



**DISEÑO DE UN SIMULADOR DE DESMINADO HUMANITARIO PARA LA
CORPORACIÓN DE ALTA TECNOLOGÍA PARA LA DEFENSA.**

ANDRÉS LEONARDO CADENA QUIROGA

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
VILLAVICENCIO, COLOMBIA
2019**

**DISEÑO DE UN SIMULADOR DE DESMINADO HUMANITARIO PARA LA
CORPORACIÓN DE ALTA TECNOLOGÍA PARA LA DEFENSA.**

ANDRÉS LEONARDO CADENA QUIROGA

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Electrónico**

Director

Sebastián Puente Reyes

**Ingeniero electrónico con maestría en Ingeniería de Telecomunicación
Docente de Planta, programa de Ingeniería Electrónica**

Codirector

Carlos Arturo Gómez Jiménez

Ingeniero Electrónico

Jefe Departamento Investigación y Desarrollo

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
VILLAVICENCIO, COLOMBIA**

2019

Nota de Aceptación:

Ing. Luis Alfredo Rodríguez

Jurado

Ing. Sebastián Puente

Director

Ciudad y fecha

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo le doy gracias a Dios por permitirme cumplir este sueño, le doy gracias a mi familia por apoyarme en todo momento y durante toda mi carrera, quiero dedicarles este libro y este triunfo a mis padres, a mis hermanos y a mis sobrinos.

Le doy gracias también a todos los docentes e ingenieros que me ayudaron a formar mi vida profesional, agradezco a la universidad de los llanos por abrir sus puertas a mis necesidades de aprender, también quiero agradecer a mi novia y a mis amigos que me apoyaron gran parte en este proceso, me gustaría agradecer especialmente a la Corporación de Alta Tecnología para la Defensa (CODALTEC) por permitirme ser parte de ella durante el tiempo de ejecución este gran proyecto.

Quiere agradecer también al equipo de ingenieros de la oficina de Investigación y Desarrollo de la Corporación de Alta Tecnología para la Defensa, por compartir sus conocimientos conmigo y así poder dar por finalizado este proyecto del simulador de desminado humanitario.

CONTENIDO

CLÁUSULA DE CONFIDENCIALIDAD	12
RESUMEN Y PALABRAS CLAVE	13
INTRODUCCIÓN	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2. OBJETIVOS.....	16
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.3. JUSTIFICACIÓN	17
2. MARCO DE REFERENCIA	19
2.1. ESTADO DEL ARTE.....	19
2.2. MARCO TEÓRICO	33
2.2.1 GAFAS DE REALIDAD VIRTUAL.....	33
2.2.2. MOTOR GRÁFICO PARA VIDEOS JUEGOS Y SIMULACIÓN	35
2.2.2.1 UNREAL ENGINE 4	35
2.2.2.2 UNITY 3D	35
3. METODOLOGÍA.....	36
4. DISEÑO DEL SIMULADOR.....	38
4.1. DISEÑO DEL SOFTWARE PARA LA ESTACIÓN DEL ESTUDIANTE ...	40
4.1.1. DISEÑO Y CREACIÓN DE ESCENARIOS.....	42
4.1.1.1. MODELADO MANUAL A TRAVÉS DEL TERRAIN ENGINE	42
4.1.1.2. DISEÑO MEDIANTE HEIGHTMAP	47
4.1.1.3. DISEÑO MEDIANTE LIBRERÍA GAIA	49
4.1.2. DISEÑO DE SENDEROS EN LOS ESCENARIOS.....	53
4.1.3. DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DE LA MINA ANTIPERSONAL	54
4.1.4. DISEÑO DE DIFICULTAD.....	62
4.1.5. DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DEL DETECTOR DE METALES....	64
3.1.5.1 FUNCIONAMIENTO Y LÓGICA DEL DETECTOR VIRTUAL VHM3CS	72

