hospitalaria es un nivel de atención autónomo y funciona de manera independiente a los servicios de salud, ya que presta atención a los pacientes desde que un evento que atenta con la salud es reportado en cualquier lugar, hasta que los pacientes sean entregados en las unidades de emergencia o cualquier establecimiento de salud de la red pública que posea la capacidad

resolutiva adecuada (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2012). Es la extensión de la asistencia médica de emergencia a la comunidad.

1.2.6. Aplicaciones en los niveles de atención.

Es de suma importancia recalcar que, como se mencionó previamente, el primer nivel de atención es la puerta de entrada al sistema de salud público del Ecuador, y al tener esta característica debe resolver el 80% de las necesidades o problemas de salud en la población. Este nivel debe garantizar el acceso a unidades y servicios de mayor complejidad hasta que la necesidad sea resuelta (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2012).

Esto quiere decir que, los niveles de atención funcionan de manera ordenada en donde se remite al paciente al siguiente nivel, si el nivel en el que se encuentra o fue atendido no posee la capacidad o carece de los recursos para resolver su necesidad.

Por otra parte, cabe destacar que el primer nivel de atención se ajusta a las características del sistema y comunidad a la que atiende. Por lo que, no se puede determinar una sola estructura para el primer nivel de atención para todos los lugares; este nivel es multidisciplinario y abarca a toda la población.

A pesar de que se establece que todas las unidades de salud, sea pública o privada, se encuentran en la obligación de atender toda urgencia o emergencia médica, se deduce que el primer nivel de atención es primordial ya que no sólo atiende a la mayoría de la población sino que es la puerta de ingreso al sistema de salud, y es aquí en dónde se debe actuar en conjunto con los servicios de apoyo los cuales son transversales a los niveles de atención, y de igual manera con los servicios de emergencias médicas.

Es por esta razón que se plantea la utilización de tecnología de apoyo al paciente y al profesional en el primer nivel de atención debido a que se encuentra más

cercano a la población y en donde se atienden la mayor parte de necesidades tanto en el sector urbano y rural.

1.3. Asistencia Médica de Emergencia.

La asistencia médica de emergencia se encuentra dentro del área de la Medicina de Urgencias y Emergencias (MUE), la cual se encarga justamente de la asistencia, docencia, investigación y prevención de las condiciones urgentes y emergentes. Se enfoca en la asistencia desde que se recibe al paciente, su reanimación, gestión hospitalaria y prehospitalaria (Miguens, Julián-jiménez, & Llorens, 2016).

La Medicina de Urgencias y Emergencias maneja situaciones o procesos de urgencia tiempo dependiente; los escenarios en donde se desarrolla la MUE requieren de formación específica y reglada como por ejemplo asistencia extrahospitalaria, servicios de urgencia en distintos niveles de asistencia, etc. Formaciones como el Soporte Cardiovascular Avanzado son solicitadas a menudo para realizar procedimientos médicos de emergencia, en este caso enfocados al corazón.

1.3.1. Soporte Cardiovascular Avanzado.

Las intervenciones de Soporte Cardiovascular Avanzado o ACLS (*Advanced Cardio-Vascular Life Support*) son un conjunto de recomendaciones y guías publicadas y actualizadas cada cinco años entre la Sociedad Americana del Corazón (AHA) y el Comité Internacional sobre Resucitación (ILCOR). A menudo se lo denomina como Guías de Cuidado de Emergencia Cardiovascular (ECC), formalmente es una certificación que provee acercamiento sistemático a los profesionales de la salud en el tratamiento de pacientes con problemas del corazón (ACLS, 2018).

Esta certificación ofrece un conjunto de algoritmos/guías clínicos que permite tratar y detectar condiciones cardiovasculares que atenten contra la vida del paciente, en otras palabras, las ACLS proveen herramientas cruciales que incrementan las posibilidades de salvar a un paciente.

1.4. Centro de Simulación Clínica UDLA.

El Centro de Simulación Clínica (CSC) de la Universidad de las Américas (UDLA) fue inaugurado en mayo de 2015. Es el primer centro de simulación clínica en el país debido a que facilita al estudiante la familiarización con ambientes hospitalarios, clínicas o cualquier centro de prestaciones médicas.

Se estima que la adecuación del CSC demandó alrededor de 2 millones de dólares. Las instalaciones cuentan con robots de látex que simulan síntomas o características de un paciente, salas de mando para modificar los parámetros de los robots de prueba, y también equipos reales de auxilio y reanimación (Udla Cienciamedica, 2015).

De igual manera, el CSC dispone de salas de observación con espejos falsos en donde se observan todas las acciones que realizan los estudiantes y de esta manera ser evaluados; también se utilizan pacientes estandarizados, los cuales son actores que simulan síntomas que analizarán y diagnosticarán los estudiantes.

1.5. Realidad Virtual.

El término Realidad Virtual (VR o RV) fue acuñado en 1986 por Jaron Lanier, y es definida como la tecnología que permite crear espacios tridimensionales mediante un ordenador (Arbona, 2007). La Realidad Virtual es un tipo de tecnología que utiliza contenido generado por computadora para crear un mundo virtual en donde los usuarios pueden interactuar. Para generar una experiencia virtual se necesita un dispositivo de visualización (HMD), por ejemplo Oculus Rift.

Los entornos de realidad virtual se encuentran aislados del mundo real ya que todo el campo de visibilidad del usuario se encuentra completamente ocluido del entorno físico. Gracias a la constante implementación de realidad virtual en dispositivos HMD, la interacción de usuario (UI) en 3D se ha desarrollado y explorado enormemente y de igual manera ha permitido que surjan distintas tecnologías como la Realidad Aumentada.



Figura 1. VR Oculus Rift.

Tomado de (Lang, 2015).

1.6. Realidad Aumentada.

La Realidad Aumentada (*AR* o *RA*) se posicionó a principios de 1990, gracias a la combinación de imágenes generadas por ordenador sobre la visión del mundo real del usuario. La realidad aumentada está relacionada con la realidad virtual ya que presentan características en común como la inclusión de modelado 2D y 3D (Basogain, Olabe, Espinosa, Rouèche, & Olabe, 2017).

A diferencia de la realidad virtual, la realidad aumentada permite una vista directa o indirecta de un entorno del mundo físico al cual se le ha agregado información virtual generada por computadora, esto quiere decir que la realidad virtual es interactiva y 3D ya que combina objetos reales con objetos virtuales pero se mantiene más cercano a los ambientes reales. Un claro ejemplo de realidad aumentada son los Google Glass.



Figura 2. Google Glass.

Tomado de (X Company, s/f).

1.7. Realidad Mixta.

El término Realidad Mixta (*MR* o *RM*) fue introducido en 1994, y consiste en la mezcla entre el mundo físico y digital. Es la combinación del procesamiento computacional, intervención humana, intervención ambiental, sonido y localización (Microsoft, 2018h).

También se establece que la realidad mixta es la experiencia que adquiere mediante la realidad aumentada y la realidad virtual.

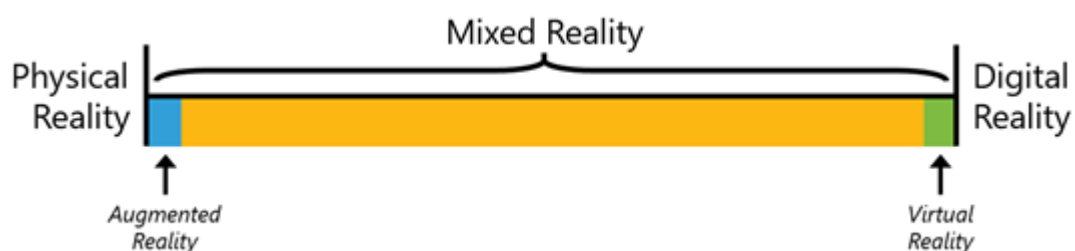


Figura 3. Espectro Realidad Mixta.

Tomado de (Microsoft, 2018h).

Un aspecto clave dentro de la realidad mixta es la intervención ambiental, ya que sin esta, las experiencias de la realidad física con digital no podrían mezclarse; esto quiere decir que la realidad mixta ofrece la facilidad de interacción y manipulación con ambientes físicos y virtuales. Todo esto se logra gracias a la

captura de la posición de la persona, movimiento de cabeza, sensores de gestos, superficies, límites, luz ambiental, sonido ambiental, reconocimiento de objetos, localización.

1.8. Comparación entre realidades.

Estos tres tipos de tecnología se enfocan en mejorar o transformar la realidad de los usuarios a través de dispositivos que simulen o modifiquen entornos físicos. A pesar de estas tecnologías comparten puntos en común, cada una de ellas posee particularidades.

Tabla 1.

Comparación RV, RA y RM.

| | Realidad Virtual | Realidad Aumentada | Realidad Mixta |
|--------------------|---|--|--|
| Diferencias | <ul style="list-style-type: none"> - Entorno totalmente artificial. - Inmersión completa en el entorno virtual. - Provee libertad de movimiento en la atmósfera digital. | <ul style="list-style-type: none"> - Objetos virtuales están sobrepuestos en el entorno real. - Entorno físico se ve mejorado con objetos digitales. | <ul style="list-style-type: none"> - El entorno virtual es combinado con el entorno real e interactúan. - Interacción tanto con el entorno físico como con el virtual. |
| Ventajas | <ul style="list-style-type: none"> - El usuario se ve inmerso dentro de cualquier entorno generado digitalmente. | <ul style="list-style-type: none"> - Dispositivos celulares pueden crear entornos de realidad aumentada. | <ul style="list-style-type: none"> - Combinación e interacción de los elementos virtuales con los físicos. |

| | | |
|--|---|--|
| | - Mayor facilidad en cuanto a portabilidad. | |
|--|---|--|

| | | | |
|--------------------|--|--|--|
| Desventajas | - Siempre se requiere un dispositivo de realidad virtual. - El usuario se ve inmerso en el mundo virtual, por lo que pierde de vista a lo que lo rodea. | - Los elementos digitales se ven sobrepuestos al entorno físico. | - Mayor capacidad de procesamiento requerido por los dispositivos. - Costo de dispositivos elevado. |
|--------------------|--|--|--|

1.9. Dispositivos Comerciales.

En el mercado actual existen diversos dispositivos enfocados a las tecnologías mencionadas anteriormente. Algunos de estos dispositivos fueron comercializados apuntando a un nicho específico de mercado, como por ejemplo, “Garmin Varia Vision” diseñado específicamente para ciclistas.

A continuación, se muestran algunos dispositivos en el mercado orientados a las distintas tecnologías existentes:

Tabla 2.

Dispositivos Comerciales.

| | Resolución | Display | FoV | OS | Tecnología | Precio |
|-----------------|-------------------|--------------------------|------------|-----------|-------------------|---------------|
| Hololens | 1280 x 720 | HoloGraphic WaveGuide | 35° | Windows | MR | ~3000 USD |

| | | | | | | |
|-------------------------------|-----------|-----------------------|-------|-------------------|----|-----------|
| Samsung HMD Odyssey | 1440x1600 | AMOLED | 110° | Windows | MR | ~500 USD |
| Acer WMR | 1440x1440 | LCD | 95° | Windows | MR | ~400 USD |
| Dell Visor | 1440x1440 | LCD | 110° | Windows | MR | ~450 USD |
| HP WMR | 1440x1440 | LCD | 95° | Windows | MR | ~449 USD |
| Lenovo Explorer | 1440x1440 | LCD | 110° | Windows | MR | ~449 USD |
| Asus HC 102 | 1440x1440 | LCD | 95° | Windows | MR | ~339 USD |
| Meta 2 | 2550x1440 | LCD | 90° | Windows | MR | ~1495 USD |
| Epson Moverio BT-300 | 1280x720 | LED | 23° | Android | AR | ~699 USD |
| ODG R7 | 1080x720 | OLED | 30° | Android | AR | ~2750 USD |
| Google Glass EE | 640x360 | LED | - | Android | AR | ~1500 USD |
| Toshiba DynaEdge AR100 | 640x360 | LED | 26° | Windows | AR | ~1899 USD |
| Sony Smart EyeGlasses | 419x138 | HoloGraphic WaveGuide | 20° | Android | AR | ~840 USD |
| Kopin Solos | 400x240 | LCD | 14.5° | Android / Windows | AR | ~499 USD |
| HTC Vive | 1080x1200 | OLED | 110° | - | VR | ~599 USD |

| | | | | | | |
|------------------------------|-----------|--------|------|---|----|--------------|
| Oculus Rift | 1080x1200 | OLED | 110° | - | VR | ~399 USD |
| Play Station VR | 960x1080 | OLED | 100° | - | VR | ~299 USD |
| Samsung Gear VR | 1280x1440 | AMOLED | 96° | - | VR | ~99 USD |
| Primax 5K | 2560x1440 | CLPL | 200° | - | VR | ~699 USD |
| StarBreeze StarVR | 2560x1440 | AMOLED | 210° | - | VR | ~1000 USD |

Como se observa en la tabla, existe una amplia gama de dispositivos en el mercado los cuales varían tanto en precio como en características.

Esto quiere decir que se puede utilizar tecnología y soluciones más económicas que sean aplicados de igual o mejor manera en el campo de la telemedicina.

1.10. Campos de aplicación y tendencias de las diversas tecnologías.

1.10.1. Aplicaciones Industriales.

Las realidades virtual, aumentada y mixta han tenido un gran impacto en las aplicaciones industriales. Se ha visto un gran potencial en este campo; es así que varios estudios, prototipos e implementaciones se han desarrollado con el afán no sólo de mejorar la productividad sino también abaratar costos.

Un claro ejemplo es la simulación de procesos de manufactura, en donde se utiliza realidad virtual para facilitar el diseño de productos al proveer al diseñador un entorno virtual en donde puede evaluar diseños e interactuar con un modelo de producto. Asimismo, la creación de prototipos mediante entornos virtuales para pruebas con determinadas características (Mujber, Szecsi, & Hashmi, 2004).

La utilización de aplicaciones de realidad aumentada para mantenimiento remoto es muy llamativo, ya que permite la colaboración entre un experto y el encargado aunque se encuentren en localizaciones distintas. Esta aplicabilidad satisface el mantenimiento de equipos de complejidad tecnológica alta a diferencia de la típica llamada telefónica utilizada hace algún tiempo. Esta aplicabilidad no sólo se remite al mantenimiento sino que tiene un gran potencial en el entrenamiento industrial (Zhong, 2002).

1.10.2. Aplicaciones Médicas.

En las aplicaciones médicas, la realidad aumentada ha tenido gran impacto tanto en el ámbito práctico como en el administrativo. Un claro ejemplo es la administración eficiente, que en un inicio fue desarrollada para el campo automotriz y de manufactura, pero que posteriormente fue adoptada también en el campo médico. El tratamiento médico remoto es un ejemplo de la aplicación de la administración eficiente, esto se debe a que el propósito inicial de la administración eficiente es obtener una idea de cómo se siente el paciente, reducir tiempos de espera y en general, reducir gastos; todo esto ayuda a disminuir el desperdicio de recursos, mejorar la eficiencia de las consultas, y en general, reducir los costos de operación (Zhao & Lu, 2018).