4.1.6.	CREACIÓN DE SEÑALIZACIÓN Y ELEMENTOS DE MARCACIÓN DEL TERRENO	74
4.1.7.	MARCACIÓN DEL SUELO	79
4.1.8.	INTERACCIÓN DE FÍSICAS DENTRO DEL SOFTWARE DE SIMULACIÓN	81
4.2.	DISEÑO DE ESTACIÓN DEL INSTRUCTOR	83
4.2.1.	DISEÑO DEL SOFTWARE PARA LA ESTACIÓN DEL INSTRUCTOR 83	
4.3.	DISEÑO DEL SOFTWARE DE COMUNICACIÓN	90
4.4.	EVALUACIÓN DEL EJERCICIO	91
4.5.	CONFIGURACIÓN DE INICIO	92
4.5.1.	POSICIÓN INICIAL DE LAS MINAS	95
4.6.	INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA	99
4.6.1.	DISEÑO DEL HARDWARE DEL SIMULADOR	99
4.6.2.	DISTRIBUCIÓN DEL HARDWARE DE SIMULACIÓN.....	106
5.	RESULTADOS OBTENIDOS	107
6.	CONCLUSIONES.....	109
7.	RECOMENDACIONES.....	111
8.	REFERENCIAS	112
9.	ANEXOS	115

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Pasos para realizar el Desminado con Mine Kafon Drone.	19
Ilustración 2: Foto Simulador de Chile.....	20
Ilustración 3: Desminador Manual.....	20
Ilustración 4: Secuencia del procedimiento de desminado Manual.....	23
Ilustración 5: Señales de peligro.....	25
Ilustración 6: Cinta de peligro.....	25
Ilustración 7: Estacas y cinta de peligro.....	29
Ilustración 8: vara de avance.....	30
Ilustración 9 Puntos más críticos por zonas minadas.....	30
Ilustración 10 Zonas con reporte de actividad.....	31
Ilustración 11 Desminado militar en operaciones 2018.....	32
Ilustración 12 Diagramas del Simulador.....	40
Ilustración 13 Lógica de la estación del estudiante.....	41
Ilustración 14 Configuraciones del terreno - forma manual.....	43
Ilustración 15 Pantalla principal de la página web textures.com.....	44
Ilustración 16 Escenario Manaure.....	45
Ilustración 17 Escenario Santiago.....	46
Ilustración 18 captura de pantalla de la página web de Tangram Heightmapper..	47
Ilustración 19 Captura de pantalla de la página web Terrain.party ubicando el municipio de Santiago, norte de Santander.....	48
Ilustración 20 heightmaps.....	49
Ilustración 21 Librería Gaia Unity Asset Store.....	50
Ilustración 22 Escenario Finca - Vista zona de operación.....	50
Ilustración 23 Escenario Finca - Vista Superior.....	51
Ilustración 24 Escenario Vista total del mapa Finca.....	51
Ilustración 25 Construcción del escenario Finca.....	52
Ilustración 26 Escenario Chaparral - Vista zona de operación.....	52
Ilustración 27 Construcción Escenario Chaparral.....	53
Ilustración 28 Diseño de Senda.....	54
Ilustración 29 Componentes de la Mina.....	54
Ilustración 30 Vista visual de componentes de la mina.....	55
Ilustración 31 Configuración del Sphere Collider de la Mina.....	55
Ilustración 32 Configuración del RigidBody de la Mina.....	56
Ilustración 33 Configuración del Audio Source de la Mina.....	56
Ilustración 34 3D Sound Settings de la Mina.....	57
Ilustración 35 Diseño de la Mina.....	57
Ilustración 36 Detonator Explosion Unity Asset Store.....	58

Ilustración 37 Componentes del Detonador	58
Ilustración 38 Visualización de la Explosión de la Mina	59
Ilustración 39 Configuración del Script de Activación	60
Ilustración 40 Lógica del código de activación	60
Ilustración 41 Lógica del código de desactivación	61
Ilustración 42 Diseño de la dificultad	62
Ilustración 43 Dificultad escenario chaparral	62
Ilustración 44 Dificultad en el escenario de la finca	63
Ilustración 45 Dificultad del escenario de Santiago	63
Ilustración 46 Dificultad del escenario de Manaure	63
Ilustración 47 Configuración de alarmas	64
Ilustración 48 Dimensiones del Detector Vallon VHM3CS.....	65
Ilustración 49 Diseño del detector de metales 3Ds Max	66
Ilustración 50 Modelo en 3Ds Max del detector vallon VHM3CS	66
Ilustración 51 Diseño de la bobina del detector de metales VHM3CS	66
Ilustración 52 Modelo 3D del detector de metales VHM3CS	67
Ilustración 53 Vista lateral modelo 3D del detector de metales VHM3CS.....	67
Ilustración 54 Modelo 3D panel de control del detector de metales VHM3CS	68
Ilustración 55 Materiales del detector de metales -superior.....	68
Ilustración 56 Configuración del material para el detector de metales – superior .	69
Ilustración 57 Aplicación del material superior.....	69
Ilustración 58 Detalles del texturizado	69
Ilustración 59 Materiales para el detector de metales – inferior.....	70
Ilustración 60 Resultado final de la aplicación de la textura	70
Ilustración 61 Bobina del detector	71
Ilustración 62 Panel de control del detector de metales VHM3CS.....	71
Ilustración 63 Funcionamiento del detector	71
Ilustración 64 Prueba de operación del detector	72
Ilustración 65 Configuración de los scripts del detector de metales y el on -off de los leds.....	72
Ilustración 66 Lógica del detector de metales	73
Ilustración 67 On - Off de los Led's	74
Ilustración 68 Señalización en forma de triangulo	75
Ilustración 69 Señalización en forma de circulo.....	75
Ilustración 70 Señalización en Forma de cuadrado	76
Ilustración 71 Señalización de área de detección.....	76
Ilustración 72 Señalización de comprobación de detectores	76
Ilustración 73 Señalización área peligrosa	77
Ilustración 74 Señalización de prohibido el paso	77
Ilustración 75 Cinta de peligro	78
Ilustración 76 Estacas	78

Ilustración 77 Modulo 3d detector de metales	79
Ilustración 78 Modelo spray	79
Ilustración 79 Asset de Ink Painter en Unity Asset Store.....	80
Ilustración 80 Plano de pintura.....	80
Ilustración 81 Funcionamiento del Spray	80
Ilustración 82 Configuración de físicas.....	81
Ilustración 83 Configuración de la interacción entre objetos.....	82
Ilustración 84 Diagrama de interacción	82
Ilustración 85 Diseño del software del instructor	83
Ilustración 86 Botón de Ventana Mapas.....	84
Ilustración 87 Ventana de selección de escenarios.....	84
Ilustración 88 Ventana de selección de escenarios - clic Manaure.....	85
Ilustración 89 Ventana de selección de escenarios - clic Santiago.....	85
Ilustración 90 Ventana de selección de escenarios - clic Chaparral	85
Ilustración 91 Ventana de selección de escenarios - clic Finca.....	86
Ilustración 92 Ventana Principal Instructor después de selección del escenario ..	86
Ilustración 93 Selección de Minas - Ventana del instructor	87
Ilustración 94 Selección de la posición de las minas.....	87
Ilustración 95 Ventana de posición de las minas.....	88
Ilustración 96 Ejemplo de posiciones de las minas	88
Ilustración 97 Icono de posición cambia de color	89
Ilustración 98 Nivel de dificultad - Ventana instructor	89
Ilustración 99 Botón de inicio de simulación	90
Ilustración 100 Comunicación de Sockets.....	90
Ilustración 101 Diagrama de bloques para la comunicación del hardware del detector.....	91
Ilustración 102 Misión fallida	91
Ilustración 103 Misión cumplida	92
Ilustración 104 Lógica de la configuración inicial parte 1	93
Ilustración 105 Lógica de la configuración inicial parte 2.....	94
Ilustración 106 Lógica de la configuración inicial parte 3.....	94
Ilustración 107 Lógica de la posición de las minas parte 1	95
Ilustración 108 Lógica de la posición de las minas parte 2.....	96
Ilustración 109 Lógica de la posición de las minas parte 3.....	96
Ilustración 110 Lógica de la posición de las minas parte 4.....	97
Ilustración 111 Lógica de la posición de las minas parte 5.....	97
Ilustración 112 Lógica de la posición de la mina, altura eje y	98
Ilustración 113 Comunicación del hardware del detector	101
Ilustración 114 Diseño del hardware del detector	102
Ilustración 115 Diseño del PCB de comunicación, visualización Top layer y Board Planning Mode	102

Ilustración 116 Diseño de la PCB de comunicación - Visual 3D y plantilla para imprimir	103
Ilustración 117 Simulación Regulador 5V	103
Ilustración 118 Diseño esquemático potencia	104
Ilustración 119 Circuito Pcb con conexiones	104
Ilustración 120 Diseño Pcb Circuito de potencia	105
Ilustración 121 Área del Simulador.....	106
Ilustración 122 Distribución de estaciones y hardware de simulación	106

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Distancias de Seguridad para el despeje	28
Tabla 2 comparación de características de gafas de realidad virtual .	34
Tabla 3 Diseño del hardware del simulador	99
Tabla 4 Elementos del hardware del simulador.....	100

CLÁUSULA DE CONFIDENCIALIDAD

Debido a lineamientos de protección de propiedad intelectual, la Corporación de Alta Tecnología para la Defensa se guarda el derecho de reservar los secretos corporativos detrás de este proyecto. Para garantizar la discreción de la información relevante a los proyectos de la Corporación se realizó un acuerdo de confidencialidad, al final del presente libro se anexa una copia del formato en donde se explican todos los términos y condiciones de la cláusula.