En donde se ha visto mayor aplicación de los distintos tipos de realidad es en intervenciones quirúrgicas, ya que ofrece gran potencial al ofrecer enfoques mínimamente invasivos en intervenciones cardiacas, cirugía sinusal, cirugía espinal, etc. (Ha & Hong, 2016), esto gracias a la capacidad de reconstrucción de órganos virtualmente, y análisis con mayor facilidad y precisión de la afectación.

También, las tecnologías de realidad virtual han sido utilizadas como herramientas de evaluación y tratamientos para la rehabilitación. Esta tecnología provee un número de atributos que facilitan la experimentación y la animación

del paciente, estas características han sido primordiales para la neurorehabilitación mediante entornos virtuales de aprendizaje los cuales permiten aumentar la complejidad de tareas para reducir el soporte y retroalimentación que proporciona el terapeuta (Weiss, Kizony, Feintuch, & Katz, 2006).

1.10.3. Aplicaciones Militares.

Un ejemplo claro del impacto que tienen estas tecnologías es en el campo militar, tanto en entrenamiento como en campo. Por ejemplo, el gobierno de Estados Unidos ha adquirido una gran cantidad de dispositivos de realidad mixta para su ejército con la finalidad de incrementar la letalidad al mejorar la capacidad de detección, decisión y participación anticipándose al enemigo (Brustein, 2018).

Todo esto puede ser obtenido mediante la incorporación de visión nocturna, sensores de temperatura y medición de signos vitales en los dispositivos, lo que se traduce en proveer de mayor información a las tropas y con esto mejorar la toma de decisiones.

1.10.4. Otras Aplicaciones.

La realidad mixta, aumentada y virtual tiene gran aplicabilidad en distintos campos como es el caso del marketing, publicidad y entretenimiento. Por ejemplo, en la comercialización de productos aporta gran utilidad ya que el consumidor puede adquirir información más precisa y real sin importar en dónde se encuentre; esto significa que la información adquirida puede ser determinante al momento de realizar compras de productos poco conocidos.

Por otro lado, la aplicabilidad de la realidad virtual, aumentada o mixta para el sector turístico es significativa debido a que el turismo es un servicio de confianza, lo que quiere decir que los consumidores se basan en información

descriptiva (Guttentag, 2010), y la facilidad de replicar entornos puede revolucionar la promoción y venta de turismo.

Otra aplicación y uso que se le está dando a estas tecnologías es en el sector educativo ya que pueden apoyar y mejorar una variedad de enfoques pedagógicos como por ejemplo aprendizaje constructivo, situado, basado en juegos, etc. (Bower, Howe, McCredie, Robinson, & Grover, 2014); esto se debe a la facilidad de simular entornos e implementar métodos de pedagogía que sean interactivos y fáciles de usar para las personas.

1.11.Hololens

Hololens es un dispositivo de Realidad Mixta (MR) desarrollado por Microsoft. Se lo clasifica como un HMD (*head-mounted display* o casco visor), es una computadora holográfica inalámbrica localizada en la cabeza del usuario que ofrece interacción con realidad mixta mediante la visualización de hologramas en una interfaz de usuario y sensores que tienen la capacidad de detectar comportamientos, gestos y voz.



Figura 4. Hololens.

Tomado de (Microsoft, 2018d).

Microsoft HoloLens es el primer dispositivo de realidad mixta producido comercialmente; ya han existido otras versiones en distintas marcas para investigación pero su costo elevado no ha permitido que se comercialicen. Las especificaciones de Microsoft HoloLens son las siguientes:

Tabla 3.

Características Microsoft Hololens.

| Componente | Características |
|--------------------------------------|--|
| Procesador(es) | 1 GHz CPU, HPU 1.0 |
| Memoria | 2 GB RAM |
| Diseño Óptico / Display | Guía de onda holográfica |
| Resolución Holográfica | 2.3M puntos de luz |
| Densidad Holográfica | 2.5k puntos de luz por radian |
| Campo de Visión (FoV) | 35° |
| Resolución de Video (Por ojo) | 1280 x 720 |
| Sistema Operativo | Windows 10 |
| Peso | 579 g |
| Modo de Uso | Correa |
| Sensores | - 1 IMU (Unidad de Medición Inercial) - 4 cámaras de ambiente - 1 cámara de profundidad - 1 12MP video cámara - 4 micrófonos - 1 sensor de luz ambiente |

Adaptado de (Microsoft, 2018d).

En cuanto a desarrollo, todas las aplicaciones de realidad mixta están desarrolladas con la Plataforma Universal de Windows (UWP), y las herramientas a utilizar dependen del tipo de aplicación que se desee desarrollar.



Figura 5. Plataforma Universal de Windows.

Tomado de (Microsoft, 2018a).

Para la elaboración de aplicaciones inmersivas y holográficas se requiere de motores de juegos como lo es Unity o Unreal Engine. En cuanto a lenguajes de programación se puede utilizar C#, C++ o JavaScript, y las herramientas básicas para desarrollar una aplicación de Realidad Mixta para Microsoft HoloLens son las siguientes (Microsoft, 2018b):

- Windows 10.
- Visual Studio.
- Unity.
- Mixed Reality Toolkit.

1.11.1. Unity.

Unity es un motor de creación de juegos en 3D. Los motores de juegos son los encargados de tomar todas las decisiones de cada videojuego, esto va desde el arte o diseño, hasta los cálculos matemáticos que deciden cada cuadro dentro del juego (Goldstone, 2009). Un ejemplo claro de esto, son las leyes físicas con las que interactúan los objetos dentro de los juegos, sería muy poco eficiente programar las físicas para cada juego, por lo que los motores de juegos se encargan de esto.

Unity es uno de los motores más fáciles de usar gracias a su editor de tipo *drag and drop* (arrastrar y soltar). Soporta una amplia gama de plataformas por lo que es posible elaborar diversos juegos o aplicaciones para múltiples plataformas;

posee SDKs (*Software Development Kit* o *Kit de Desarrollo de Software*) de realidad virtual, realidad aumentada y realidad mixta (Unity, 2018).

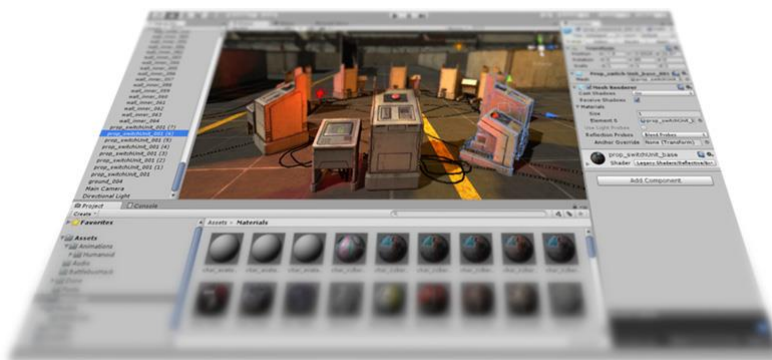


Figura 6. Interfaz Unity.

Tomado de (Unity, 2018).

2. Desarrollo de la Solución

Los sistemas de telemedicina se basan en sistemas de consultas médicas basadas en esquemas antiguos de videoconferencia (Anton, Kurillo, Yang, & Bajcsy, 2017); esto no provee al profesional una experiencia clara y precisa de lo que está tratando. Es por esto, que la aplicación de tecnologías como la realidad aumentada beneficia de gran manera la experiencia entre profesionales de la salud ya que ofrece una visión más clara del escenario y del paciente, independientemente de la localización en donde se encuentre el profesional de apoyo.

Para demostrar la aplicabilidad de dispositivos y tecnología de realidad aumentada y realidad mixta en el campo de la Telemedicina fue necesario plantear esquemas y escenarios reales, en donde se utilizará la plataforma de comunicación en tiempo real Skype y se desarrollará una aplicación que provea al médico tratante información sobre el procedimiento a realizar.

2.1. Esquema de la Solución.

Gracias a la facilidad de uso y portabilidad de los Hologlens, se puede tomar como referencia las videollamadas realizadas entre dispositivos móviles, una llamada mediante Skype puede ser establecida sin importar si la red a la que están conectados los usuarios es móvil o fija.

Esto nos da una aplicabilidad aún mayor ya que si el escenario es en un sitio en dónde no se disponga de una red fija pero sí una red móvil, ya sea 3G o LTE, se puede utilizar un dispositivo móvil como punto de anclaje para el dispositivo.

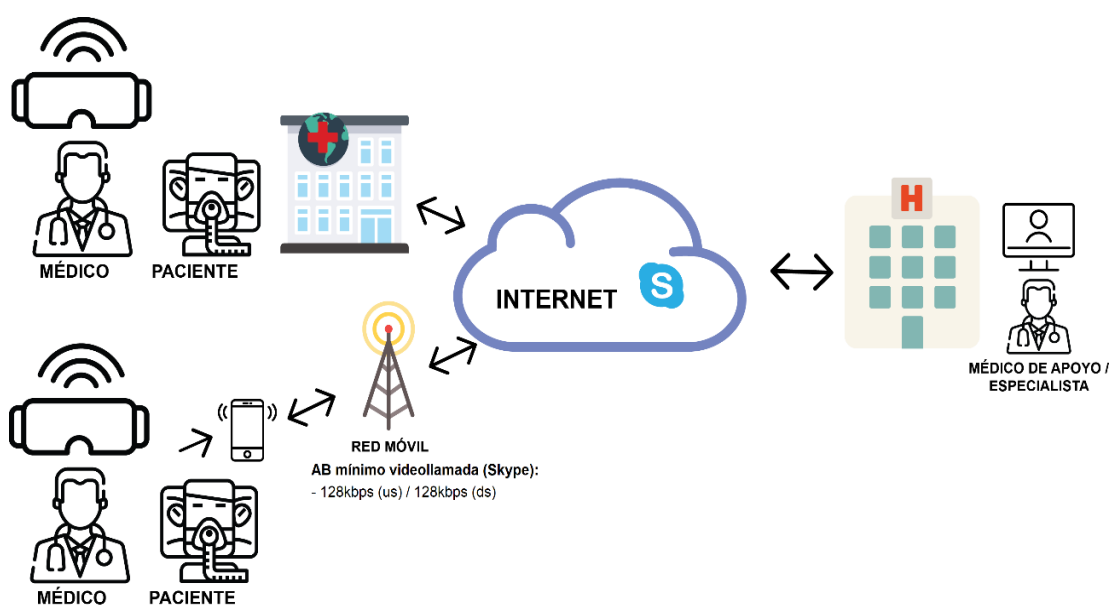


Figura 7. Esquema Telemedicina Utilizando Hologlens.

2.2. Gestos básicos de Hologlens.

Todas las aplicaciones para Hologlens manejan el mismo kit de gestos que permite interactuar con los Hologramas.

Inicialmente, es necesario aprender a manejar el puntero, el cual es un punto blanco ubicado en el centro del campo de visión. Este elemento es el encargado de establecer la posición en dónde se va a realizar una determinada acción con un objeto. Siempre va seguido de un gesto.

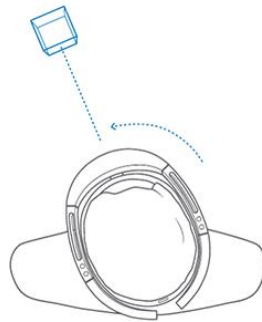


Figura 8. Vista de Puntero en Hololens.

Tomado de (Microsoft, 2018g).

Los gestos que maneja el sistema son los siguientes:



Figura 9. Gestos de Hololens.

Tomado de (Fologram, 2015).

- **Bloom:** El gesto Bloom como está representado en la figura, sirve para acceder a la pantalla de inicio del sistema.
- **Ready / Listo:** Este gesto sirve para avisar al dispositivo que se va a realizar una acción.
- **Tap / Click:** Este gesto funciona de selector una vez ubicado el puntero en una posición determinada y posterior a la realización del gesto listo.
- **Hold / Sostener:** Esta acción permite sostener objetos situados en el campo de visión. Esta acción no está habilitada en la aplicación.
- **Drag / Arrastrar:** Esta acción permite mover objetos a una posición determinada.

2.3. Funcionamiento de Skype.

El componente esencial para la comunicación del proyecto es Skype. A pesar de que existen otras herramientas de comunicación, estas no se encuentran disponibles para los dispositivos Hololens.

Skype es un cliente VoIP P2P desarrollado por KaZaa y actualmente adquirido por Microsoft, es gratis y permite realizar: llamadas, videoconferencias, envío de mensajes instantáneos y transferir de archivos entre uno o varios usuarios simultáneamente. Así mismo, la compatibilidad, estabilidad y opciones que nos ofrece la aplicación en los Hololens es elevada.

La arquitectura de red que maneja Skype es denominada "*P2P Overlay Network*". Esta arquitectura tiene tres elementos principales:

- Nodo normal: Cliente o usuario de Skype.
- Supernodo: Nodo que posee dirección IP pública con grandes capacidades de procesamiento, memoria y ancho de banda. Normalmente pertenecen a Skype.
- Servidor de inicio de sesión (SIP) de Skype: Servidor de conexión y encargado de la autenticación del usuario.

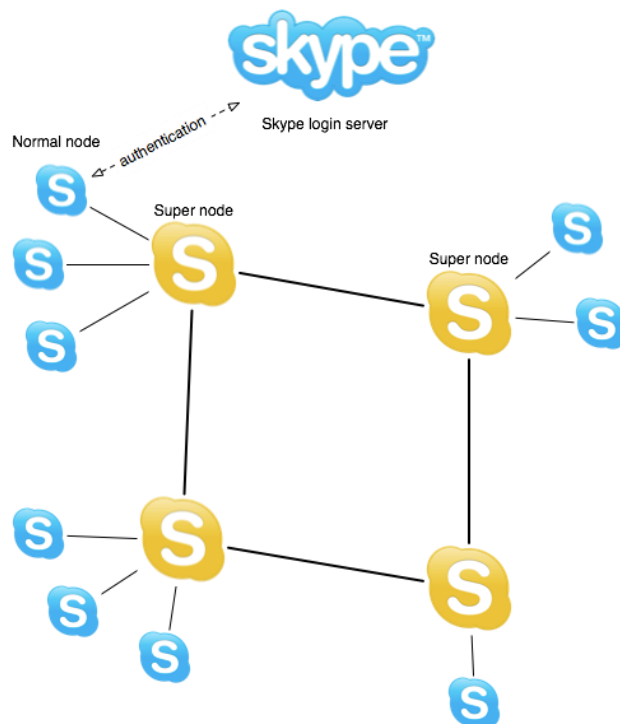


Figura 10. P2P Overlay Network Skype.

Tomado de (Baluart, 2013).

El protocolo que utiliza Skype es propietario y de código cerrado, es denominado: “Protocolo Skype”. Las codificaciones que maneja la aplicación son las siguientes:

Tabla 4.

Protocolos y Codificaciones Skype.

| | Encriptación/Codificación/Protocolo |
|---------------------|--|
| Señalización | RC4. |
| Voz | AES (Protocolo Avanzado de Encriptación). |
| Transmisión | TCP (Protocolo de Control de Transmisión en puertos 80 y 443). UDP (Protocolo de Datagramas de Usuario en puertos 5060 y 8000). |

| | |
|-------------------------|--------------|
| Audio | SILK |
| Video | H.264 y VP8. |
| Inicio de Sesión | SIP. |

En cuanto a ancho de banda, las velocidades mínimas recomendadas por Skype son las siguientes:

Tabla 5.