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

El presente documento contiene el informe final para el trabajo de grado en modalidad de pasantías en el Departamento de Investigación y Desarrollo (I+D) de la Corporación de Alta Tecnología para la Defensa (CODALTEC), el cual propone el Diseño de un Simulador de Desminado Humanitario Manual.

El sistema se enfoca en simular la segunda fase del desminado humanitario que consiste en la investigación en profundidad en un área peligrosa, mediante intervención física invasiva con uso del detector de metales. El diseño contiene un área de entrenamiento y una estación del instructor que facilitará el aprendizaje de los estudiantes de una forma didáctica usando realidad virtual que permite al estudiante tener una visualización inmersiva de los diferentes escenarios operativos y poder adquirir de forma fácil y segura los conocimientos necesarios para la ejecución de la labor de desminado humanitario.

El sistema se compone de los siguientes componentes: software de simulación, diseño del hardware de simulación y diseño de la estación de instructor

Este proyecto se desarrolló durante siete [7] meses empleando la metodología definida por el Departamento de Investigación y Desarrollo de CODALTEC, la cual permitió estructurar el proyecto en las siguientes fases (Análisis de requerimientos, diseño de hardware, diseño de software y documentación).

Con la finalización del proyecto se obtuvo como resultado el software de simulación, diseño del simulador de desminado manual, un documento de diseño de diagramas de conexión, manual de usuario, esquemas de circuito electrónico y planos del simulador.

Palabras clave: *simulador, hardware, software, tecnológica, diseño, desminado, manual, inmersión, desminado humanitario, socket, Asset.*

INTRODUCCIÓN

La Corporación de Alta Tecnología para la Defensa (CODALTEC) es una empresa del Ministerio de Defensa dedicada a la investigación, desarrollo tecnológico e innovación en materia de modelado, simulación, gestión tecnológica, sensores y radares.

El análisis de requerimientos permitió la recopilación de la información del procedimiento paso a paso del desminado manual además de la selección del software y el hardware de simulación que se ajustaran a los requerimientos tanto de la Corporación de Alta Tecnología para la Defensa como del procedimiento de desminado manual, además se destaca el diseño del software al tomar como referencia los documentos de: ***Estándares Nacionales de desminado humanitario y Estudio Técnico del Programa Presidencial para la Acción Integral contra Minas Antipersona.***

Como resultado de este desarrollo se obtuvo una herramienta capaz de transmitir los conocimientos necesarios para el uso del detector que a su vez desarrolla la capacidad de localizar un elemento potencialmente peligroso en un área no segura para proceder con la marcación y referencia del lugar.

El diseño del simulador contiene una estación del estudiante que permite una visión inmersiva de 360° con cuatro escenarios distintos en condiciones geográficas diferentes, tomando como referencia cuatro municipios que actualmente se encuentran en proceso de desminado, además cuenta con la estación del instructor en donde se realiza la configuración del ejercicio y puesta en marcha del simulador.

En Colombia existen diez organizaciones que realizan operaciones de desminado humanitario las cuales pueden verse beneficiadas con la adquisición del simulador de desminado humanitario, que permitirán capacitar a su personal de una forma práctica y rápida en un espacio pequeño y móvil.

Para el desarrollo del proyecto fue indispensable aprender lenguajes de programación como C Sharp (C#) y XAML, además de adquirir conocimientos en Unity como software de simulación, Visual Studio para la creación de interfaz del instructor y comunicación mediante la utilización de Sockets.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Corporación de Alta Tecnología para la Defensa en busca de la manera de ampliar su portafolio tecnológico y generar más investigación le apuesta a la innovación e implementación del diseño de un simulador de desminado humanitario viendo la necesidad de capacitación al personal de desminado humanitario de una manera fácil, didáctica y segura. Aportando así al mismo tiempo al buen desarrollo del posconflicto del país y generando las herramientas necesarias para la protección de la integridad física de las personas que viven en zonas rurales del país. Por este motivo generó la siguiente pregunta:

¿Cómo debe ser el simulador de desminado manual para que cumpla con su función de transmitir los conocimientos necesarios para la segunda fase del desminado Humanitario?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un simulador de desminado manual enfocado en la segunda fase del desminado humanitario que consiste en la investigación en profundidad en un área peligrosa, mediante intervención física invasiva para el entrenamiento del personal encargado para ampliar el portafolio de productos de la Corporación de Alta Tecnología para la Defensa.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.2.2.1. Identificar los procedimientos que se aplican en los estándares nacionales de desminado humanitario.