Anchos de banda mínimos y recomendados para Skype.

| Tipo de Llamada | Velocidad Mínima de Bajada/Subida | Velocidad Recomendada de Bajada/Subida |
|--|--|---|
| Llamada | 30kbps / 30kbps | 100kbps / 100kbps |
| Videollamada/ CompartirPantalla | 128kbps / 128kbps | 300kbps / 300kbps |
| Videollamada (alta calidad) | 400kbps / 400kbps | 500kbps / 500kbps |
| Videollamada (HD) | 1.2Mbps / 1.2Mbps | 1.5Mbps / 1.5Mbps |
| Video en grupo (3 personas) | 512kbps / 128kbps | 2Mbps / 512kbps |
| Video en grupo (5 personas) | 2Mbps / 128kbps | 4Mbps / 512kbps |

Adaptado de (Microsoft, 2018c).

2.3.1. Maneja de la herramienta de comunicación Skype.

Al igual que el resto de aplicaciones, Skype para Hololens se maneja con los mismos gestos. Tiene ciertas limitaciones al momento de realizar una videollamada y abrir una aplicación distinta ya que la transmisión de video se detiene pero la transmisión de audio no se ve afectada.

Skype muestra una ventana de contactos, aquí el usuario selecciona el contacto deseado para establecer una llamada como se muestra a continuación:



Figura 11. Menú de contactos Skype.

Cuando se realiza la llamada se posee un menú principal en la parte inferior que permite colgar, habilitar/deshabilitar micrófono y cámara de video.



Figura 12. Menú de activación de elementos.

Una de las claras ventajas que nos ofrecen el dispositivo es la de ver, escuchar, y evaluar en tiempo real la situación y entorno del paciente.



Figura 13. Videollamada con Hololens.

Tomado de (Hachman, 2015)

2.3.2. Comparación entre Skype para Hololens y PC.

Utilizar Skype para Hololens ofrece la ventaja de que el médico tratante puede tener las manos libres mientras trabaja y realiza llamadas remotas a médicos expertos los cuales tendrán la capacidad de ver todo lo que se realiza y analizar el entorno en donde se encuentra el paciente. Este aspecto es clave ya que el médico tratante no se ve obligado a ocupar sus manos para sostener la cámara o dispositivo como es el caso de utilizar Skype para Móvil o PC.



Figura 14. Vista desde Médico Experto.

Otro aspecto clave, es la capacidad que ofrece Skype para agregar hologramas desde la perspectiva del médico experto. Esto se traduce en que se puede marcar una parte del entorno en donde se encuentra el médico tratante para guiar de mejor manera. Esta opción está únicamente habilitado para Skype PC.

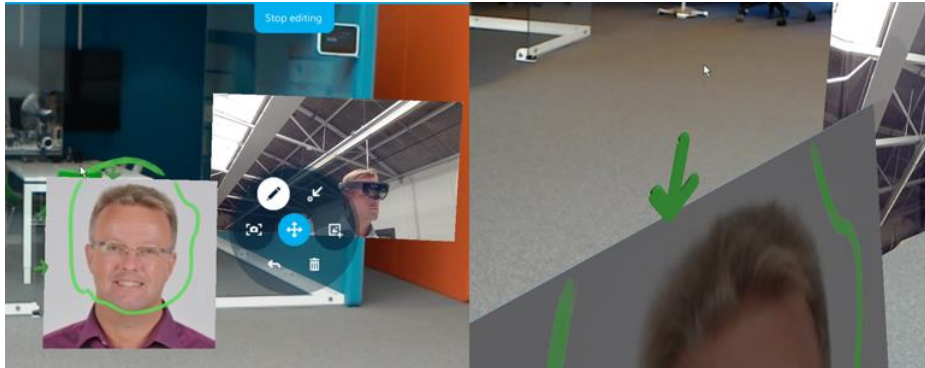


Figura 15. Agregar Holograma desde PC.

Tomado de (Hoogendoorn, 2016)

Así mismo, es importante mencionar que se puede realizar llamadas a Skype para Hololens desde cualquier dispositivo sin importar la marca, modelo o sistema operativo.



Figura 16. Llamada desde Móvil a Hololens.

Tomado de (Hoogendoorn, 2016)

2.4. Diseño de aplicación de algoritmos de soporte y listas de chequeo.

Para desarrollar la aplicación se utilizó el motor de juegos Unity. Esta herramienta sirvió para elaborar los elementos holográficos (3D) como botones, y cuadros de texto que se muestran en la aplicación.

Para la programación de interacción y movimiento de la interfaz se utilizó lenguaje de programación C# mediante Visual Studio y la ayuda del paquete de herramientas de realidad mixta o MRTK (*Mixed Reality Toolkit*), el cual ofrece colecciones de scripts para desarrollar aplicaciones para Hololens.

Por otro lado, es necesario destacar que la aplicación tiene la capacidad de mantenerse siempre en el campo de visión del usuario de manera que no obstruya la visibilidad del usuario pero que nunca se pierda de vista. Esta funcionalidad es sumamente importante ya que provee comodidad al usuario.

2.4.1. Elementos dentro de la aplicación.

La navegabilidad y elementos de interacción son principalmente botones que dirigen al usuario a distintos algoritmos de soporte cardiovascular avanzado (ACLS), a listas de verificación para el historial clínico del paciente, y muestran u ocultan elementos. Los botones que se manejan en la aplicación son los siguientes:

- **Botones de Acceso:**

Los botones que se permiten moverse entre los escenarios tienen la siguiente forma:



Figura 17. Botones del Menú Principal.

- **Mostrar/Ocultar Causas Reversibles.**

Los botones que despliegan la lista de causas reversibles se los puede identificar mediante el ícono de una mano con contorno verde (👉). Este ícono facilita la identificación de los elementos con los que se puede interactuar.

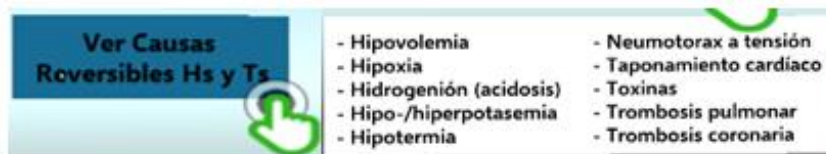


Figura 18. Botón y lista de Causas Reversibles.

- **Retorno a menú principal:**

Dentro de cada escenario se implementó una flecha la cual está encargada de llevar al usuario al menú principal.

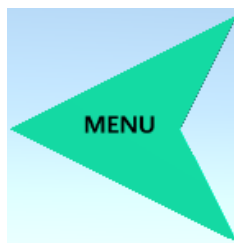


Figura 19. Retorno a menú principal.

- **Mostrar/Ocultar todos los elementos:**

Para facilitar la visibilidad del usuario se decidió implementar un botón que permita ocultar o mostrar todos los elementos, dejando únicamente el botón de retorno al menú principal y el título del escenario en donde se encuentra el usuario.



Figura 20. Mostrar/Ocultar elementos.

- **Mostrar/Ocultar elementos de lista de verificación:**

Dentro del escenario de la lista de verificación se implementaron dos botones que oculten o muestren determinadas secciones y que permitan detectar al usuario que botón fue seleccionado.



Figura 21. Botones de lista de verificación.

2.4.2. Flujo de la Aplicación.

La aplicación consiste en una interfaz gráfica de usuario (GUI) la cual contiene botones. Cada botón hace que la información mostrada al usuario cambie. Dentro de cada interfaz mostrada al usuario se encuentra una flecha de retorno, la cual permite regresar al menú principal.

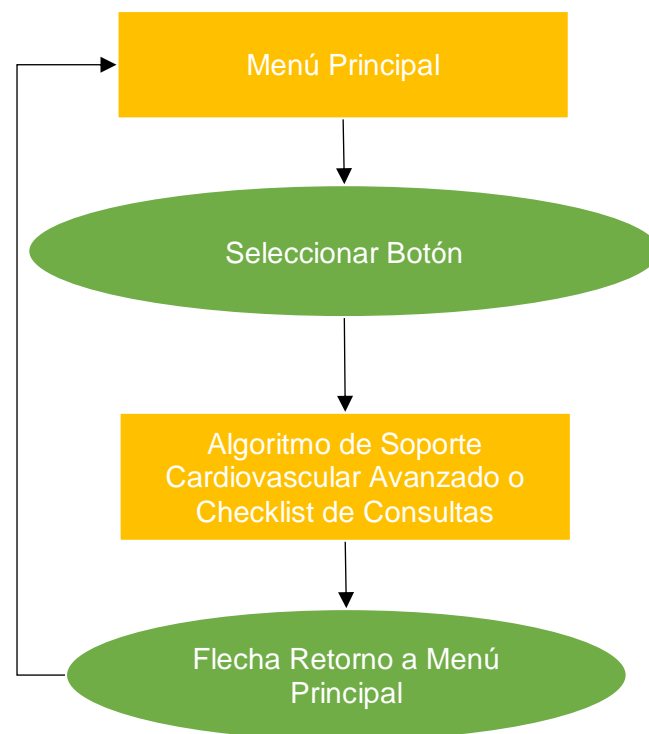


Figura 22. Flujo de la Aplicación.

- **Menú Principal:**

Como se explica en la Figura 15, el menú principal es el primer escenario que se muestra al usuario. Dicho menú contiene nueve botones los cuales dirigen al usuario una escena distinta, dependiendo el botón que sea seleccionado.



Figura 23. Menú principal.

- **Algoritmos de Soporte Cardiovascular Avanzado y Lista de Verificación de Consultas:**

Para ver los ACLS se dispone de ocho botones y para la lista de verificación de consultas se dispone de un botón como se puede apreciar en la Figura 16. La información mostrada al usuario depende del botón que seleccionó como se puede observar a continuación.

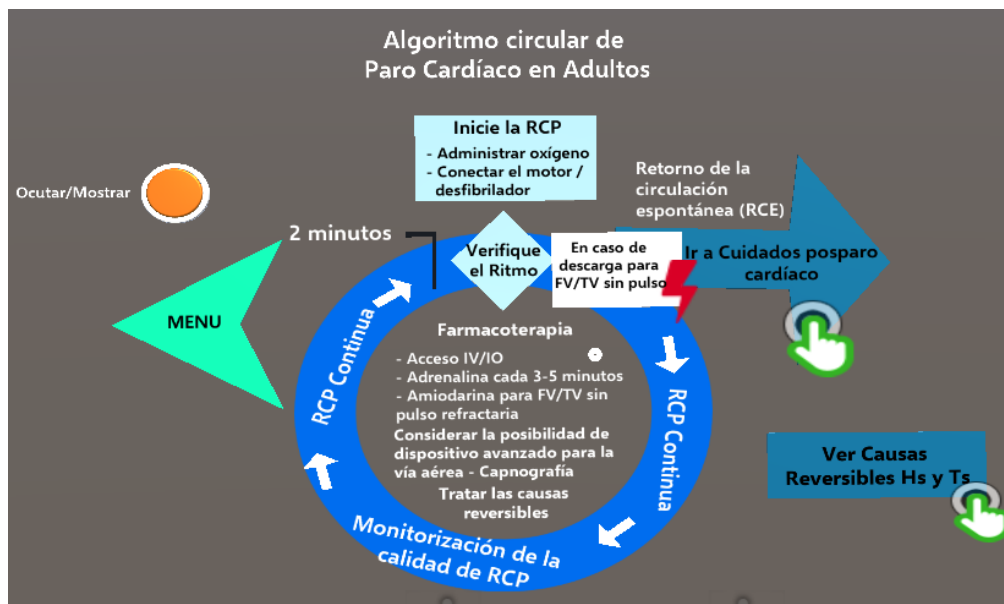


Figura 24. Algoritmo circular de paro cardíaco en adultos.

Para facilitar la recopilación de información de los pacientes, se incluye la lista de verificación de consultas en la aplicación; todo esto de gran utilidad ya que evita pasar preguntas por alto y de esta manera realizar un diagnóstico más acertado. La lista se muestra de la siguiente manera:



Figura 25. Checklist para consultas.

2.5. Procedimientos y escenarios de prueba

Se ha definido escenarios en donde se pondrá a prueba la funcionalidad del dispositivo en telemedicina en el escenario de apoyo entre médicos, sino también se comprobará el funcionamiento de la aplicación que contiene una serie de pasos, guías y protocolos que son de utilidad para el médico que ejecuta el procedimiento y se encuentra con el paciente.

2.5.1. Escenario de Consulta Médica.

En el esquema mostrado en la Figura 7, se muestra que el médico que va a ejecutar una consulta posee el dispositivo. Dicho profesional de la salud tiene la capacidad de realizar una video llamada a un médico especialista en una localización alejada con la finalidad de recibir apoyo y criterios sobre qué acción tomar; lo que se traduce en que el médico en sitio remoto ofrecerá directrices u opiniones que pueden ayudar a tomar las mejores decisiones.

El paciente en el escenario de consulta médica, presenta dolor torácico con un cuadro de síndrome coronario agudo. La anamnesis del dolor proporcionada por el paciente es la siguiente:

Tabla 6.

Parámetros de Anamnesis del Dolor.

| Anamnesis de dolor | |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| 1. Fecha aparente de comienzo | Hace 1 hora |
| 2. Fecha real de comienzo | Hace 1 mes |
| 3. Intensidad | 9/10 |
| 4. Causa aparente | Haber estado jugando fútbol |
| 5. Sitio del dolor | Tórax anterior |

| | |
|---|---|
| 6. Irradiación | Miembro superior izquierdo, quijada, cuello |
| 7. Tipo de dolor | Opresivo |
| 8. Síntomas acompañantes | Desmayo |
| 9. Relación con el tipo de alimentos | NO |
| 10. Horario | Permanece con el dolor |
| 11. Periodicidad | NO |
| 12. Relación con el vómito | NO |
| 13. Relación con la orina | NO |
| 14. Relación con la deposición | NO |
| 15. Relación con las actitudes y decúbitos | Alivia cuando está acostado |
| 16. Relación con los medicamentos | Paramédicos de ambulancia que le trasladaron han aplicado 2 puff de NITRONAL, con lo que alivio parcialmente el dolor |
| 17. Evolución | Ha disminuido el dolor con la medicación sin ceder totalmente |
| 18. Estado Actual | Se siente adolorido |
| Aparición | Súbita |
| Localización | Tórax anterior |
| Intensidad (escalas de valoración) | 9/10 |
| Concomitancia, causa desencadenante | Haber estado jugando fútbol |
| Irradiación | Miembro superior izquierdo, quijada, cuello |
| Aspecto (cualidad, tipos) | Opresivo |
| Medicamentos | Paramédicos de ambulancia que le trasladaron han aplicado 2 puff |

| | |
|---|---|
| | de NITRONAL, con lo que alivio parcialmente el dolor. |
| Alimentos | 3 veces al día, comida rápida |
| Alcohol | Cada 15 días hasta llegar a la embriaguez |
| Tabaco [INDICE TABÁQUICO RIESGO DE EPOC] | 10 unidades/día desde los 16 años de edad. |
| Sedantes y otros medicamentos | NO |
| Drogas. | NO |

2.5.2. Algoritmos de Soporte Cardiovascular Avanzado.

En la aplicación se implementaron ocho algoritmos de soporte cardiovascular avanzado (ACLS). El disponer de estos algoritmos en el dispositivo es de gran ayuda para el profesional médico que realiza un procedimiento de atención cardiovascular de emergencia, principalmente porque los algoritmos son específicos. Los algoritmos implementados son:

- **Algoritmo de paro cardíaco en adultos.**

Un paro cardíaco es la interrupción del bombeo de sangre del corazón, una persona que sufre esta afectación tiende a sufrir desmayos, perder la conciencia, respiración anormal y pérdida de pulso (Fundación Cardiológica Argentina, 2018).

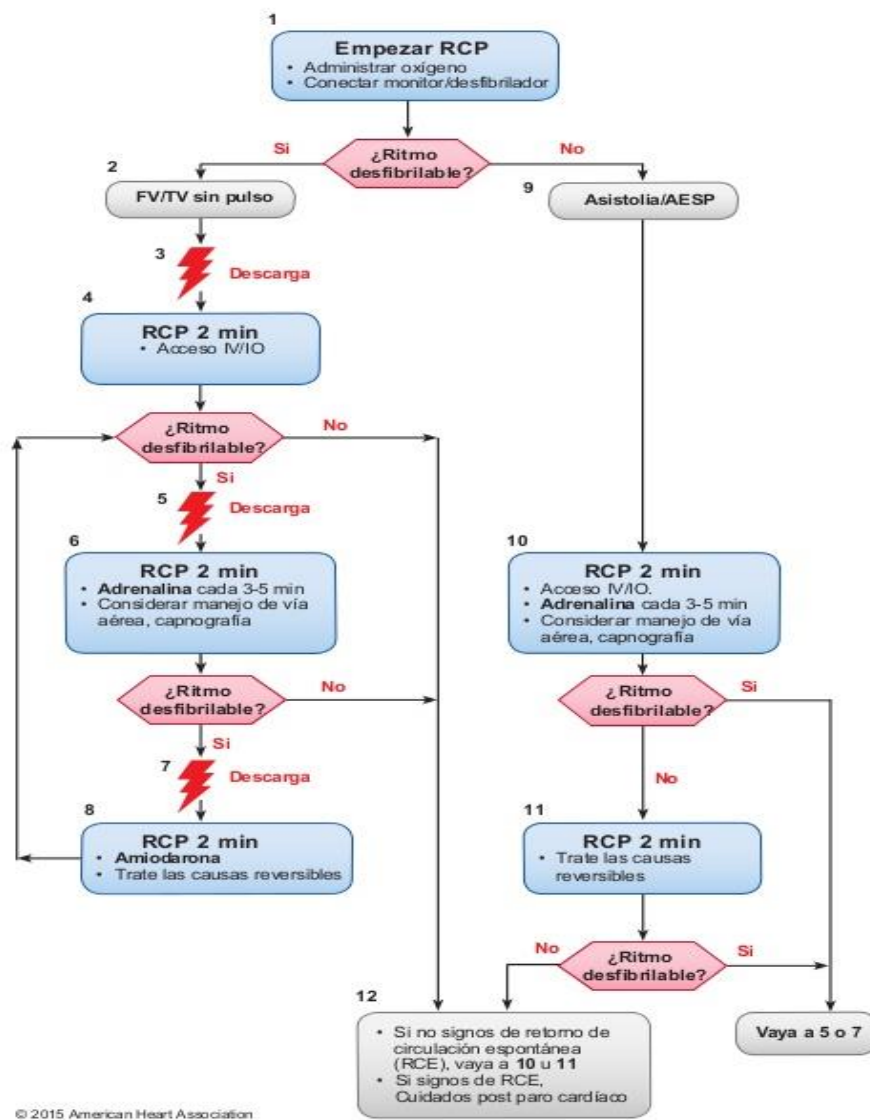


Figura 26. ACLS Paro Cardíaco Adultos.

Tomado de (American Heart Association, 2015)

- **Algoritmo circular de paro cardíaco en adultos.**

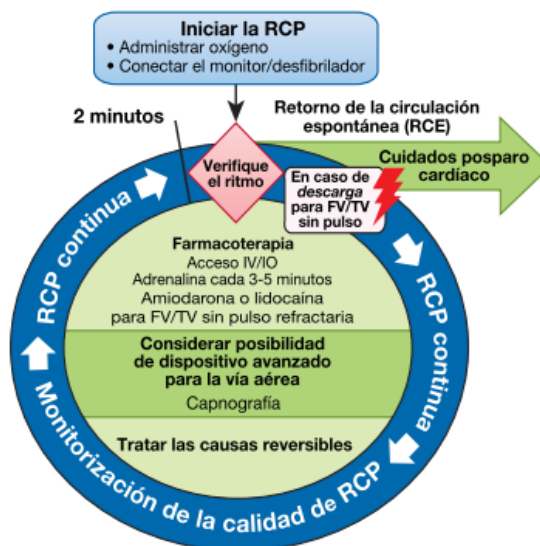


Figura 27. ACLS Circular Paro Cardíaco Adultos.

Tomado de (American Heart Association, 2015).

- **Algoritmo de cuidados inmediatos posparto cardíaco en adultos.**

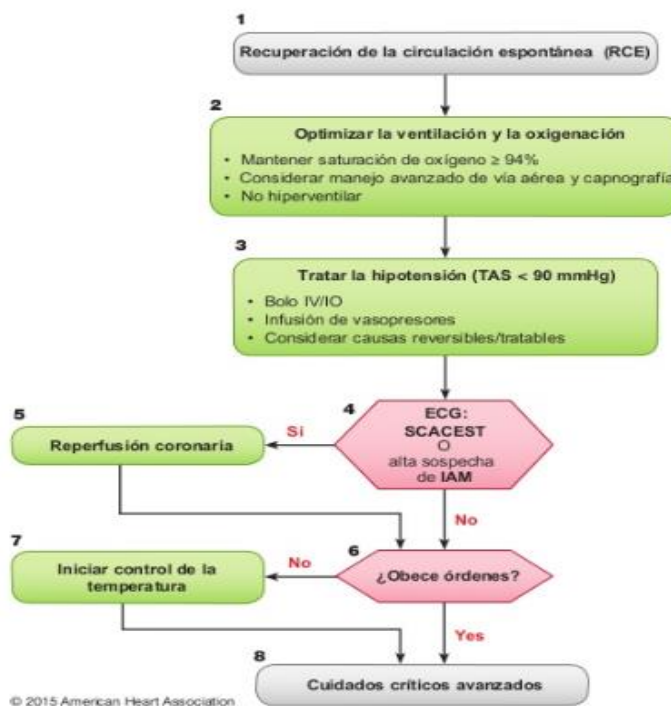


Figura 28. ACLS Postparto Cardíaco Adultos.

Tomado de (American Heart Association, 2015).

- **Algoritmo de bradicardia en adultos con pulso.**

La bradicardia es la disminución del ritmo del corazón. La frecuencia cardíaca común es de 60 a 100 lpm (latidos por minuto), pero cuando esta frecuencia disminuye del rango mínimo es considerada bradicardia (Fundación Española del Corazón, 2018).

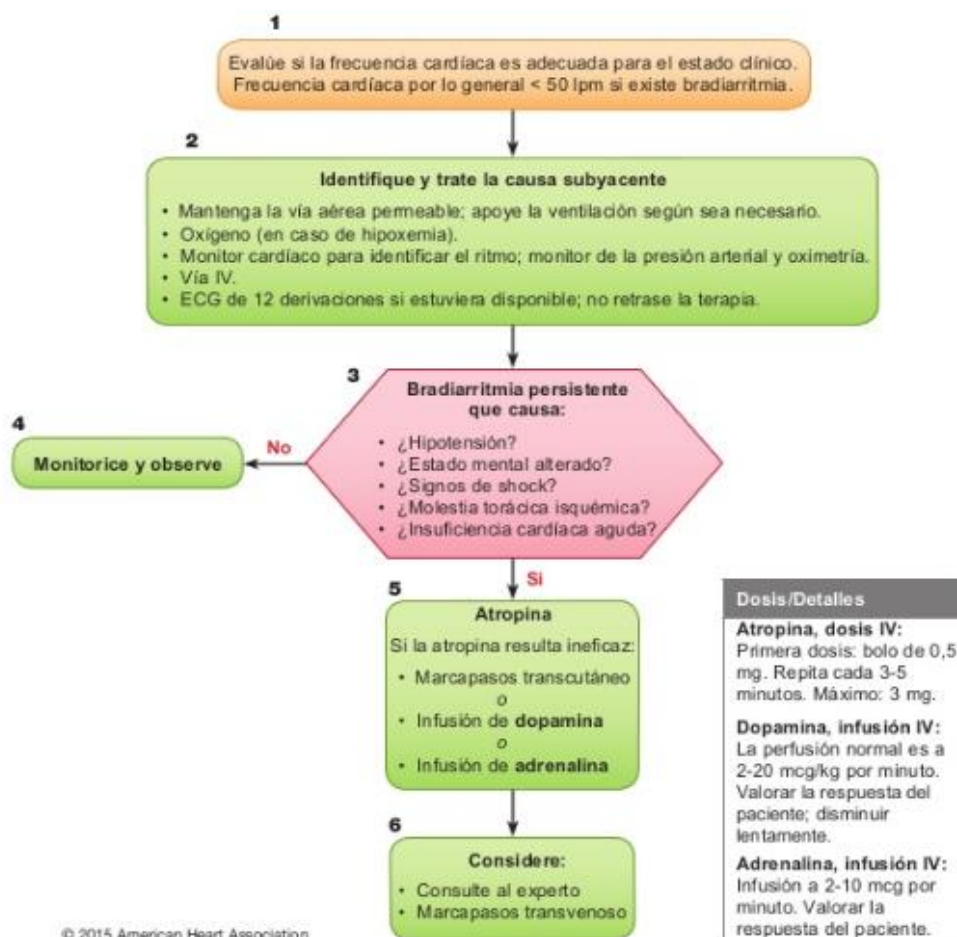


Figura 29. ACLS Bradicardia Adultos con Pulso.

Tomado de (American Heart Association, 2015)

- **Algoritmo de taquicardia en adultos con pulso.**

A pesar de que existen varios tipos de taquicardia, de manera general es el incremento de ritmo del corazón, es decir, la frecuencia cardíaca supera el rango máximo de 100 latidos por minutos (Arritmias, s/f).

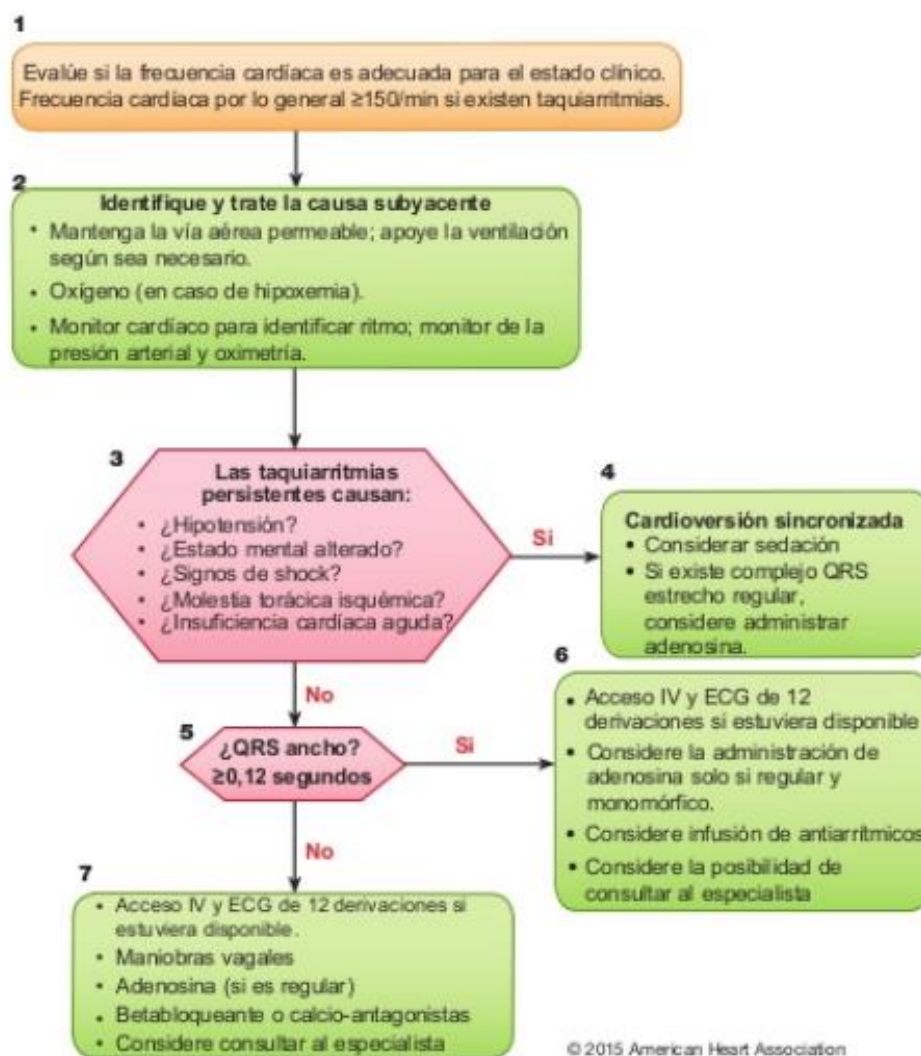


Figura 30. ACLS Taquicardia Adultos con Pulso.

Tomado de (American Heart Association, 2015)

- **Algoritmo de cardioversión eléctrica.**

La cardioversión eléctrica es un procedimiento que se aplica a personas que tienen una determinada anomalía en el ritmo cardíaco con el objetivo de establecer el ritmo normal. Consiste en aplicar una o varias descargas eléctricas mediante paletas (Instituto Cardiovascular de Buenos Aires, s/f).