- 1.2.2.2. Diseñar cuatro escenarios operacionales que permitan tener condiciones reales en el desarrollo de las operaciones del desminado manual.
- 1.2.2.3. Plantear como mínimo seis ejercicios que permitan una fácil transferencia de conocimiento en los procedimientos del desminado manual mediante el uso del detector de metales
- 1.2.2.4. Seleccionar el sistema de captura de movimiento y visualización que permita la implementación del simulador de desminado humanitario.
- 1.2.2.5. Diseñar el hardware que requiere la implementación del simulador de desminado manual humanitario.
- 1.2.2.6. Diseñar el software de la estación del instructor para el simulador de desminado humanitario.
- 1.2.2.7. Diseñar el sistema de evaluación del ejercicio al finalizar la simulación.
- 1.2.2.8. Diseñar el software de la estación del estudiante para el simulador de desminado humanitario.
- 1.2.2.9. Documentar cada una de las etapas del desarrollo del proyecto.
- 1.2.2.10. Elaborar un manual de usuario y manual técnico que explique cada uno de los elementos que involucra el sistema de simulación de desminado humanitario.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La Universidad de los Llanos forma integralmente ciudadanos, profesionales y científicos comprometidos con la solución de problemáticas de la región y del país.

La iniciativa de generar herramientas que aporten a la construcción de la paz en el territorio colombiano es una gran apuesta del ente educativo por encontrarse ubicado en una de las zonas más afectadas por el conflicto armado.

Desde el programa de Ingeniería Electrónica se fortalece las iniciativas que aportan a la construcción de herramientas tecnológicas que apoyen el buen desarrollo del posconflicto y así generar crecimiento tecnológico en la región.

El temor en las zonas rurales por el abandono de municiones sin explotar y mina antipersonal genera uno de los grandes miedos para el campesino colombiano, minimizando la producción en sus predios potencialmente cultivables, generando un impacto económico notable en la región afectada; También es la causa de desplazamiento de personas de sus tierras y el no retorno por temor de presencia de estos artefactos.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. ESTADO DEL ARTE

En la actualidad el desarrollo de las actividades de desminado humanitario en el mundo se realiza a través de diferentes métodos para desminar el territorio en las zonas afectadas por el conflicto. Las técnicas utilizadas en Colombia tienen que ver con el uso de maquinaria mecánica, método canino y el método manual[1].

Aunque no podemos dejar a un lado el uso de la tecnología para desarrollar con éxito esta actividad que ofrece más seguridad para el Desminador. Existen casos de éxito con el uso de tecnología para desminar los territorios afectados en el mundo, como por el ejemplo Mine Kafon Drone Creado por *Massoud Hassani*, es un Dron diseñado para el desminado de territorios que su programación está enfocada en tres tareas principales las cuales son: El Mapeo del territorio en 3D para identificar el área peligrosa; La detección que consta de recorrido por la zona identificada a una distancia de 4cm sobre el suelo donde cada mina es detectada y geo etiquetada por el sistema para luego construir un nuevo mapa con la ubicación exacta de cada mina encontrada y posterior realizar la tercer tarea destinada a la destrucción que se realiza por medio de un brazo de agarre robótico que permite la colocación de un pequeño detonador a control remoto que procede a la destrucción del artefacto a una distancia segura.[2]