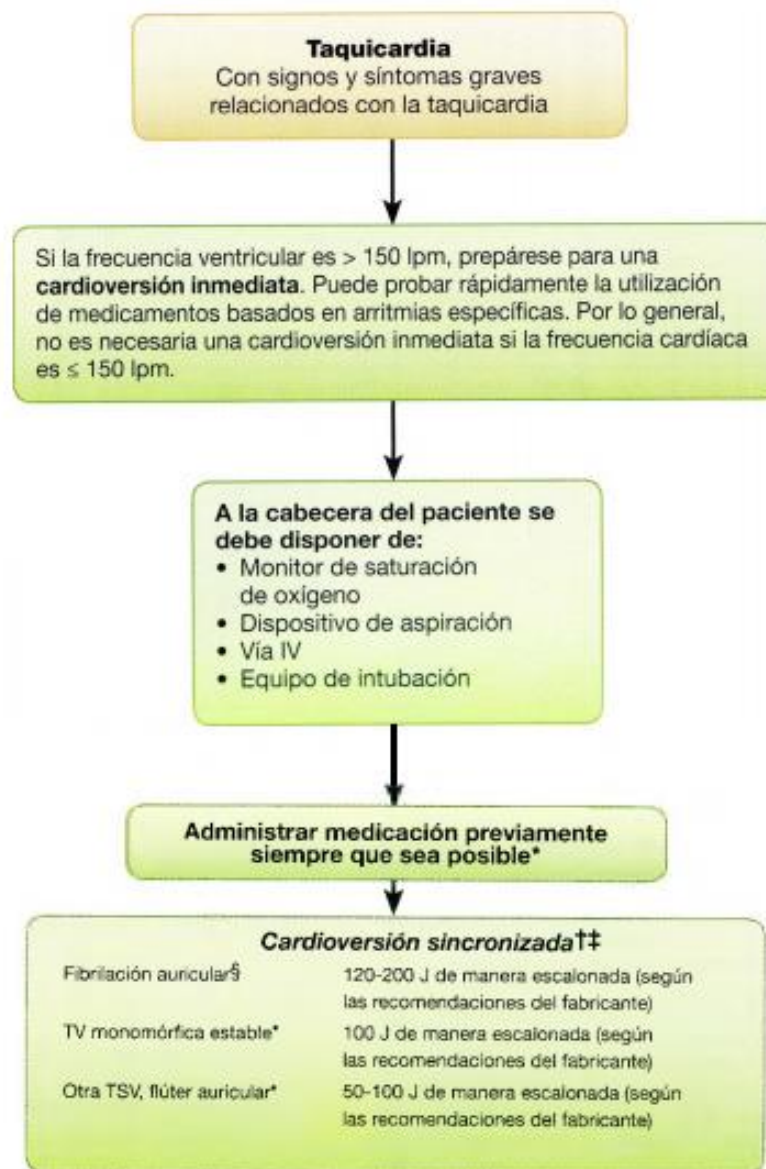


Figura 31. ACLS de Cardioversión Eléctrica.

Tomado de (American Heart Association, 2015)

- **Algoritmo de paro cardíaco intrahospitalario en embarazadas.**

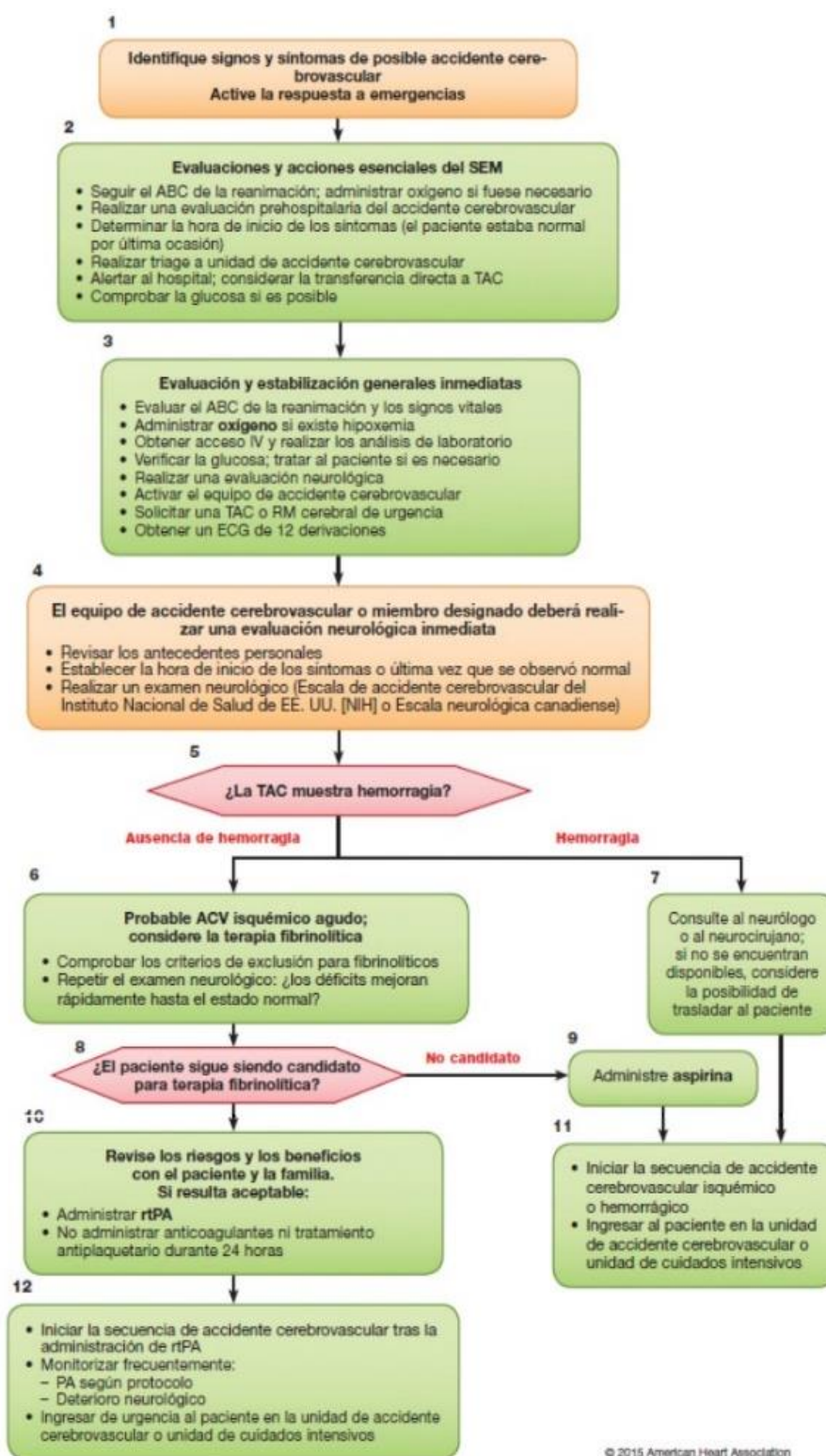


Figura 32. ACLS Paro cardiaco intrahospitalario embarazadas.

Tomado de (American Heart Association, 2015).

- **Algoritmo de sospecha de accidente cerebrovascular en adultos.**

Un accidente cerebrovascular se define como la interrupción de riego sanguíneo a una parte del cerebro (American Heart Association, 2015).

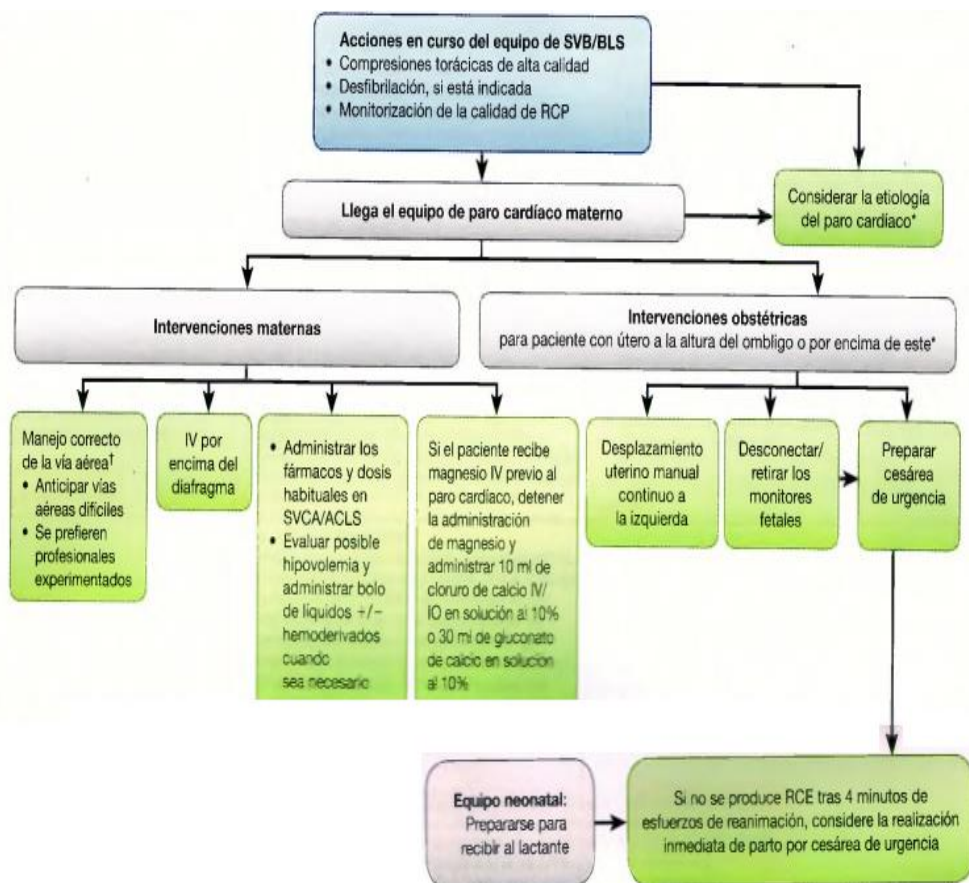


Figura 33. ACLS Accidente Cardiovascular Adultos.

Tomado de (American Heart Association, 2015)

3. Pruebas y Resultados

Las pruebas de funcionamiento y aceptación del dispositivo se realizaron en el Centro de Simulación Clínica (CSC) de la UDLA, en el escenario de consulta médica con tres estudiantes de medicina de cuarto nivel y un paciente estandarizado.

El estudiante requería obtener la información necesaria mostrada en la Tabla 6 para completar la historia clínica, analizar los síntomas, y finalmente ejecutar la acción necesaria para satisfacer la necesidad del paciente. Dicho historial clínico es de complejidad alta, por lo que el estudiante se encontró en la a necesidad de solicitar apoyo y guía a un médico experto.

El médico experto brindó guía en el análisis de síntomas y ejecución de un electrocardiograma en tiempo real, todo esto gracias a la aplicación Skype y a la facilidad que ofrece el dispositivo.

Finalmente, se realizó una serie de preguntas a los involucrados con la finalidad de verificar el nivel de aceptación, comodidad, y calidad del dispositivo.

3.1. Evaluación de aceptación del estudiante.

Las preguntas realizadas al estudiante se enfocaron en la comodidad, uso, y beneficios que el dispositivo le puede ofrecer en cualquier entorno. Las preguntas planteadas fueron las siguientes:

- ¿Qué nivel de comodidad le brinda el dispositivo al momento de su uso?

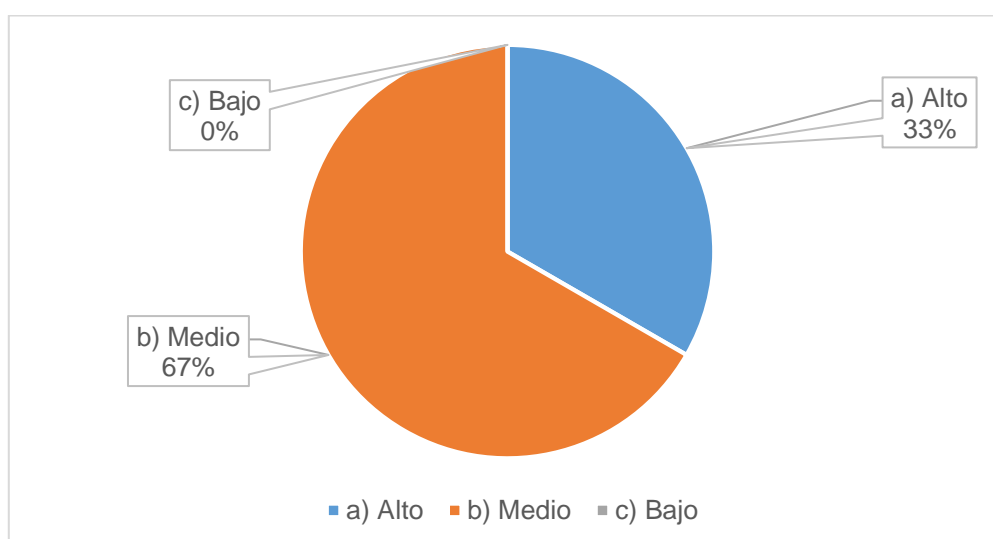


Figura 34. Nivel de comodidad del dispositivo.

- ¿Considera que el peso del dispositivo es el adecuado?

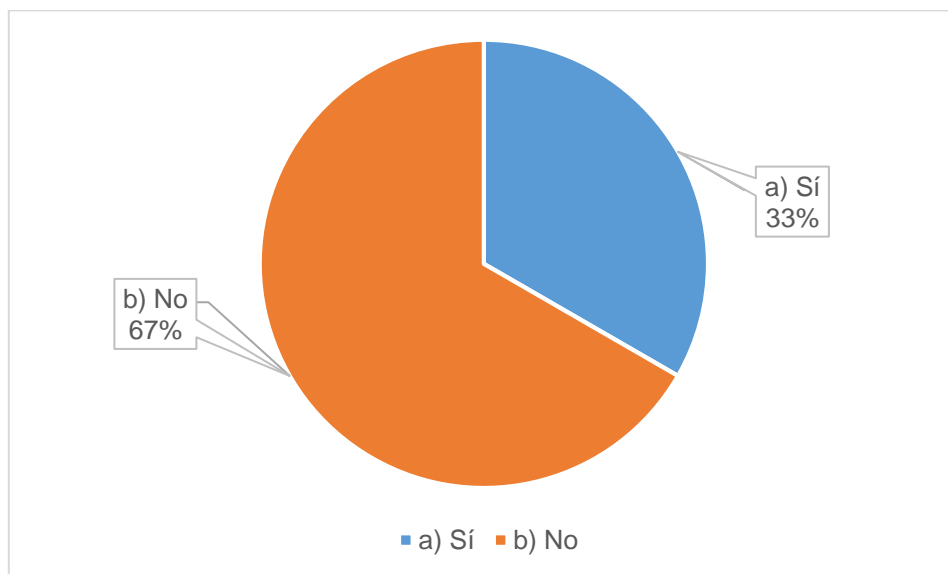


Figura 35. Peso del dispositivo.

- ¿Considera que el campo de visión del dispositivo es el adecuado?

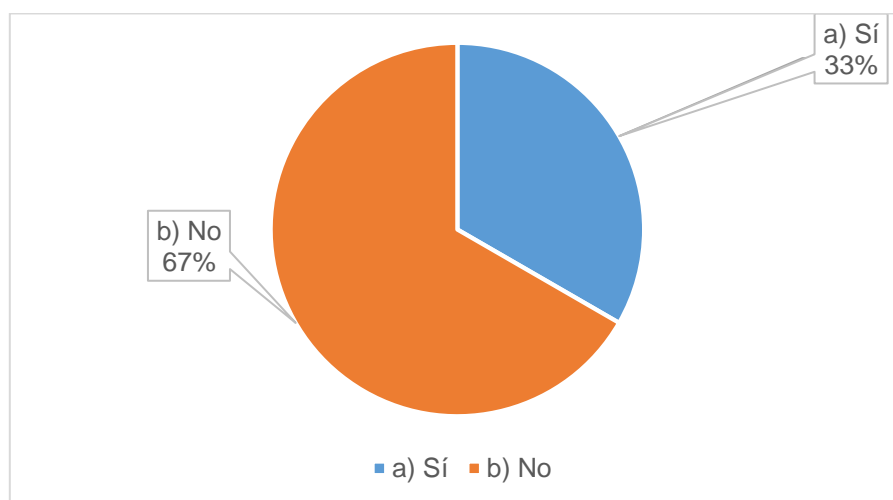


Figura 36. Campo de visión del dispositivo.

- ¿El texto y todos los elementos de la aplicación se podían visualizar de forma clara y nítida?

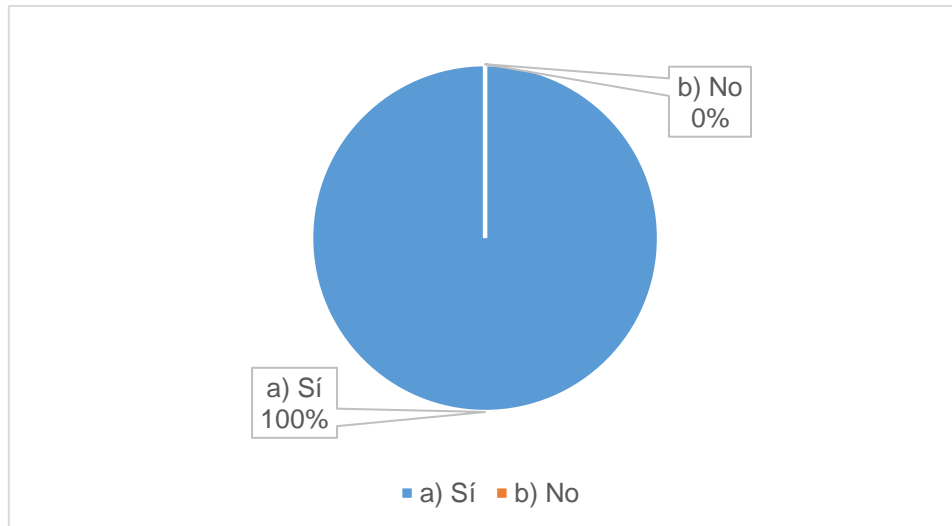


Figura 37. Percepción y lectura de la aplicación.

- ¿Los elementos mostrados en la aplicación obstruían su visibilidad?

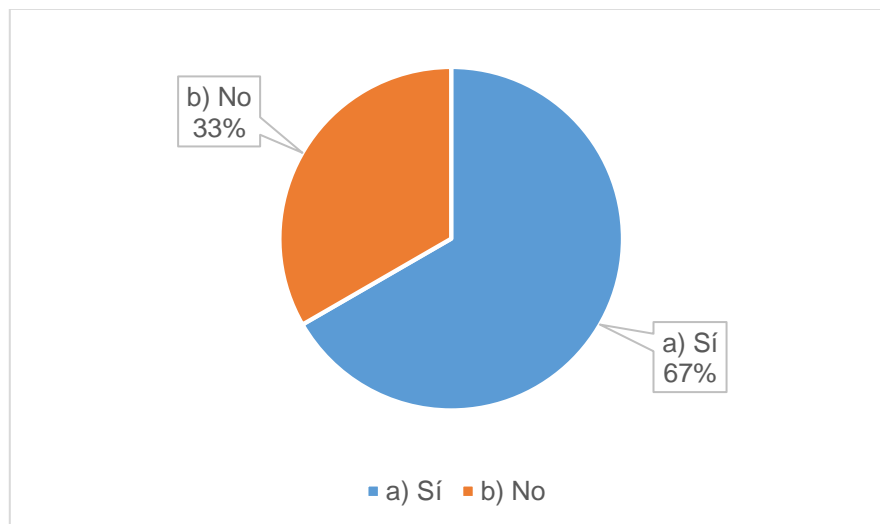


Figura 38. Obstrucción de los elementos de la aplicación.

- ¿Considera que la calidad del audio al momento de establecer la comunicación con el especialista fue la adecuada?

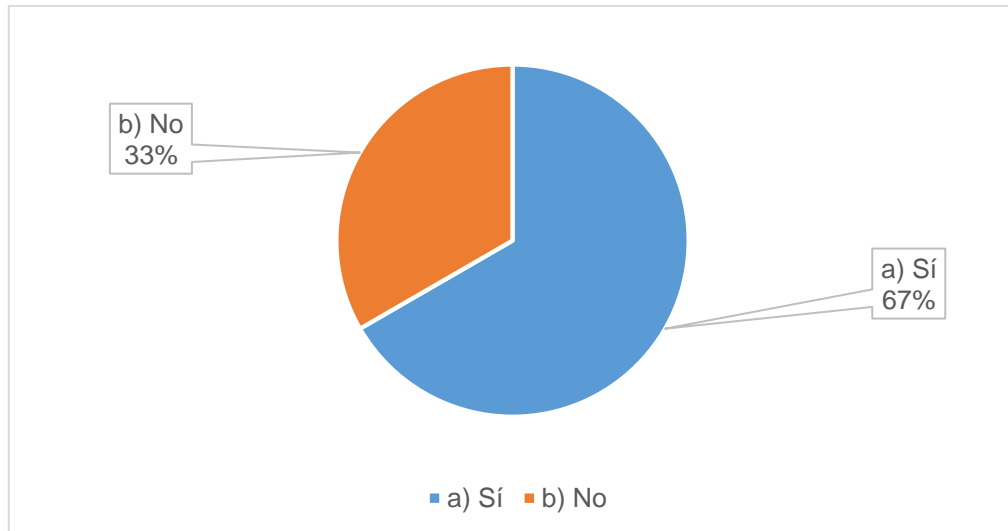


Figura 39. Calidad de audio en llamada.

- En una situación crítica, ¿Qué nivel de utilidad considera que le ofrecería el dispositivo?

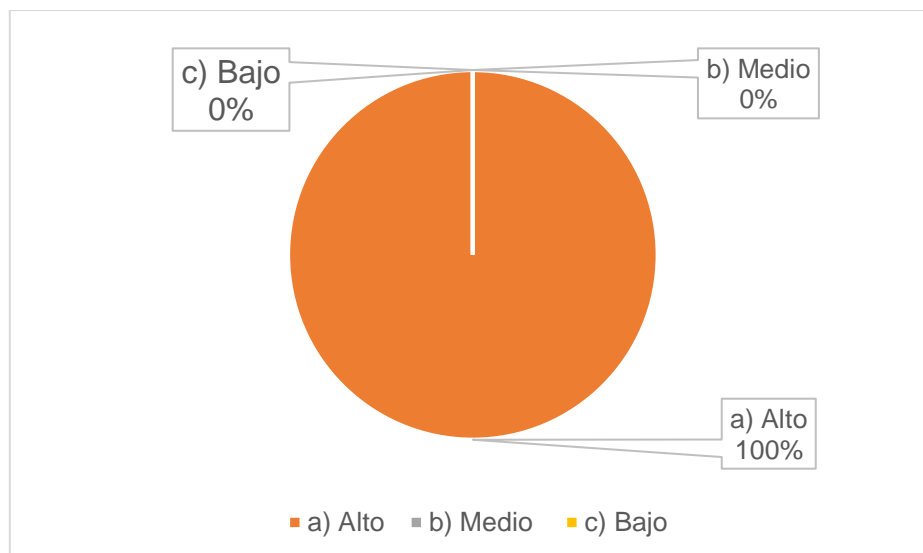


Figura 40. Nivel de utilidad del dispositivo para el estudiante.

- ¿Qué nivel de apoyo considera que le brinda el dispositivo para el diagnóstico clínico del paciente?

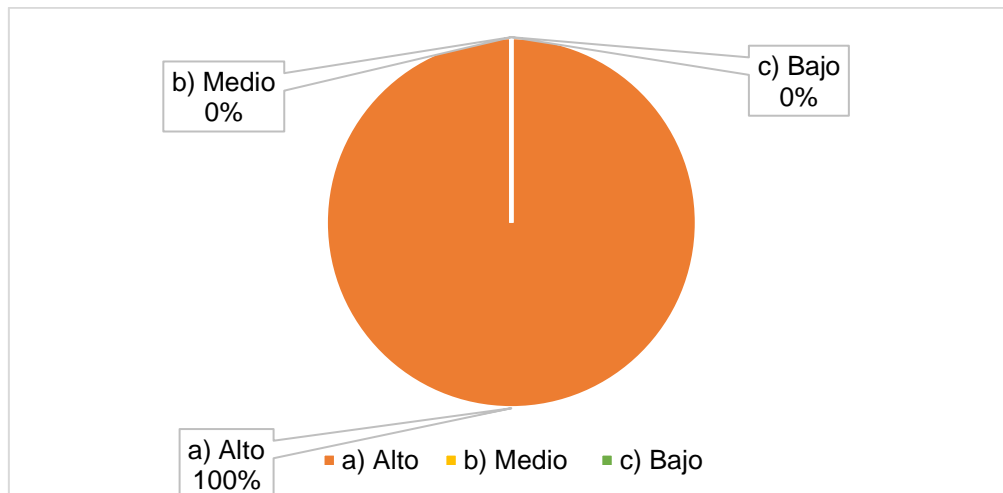


Figura 41. Nivel de apoyo para diagnóstico clínico.

- ¿Considera que el trato médico-paciente se ve afectado al utilizar el dispositivo?

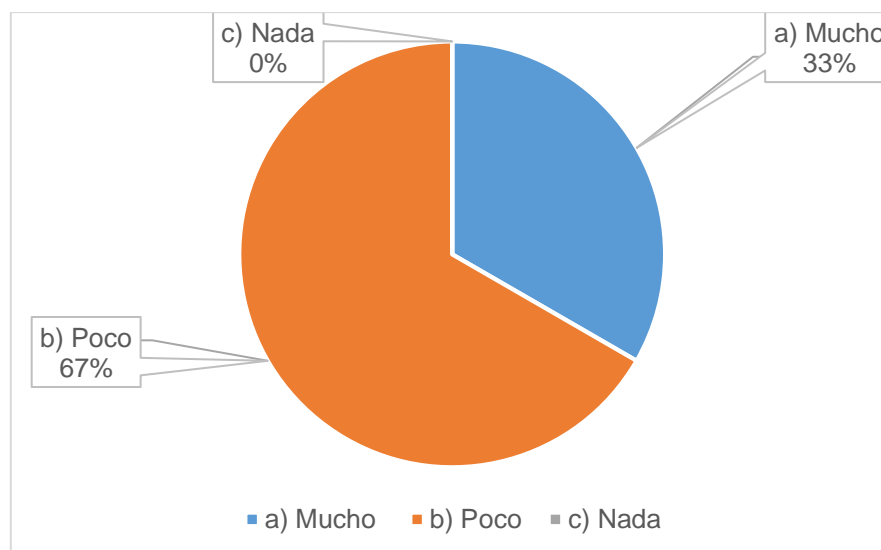


Figura 42. Afectación en la actitud del usuario.

- ¿Qué momento considera usted es el más adecuado para hacer uso del dispositivo al tener que atender una solicitud de atención médica?

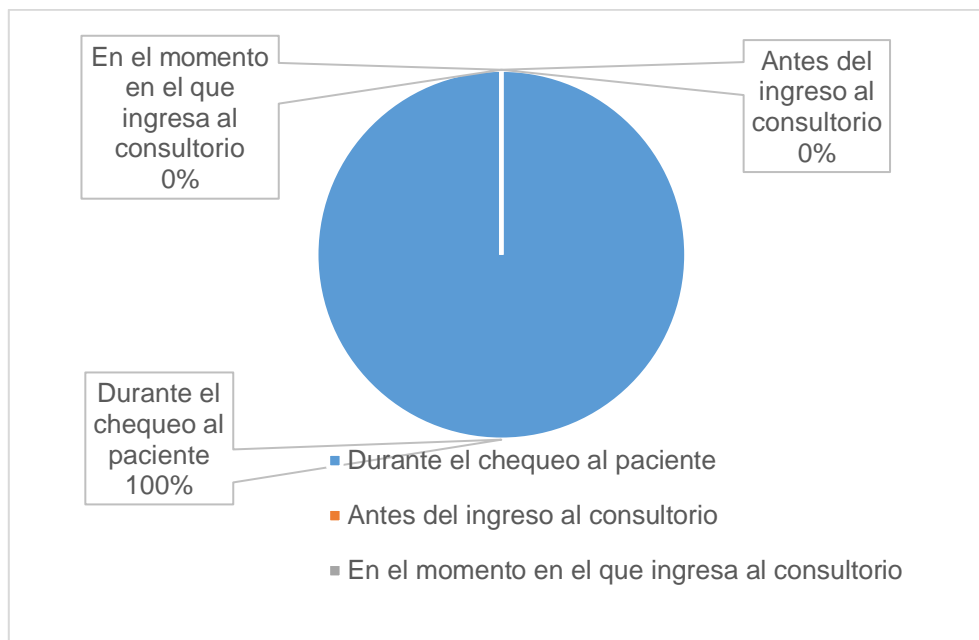


Figura 43. Momento adecuado de utilización del dispositivo.

- ¿Con qué frecuencia recomendaría el uso de este dispositivo?

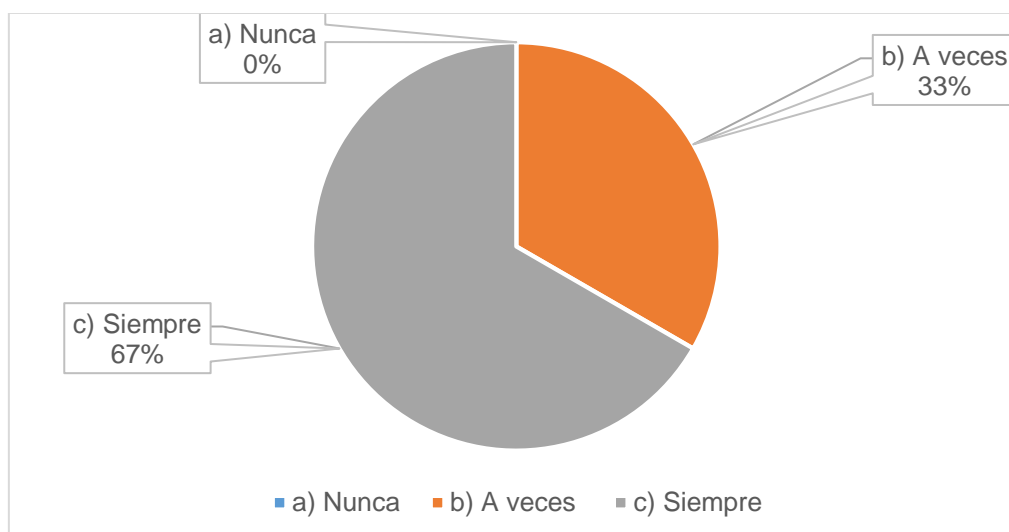


Figura 44. Recomendación del dispositivo.

De manera general, las pruebas del dispositivo fueron satisfactorias ya que como se puede observar en las Figuras 40 y 41, los estudiantes responden

positivamente en utilización del dispositivo en situaciones críticas, y en apoyo recibido con el dispositivo gracias a las directrices provistas por el médico especialista. Esto significa que la utilización del dispositivo en situaciones críticas o de emergencia es de gran ayuda, ya que se puede recibir apoyo en cualquier momento sin importar la localización. Así mismo, en la Figura 40 se aprecia que la utilización del dispositivo sería recomendada positivamente.

En cuanto a comodidad, como se aprecia en los resultados expresados en las Figuras 34 y 35, el nivel de aceptación del dispositivo no fue positivo en su totalidad debido a que los dispositivos son pesados y el uso prolongado genera molestias en partes como la nariz y el cuello.

Por otro lado, la información recopilada mostrada en las Figuras 36 y 37 sobre el campo de visión y visibilidad de los elementos de la aplicación indica el campo en donde se despliega la información es claro y nítido, pero no es lo suficientemente amplio para mostrar toda la información, por lo que el usuario se ve en la necesidad de mover la cabeza para observar toda la información. Así mismo, los resultados mostrados en la Figura 34 demuestran que la información desplegada por la aplicación se posicionaba frente al paciente, por lo que a veces se dificultaba la visibilidad del paciente.

Con respecto a la relación médico-paciente, la Figura 42 demuestra que la relación se ve afectada ya que el paciente no se siente totalmente cómodo con el dispositivo. Además, la Figura 43 nos indica que utilizar el equipo únicamente cuando se va a solicitar apoyo es lo más óptimo; esto va relacionado con la sensación que tiene el paciente, ya que se establece un mayor nivel de confianza cuando no se utiliza el dispositivo constantemente.

Finalmente, en la Figura 39 se evaluó la calidad de audio y los resultados fueron satisfactorios ya que el sonido fue claro.

3.2. Evaluación de aceptación del paciente.

Las preguntas realizadas al paciente se enfocaron en entender y mejorar la sensación que recibe el paciente cuando el profesional utiliza el dispositivo. Las preguntas planteadas fueron las siguientes:

- ¿Qué tan importante considera una explicación inicial sobre el funcionamiento del dispositivo por parte del médico?

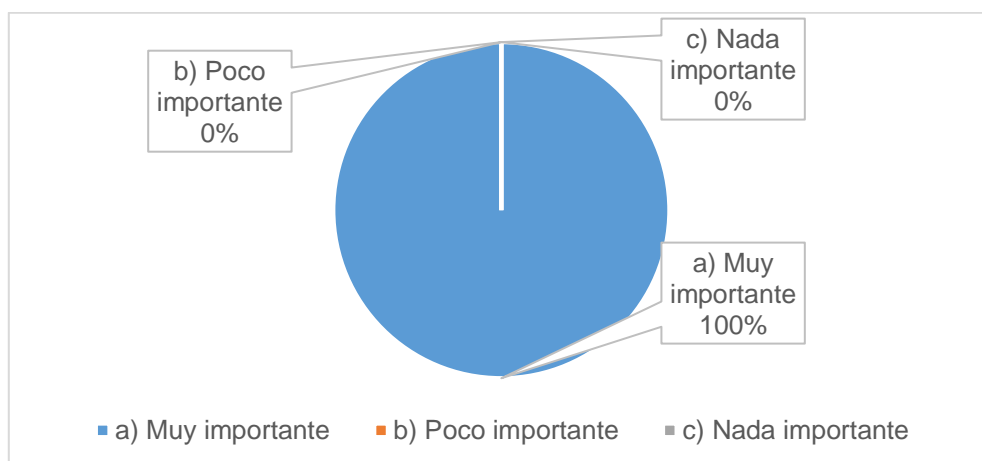


Figura 45. Importancia sobre la introducción del dispositivo.

- ¿Qué momento considera es el más oportuno para que el médico le informe al paciente sobre el funcionamiento del dispositivo?

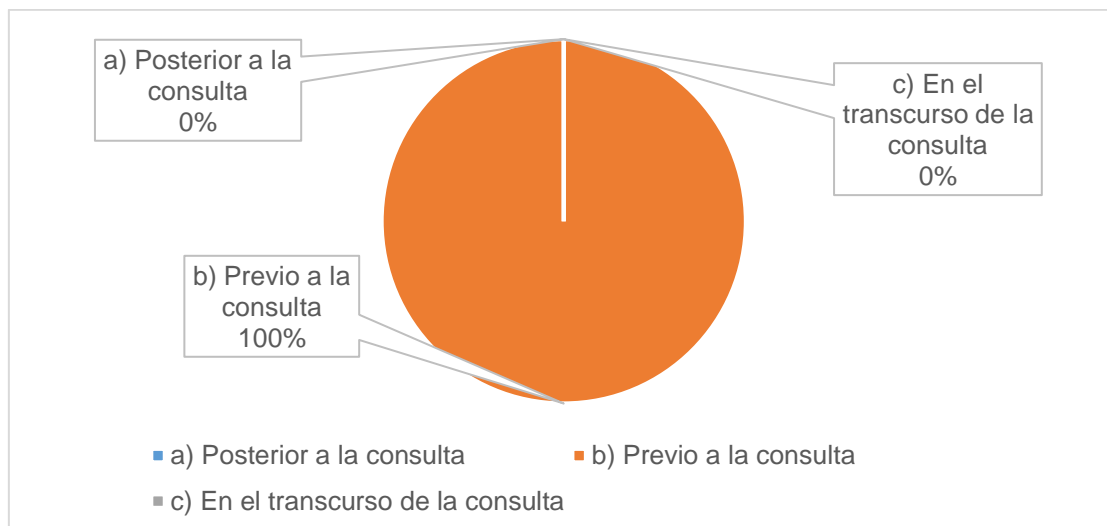


Figura 46. Momento de informar al paciente sobre el dispositivo.

- ¿Considera que el dispositivo ocasiona un distanciamiento entre doctor y paciente?

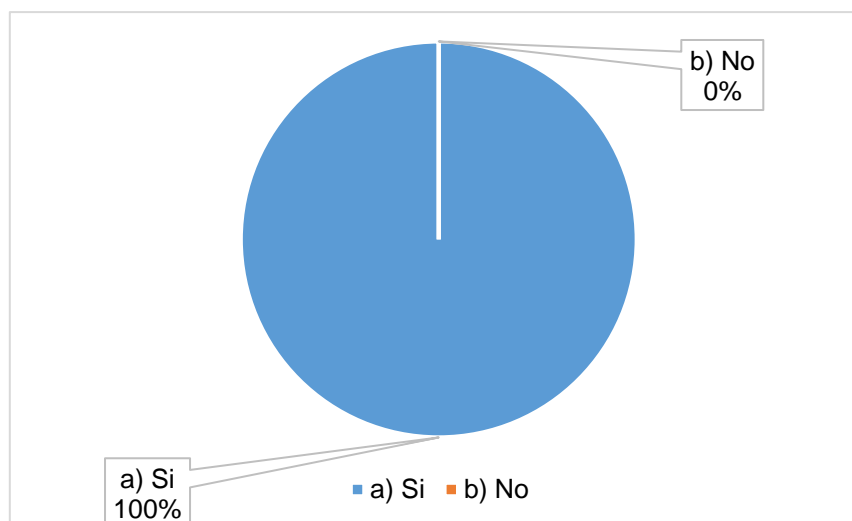


Figura 47. Distanciamiento entre el médico y paciente.

Desde la perspectiva del paciente, las Figuras 41, 42 y 43 demuestran que el paciente no se encuentra cómodo ya que la utilización del constante del dispositivo dificulta entablar una relación médico-paciente más íntima. Es por esta razón, que se determinó que explicar o realizar una introducción sobre el dispositivo y para qué va a ser utilizado es lo mejor para el paciente.

3.3. Evaluación de aceptación del médico especialista.

- ¿Considera que la calidad de video transmitida por el dispositivo es la adecuada?

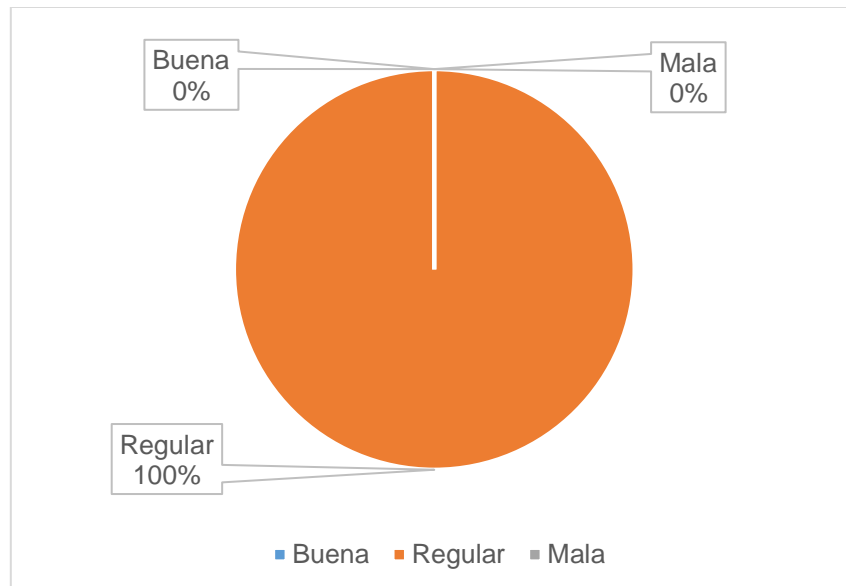


Figura 48. Calidad de video en escenario de médico especialista.

- ¿Considera que la calidad del audio de la comunicación con el estudiante fue la adecuada?

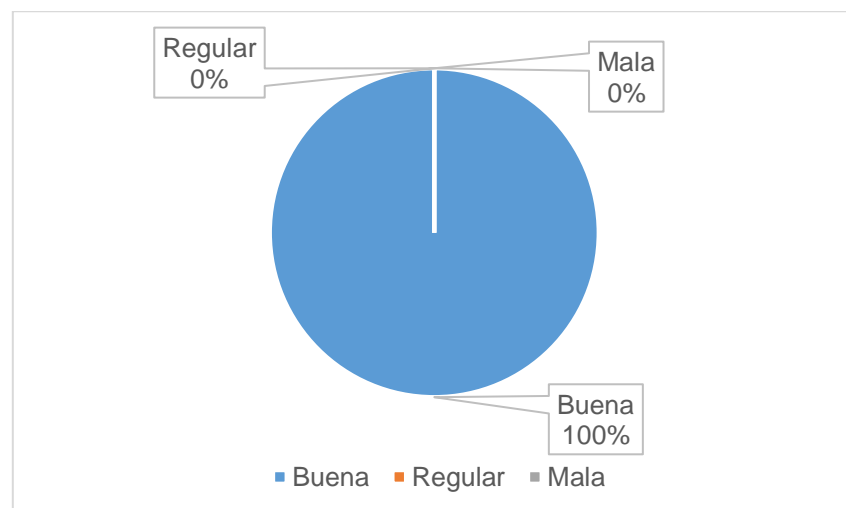


Figura 49. Calidad de audio comunicación especialista-tratante.

- En una situación crítica, ¿Qué nivel de utilidad considera que le ofrecería el dispositivo?

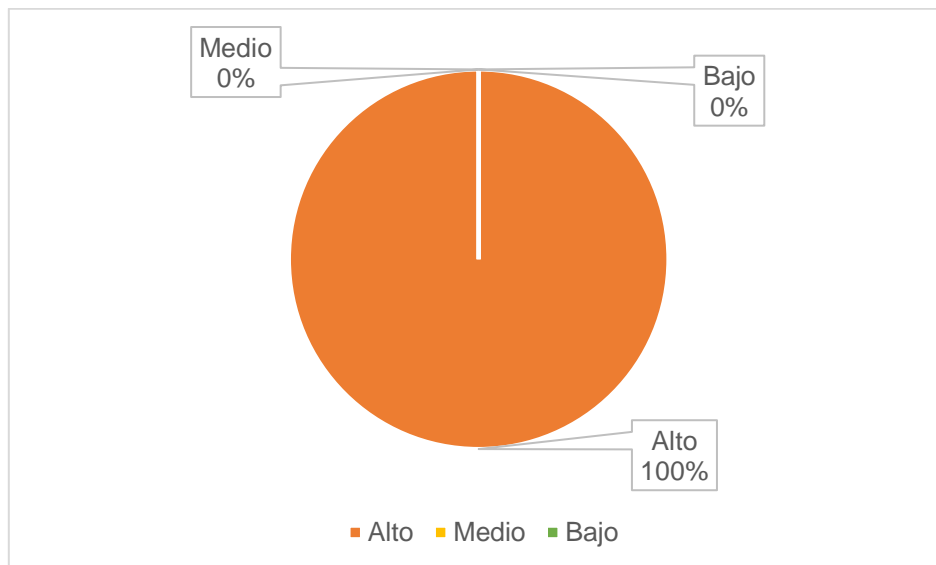


Figura 50. Nivel de utilidad desde la perspectiva de especialista.

Desde la perspectiva del médico especialista, el resultado demostrado en la Figura 50 expresa que el dispositivo es de utilidad tanto para el médico tratante como para el paciente. Esto debido a que el médico especialista está en la capacidad de observar, analizar, y dirigir en tiempo real. Gracias a esto, la consulta concluyó satisfactoriamente ya que se realizó un electrocardiograma y se diagnosticó que el paciente sufría un infarto.

Por otro lado, la calidad de audio fue buena por lo que no hubo inconveniente en cuanto a la comunicación como se muestra en la Figura 49 pero sí hubo retrasos en el de video transmitido por el dispositivo, por lo que se ve necesario la utilización de infraestructura propia para videostreaming.

3.4. Análisis de infraestructura para videostreaming.

En cuanto a infraestructura, es recomendable implementar Skype Empresarial ya que no sólo ofrece las mismas características que en su versión estándar sino

que permite el enrutamiento y manejo avanzado de llamadas, entre otras características que mejorarían el servicio.

Se debe tomar en cuenta los parámetros mínimos que recomienda Skype como los anchos de banda mostrados en la Tabla 4, servidores y configuraciones recomendados por el fabricante como el diagrama mostrado a continuación:

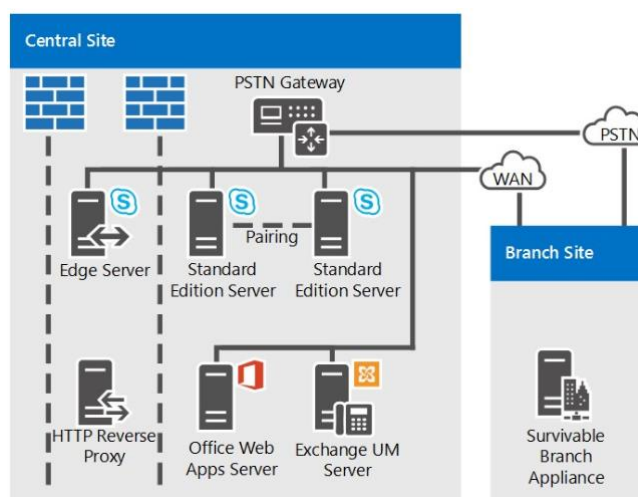


Figura 51. Ejemplo topología organización pequeña.

Tomado de (Microsoft, 2018f).

Así mismo, es recomendable implementar calidad de servicio (QoS), ya que al ser una tecnología que se propaga mediante una red se necesita proporcionar anchos de banda adecuados, los que garantizan un óptimo funcionamiento del audio y video; esto ofrecerá una experiencia óptima en las comunicaciones y servicios mencionados.

Con QoS los administradores de red están en la capacidad de priorizar los paquetes de información de audio y video, es decir, evitan fallos e interrupciones en la comunicación, y aumentan la probabilidad de completarse la comunicación con mayor velocidad. Se debe tener en cuenta que QoS debe ser desplegado también en las WANs externas, LANs internas y redes Wi-Fi propias de la empresa (Microsoft, 2018e).

Para aplicar QoS, Skype empresarial utiliza valores de punto de código de servicios o DSCP (*Differentiated Services Code Point*), como el método para clasificar los tipos de tráfico en grupos de prioridad. A continuación se muestran los valores comunes utilizados para DSCP en Skype Empresarial.

Tabla 7.

Valores DSCP comunes en Skype Empresarial.

| Valor | Significado | Probabilidad de Caída | Valor de Precedencia | Uso |
|--------------|--------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 0 | Best Effort | Alta | routine | Non Sfb Traffic |
| 14 | AF13 | Alta | priority | File Transfer Data |
| 24 | CS3 | Media | flash | Application Sharing Data |
| 34 | AF41 | Baja | flash override | Video |
| 40 | CS5 | Casi nula | critical | SIP Signalling |
| 46 | EF | Nula | critical | Audio |

Adaptado de (Vale, 2015).

La configuración de QoS debe ser aplicada en distintos elementos, los cuales varían dependiendo el tamaño de la organización:

- Servidores de conferencia.
- Servidores de mediación.
- Servidores de aplicación.
- Servidores de borde.
- Clientes.

Cada servidor de borde, conferencia, mediación y aplicación tiene configuraciones independientes, y los clientes tienen una configuración global. Esto significa que cada uno de los servidores requiere su propia configuración específica (Vale, 2015).

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.

Los resultados obtenidos en las evaluaciones, permiten evidenciar que el dispositivo y la aplicación cumplen con el objetivo principal de proveer asistencia al médico tratante que se encuentra en situaciones de emergencia o donde no se disponga de especialistas, conocimiento, y recursos.

Gracias a la portabilidad que los HoloLens ofrecen, podemos observar una amplia gama de posibilidades en el campo de la telemedicina ya que, su utilización permite cumplir los principios básicos de esta rama los cuales son: proveer servicios médicos a la distancia, y la utilización de tecnologías de la información y comunicación para el diagnóstico y terapia.

Es necesario destacar que, aunque los dispositivos utilizados “HoloLens” son enfocados a la tecnología de realidad mixta, sus capacidades y beneficios no están siendo aprovechados en su totalidad, tomando en cuenta que la herramienta de comunicación empleada (Skype), y la aplicación de algoritmos de soporte cardiovascular avanzado y listas de chequeo, podrían también ser ejecutados en dispositivos de realidad aumentada a un menor costo.

Se debe tomar en cuenta que el prototipo sirve como punto de referencia para el análisis de otras tecnologías que puedan ser explotadas en este campo, ya que, como se apreció en las pruebas, el tamaño del dispositivo, la facilidad de uso, y el campo de visión limitado, pueden ocasionar inconvenientes en la comodidad del médico.

Para cada escenario, fue de suma importancia definir la información que se va a mostrar en la aplicación. En el escenario de consulta médica, se incluyó una lista de chequeo establecida por la UDLA, la cual permite al médico recopilar la información necesaria del paciente y con esto realizar un diagnóstico más

acertado de la dolencia del paciente. El incluir algoritmos de soporte cardiovascular avanzado (ACLS) en la aplicación es de gran utilidad ya que ofrecen al médico una guía específica para la ejecución de distintos procedimientos cardiovasculares.

4.2. Recomendaciones.

Ante la falta de familiarización del médico con el dispositivo, se recomienda capacitar de manera precisa al profesional para que se sienta a gusto utilizando el dispositivo y las herramientas que éste ofrece. Implementar en un futuro juegos o actividades que aceleren el proceso de aprendizaje para su correcta utilización. Así mismo, utilizar dispositivos periféricos como auriculares o selector ofrece mayor comodidad al especialista

El realizar una evaluación previa sobre la aplicación de apoyo es decisivo sobre la forma y elementos que deben ser incluidos en la aplicación. Es por esto que la integración de equipos multidisciplinarios es vital, ya que todas las ramas implicadas se complementarían y obtendrían resultados favorables.

Evaluar la relación médico-paciente al momento de utilizar los dispositivos, ya que un aspecto clave dentro de una consulta médica o una situación de emergencia es el proveer al paciente la suficiente confianza y comodidad, por lo que un análisis más profundo de las sensaciones que tiene el paciente es clave.

Así mismo, se recomienda evaluar la calidad de la plataforma de comunicación de videollamadas en escenarios lo más cercanos a la realidad, como fueron los planteados en el Centro de Simulación Clínica, es clave ya que nos permite identificar de mejor manera todas las necesidades y debilidades del sistema planteado; esto es fundamental ya que en situaciones críticas el margen de error aceptable es el mínimo, principalmente porque pueden correr riesgo vidas humanas.

REFERENCIAS

- ACLS. (2018). ACLS Certification. Recuperado el 26 de noviembre de 2018, de <https://www.acls.net/ma-boston.htm>
- Alonso, N. (2014). Servicio de Teleasistencia: retos, cambios y progreso de la atención de las personas mayores en su domicilio. Autor: Recuperado el 26 de noviembre de 2018, de <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/7199>
- American Heart Association. (2015). *Atención Cardiovascular de Emergencia* (1^o Edición). Mesquite, Texas, US: American Heart Association.
- Anton, D., Kurillo, G., Yang, A. Y., & Bajcsy, R. (2017). Augmented Telemedicine Platform for Real-Time Remote Medical Consultation. *Lecture Notes in Computer Science*, 10132, 77–89. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-73603-7>
- Arbona, C. (2007). Realidad virtual y tratamientos psicológicos. *Cuadernos de medicina psicosomática y psiquiatría de enlace C. Med.*, N^o 82(Psicoterapia), 17–31. Recuperado de <http://www.terapiacognitiva.eu/cpc/dwl/VR/Cuad N82 trabajo 2.pdf>
- Arritmias. (s/f). ¿Qué es una taquicardia? - Arritmias.es. Recuperado el 18 de diciembre de 2018, de <http://arritmias.es/que-es-una-taquicardia/>
- Baluart. (2013). ¿Cómo funciona Skype? | Baluart.NET. Recuperado el 30 de enero de 2019, de <http://www.baluart.net/articulo/como-funciona-skype>
- Barlow, J., Singh, D., Bayer, S., & Curry, R. (2007). A systematic review of the benefits of home telecare for frail elderly people and those with long-term conditions. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 13(4), 172–179. <https://doi.org/10.1258/135763307780908058>
- Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K., Rouèche, C., & Olabe, J. C. (2017). Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente.
- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. (2014). Augmented Reality in education - cases, places and potentials. *Educational Media International*, 51(1), 1–15.

<https://doi.org/10.1080/09523987.2014.889400>

- Brustein, J. (2018). Microsoft Wins \$480 Million Army Battlefield Contract - Bloomberg. Recuperado el 18 de diciembre de 2018, de <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-11-28/microsoft-wins-480-million-army-battlefield-contract>
- Burbano, P. (2015). LOS SERVICIOS DE EMERGENCIAS MÉDICAS EN EL ECUADOR: UNA TAREA PENDIENTE, *32*(3), 58–69.
- Dáger, J. (2017). Especialistas, un déficit difícil de cubrir. Recuperado el 1 de junio de 2018, de <https://www.pressreader.com/ecuador/diario-expreso/20171004/282110636813868>
- Fologram. (2015). Learning to use Voice, Gestures and Gaze – Fologram. Recuperado el 17 de diciembre de 2018, de <https://learn.fologram.com/hc/en-us/articles/360000919873-Learning-to-use-Voice-Gestures-and-Gaze>
- Fundación Cardiológica Argentina. (2018). Paro cardíaco - Tu Corazón | Fundación Cardiológica Argentina. Recuperado el 18 de diciembre de 2018, de <http://www.fundacioncardiologica.org/28-Paro-cardiaco.note.aspx>
- Fundación Española del Corazón. (2018). Bradicardia: cuando el corazón late lentamente - Fundación Española del Corazón. Recuperado el 18 de diciembre de 2018, de <https://fundaciondelcorazon.com/corazon-facil/blog-impulso-vital/2256-bradicardia-cuando-el-corazon-late-lentamente.html>
- Goldstone, W. (2009). *Unity game development essentials*. Packt Pub.
- Guttentag, D. A. (2010). Virtual reality: Applications and implications for tourism. *Tourism Management*, *31*(5), 637–651. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2009.07.003>
- Ha, H.-G., & Hong, J. (2016). Augmented Reality in Medicine. *Hanyang Medical Reviews*, 242–247.
- Hachman, M. (2015). Hands-on with Microsoft's HoloLens: The 3D augmented reality future is now | PCWorld. Recuperado el 17 de diciembre de 2018, de <https://www.pcworld.com/article/2873657/hands-on-with->

microsofts-hololens-the-3d-augmented-reality-future-is-now.html

Hoogendoorn, V. (2016). Microsoft HoloLens with Skype inspires to innovate.

Recuperado el 5 de febrero de 2019, de <http://vincenth.net/blog/archive/2016/10/13/microsoft-hololens-with-skype-inspires-to-innovate.aspx>

Instituto Cardiovascular de Buenos Aires. (s/f). Cardioversión Eléctrica - Arritmias

ICBA. Recuperado el 18 de diciembre de 2018, de <https://icba.com.ar/arritmias/cardioversion.html>

Lang, B. (2015). Oculus Rift Creator: "Don't get too hyped on the possibility

of seeing [VR input] at GDC" – Road to VR. Recuperado el 17 de diciembre de 2018, de <https://www.roadtovr.com/oculus-rift-creator-dont-get-hyped-possibility-seeing-vr-input-gdc-2015/>

Microsoft. (2018a). Development overview - Mixed Reality | Microsoft Docs.

Recuperado el 7 de noviembre de 2018, de <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/development-overview>

Microsoft. (2018b). Development overview - Mixed Reality | Microsoft Docs.

Recuperado el 7 de noviembre de 2018, de <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/development-overview>

Microsoft. (2018c). How much bandwidth does Skype need? | Skype Support.

Recuperado el 19 de diciembre de 2018, de <https://support.skype.com/en/faq/FA1417/how-much-bandwidth-does-skype-need>

Microsoft. (2018d). Microsoft HoloLens | The leader in mixed reality technology.

Recuperado el 17 de diciembre de 2018, de <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>

Microsoft. (2018e). Optimizing your network | Microsoft Docs. Recuperado el 19

de diciembre de 2018, de <https://docs.microsoft.com/en-us/skypeforbusiness/optimizing-your-network/optimizing-your-network>

Microsoft. (2018f). Reference topologies for Skype for Business Server |

- Microsoft Docs. Recuperado el 5 de febrero de 2019, de <https://docs.microsoft.com/en-us/skypeforbusiness/plan-your-deployment/topology-basics/reference-topologies#reference-topology-for-a-large-organization>
- Microsoft. (2018g). Use gestures. Recuperado el 17 de diciembre de 2018, de <https://support.microsoft.com/en-ca/help/12644/hololens-use-gestures>
- Microsoft. (2018h). What is mixed reality? - Mixed Reality | Microsoft Docs. Recuperado el 7 de noviembre de 2018, de <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/mixed-reality>
- Miguens, I., Julián-jiménez, A., & Llorens, P. (2016). Comparison of the residency training proposal for emergency medicine and programs in internal medicine , intensive care medicine., (March).
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Manual del Modelo de Atención Integral de Salud - MAIS (2012). Ecuador.
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2015). Tipología para homologar establecimientos de salud por niveles. *Registro Oficial N°428*, 1–18. Recuperado de www.salud.gob.ec
- Mujber, T. S., Szecsi, T., & Hashmi, M. S. J. (2004). Virtual reality applications in manufacturing process simulation. *Journal of Materials Processing Technology*, 155–156(1–3), 1834–1838. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2004.04.401>
- Norris, A. C. (2001). Origins of Telemedicine and Telecare. *ISBNs*, 0, 1–18. <https://doi.org/10.1002/0470846348.ch1>
- OMS. (2013). ESTRATEGIA Y PLAN DE ACCIÓN SOBRE eSALUD. 51º Consejo directivo. 63º Sesión del comité regional, 28(2005).
- Sood, S., Mbarika, V., Jugoo, S., Dookhy, R., Doarn, C. R., Prakash, N., & Merrell, R. C. (2007). What Is Telemedicine? A Collection of 104 Peer-Reviewed Perspectives and Theoretical Underpinnings. *Telemedicine and e-Health*, 13(5), 573–590. <https://doi.org/10.1089/tmj.2006.0073>
- Udla Cienciamedica. (2015). Centro de Simulación Clínica | Ciencia Médica. Recuperado el 17 de diciembre de 2018, de

<http://blogs.udla.edu.ec/cienciamedica/tag/centro-de-simulacion-clinica/>

- UIT. (s/f). TELEPRESENCIA. Recuperado el 16 de abril de 2018, de <https://www.itu.int/itu-news/manager/display.asp?lang=es&year=2008&issue=01&ipage=telepresence&ext=html>
- Unity. (2018). Unity - Manual: XR. Recuperado el 7 de noviembre de 2018, de <https://docs.unity3d.com/Manual/XR.html>
- Vale, M. (2015). Skype for Business : Configuring Quality of Service (QoS) – Mark Vale Consulting Blog. Recuperado el 5 de febrero de 2019, de <https://blog.valeconsulting.co.uk/2015/09/07/skype-for-business-configuring-quality-of-service-qos/>
- Weinstein, R. S., Lopez, A. M., Joseph, B. A., Erps, K. A., Holcomb, M., Barker, G. P., & Krupinski, E. A. (2014). Telemedicine, telehealth, and mobile health applications that work: Opportunities and barriers. *American Journal of Medicine*, 127(3), 183–187. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2013.09.032>
- Weiss, P., Kizony, R., Feintuch, U., & Katz, N. (2006). Virtual reality in neurorehabilitation.
- X Company. (s/f). Glass. Recuperado el 17 de diciembre de 2018, de <https://www.x.company/glass/>
- Ye, J., Zuo, Y., Xie, T., & Wu, M. (2016). A telemedicine wound care model using 4G with smart phones or smart glasses. *Medicine*, 95(31), e4198. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000004198>
- Zhao, D., & Lu, W. (2018). Strategies for the development of telemedicine consultation: Lean management theory perspective. *2018 International Conference on Information Management and Processing, ICIMP 2018, 2018–Janua*, 32–35. <https://doi.org/10.1109/ICIMP1.2018.8325837>
- Zhong, X., Boulanger, P., & Georganas, N.D. (2002). *Collaborative Augmented Reality : A Prototype for Industrial Training*.