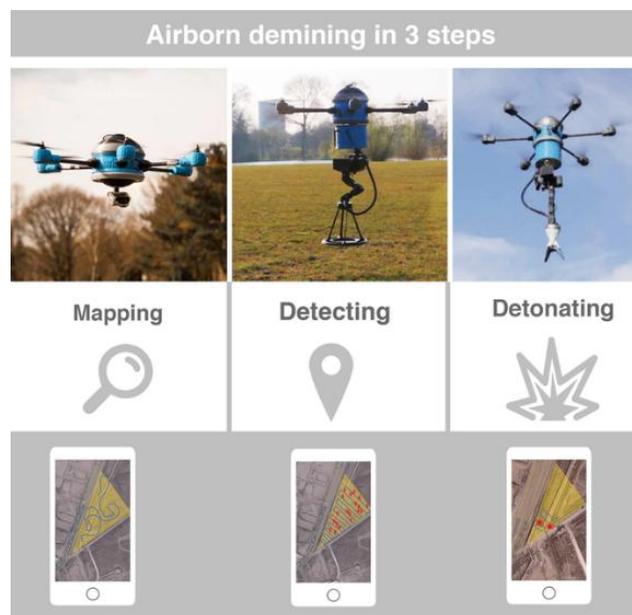


Ilustración 1: Pasos para realizar el Desminado con Mine Kafon Drone.
Fuente:[2]

La tecnología ha estado enfocada al mejoramiento de las condiciones de seguridad integral para el desminador, sin dejar a un lado la importancia de la capacitación del personal de desminado manual.

En Chile existe el primero simulador de desminado manual en el mundo que busca mejorar la instrucción, capacitación y certificación del personal a través de sensores que se encuentran dentro de réplicas de minas antipersonas esparcidas en canchas de 400 a 600 metros cuadrados que permitirá procesar y transmitir datos para obtener la velocidad del desminado, la altura, ángulo y presión ejercida por las sondas, y así recopilar la información necesaria para fortalecer las actividades y mejorar la eficiencia del personal para el desminado humanitario.[3]



*Ilustración 2: Foto Simulador de Chile
Fuente: [3]*

Para realizar el diseño del simulador de desminado humanitario se debe tener en cuenta que el desminado manual es desarrollado por un personal altamente calificado y consta de los siguientes pasos: (Ilustración 4)



*Ilustración 3: Desminador Manual
Fuente: Autor, 2019*

- **Análisis y evaluación del riesgo para determinar el método a emplear**

La organización de desminado humanitario deberá determina el área y método de intervención (detección o excavación), también evaluara los factores como el nivel de información, niveles de contaminación metálica del suelo y factores de interferencia magnética etc.[5]

- **Inspección visual y localización de alambres de tropiezo.**

En este paso los desminadores realizan una inspección visual buscando reconocer componente de artefactos explosivos o alambres de tropiezo.[5]

- **Remoción de vegetación, maleza y capote, cuando sea necesario.**

La organización de desminado humanitario deberá establecer la forma de llevar acabo la remoción, contemplando el control de vegetación pesada y previniendo que el desminador adopte posiciones en donde pueda perder el equilibrio. Todo esto para evitar interferencia de vegetación con el uso del detector de metales. [5]

- **Investigación del terreno**

- *Mediante el uso de detectores de metales:* Se debe realizar mínimo dos barridos que permitan garantizar la seguridad dentro de la senda revisada. Además de incluir traslapes mínimos hacia adelante y hacia los lados de la senda. El avance de una senda de despeje no podrá ser mayor a 40cm y solo podrá hacerse en terreno en el que ya se han completado los 2 barrido.[5]
- *Mediante la excavación total:* En la totalidad del terreno en la que no se puede realizar el trabajo con el uso de detector de metales, el desminador deberá remover los primeros 13 cm del suelo desde la superficie, definiendo métodos de excavación que garanticen que siempre se realice una aproximación lateral down-top (de abajo hacia arriba) para evitar al máximo el riesgo de ejercer fuerza sobre mecanismos de activación por presión.[5]
- *Sondeo:* Consiste en la utilización de sonda que son insertadas en el terreno buscando identificar elementos que pueden estar enterrados bajo la superficie. En ningún caso la introducción de una sonda puede

hacerse en un ángulo mayor de 45° y realizarse al menos 3 veces a lo ancho de la senda.[5]

- **Marcación de avance durante las operaciones**

Se deberá establecer estacas de acuerdo con el estándar nacional de señalización, marcación y organización de los sitios de trabajo. En todo caso las sendas en las que trabajan los operadores deberán estar claramente delimitadas permitiendo mantener en todo momento la diferenciación de áreas seguras entre las que aún no han sido intervenidas.[5]

- **Aislamiento, marcación e investigación de señales**

La organización de desminado humanitario deberá indicar el mecanismo para realizar su aislamiento, indicando de manera aproximada los límites de la señal e incluir la identificación y marcación del límite inferior de la señal, de tal manera que este sirva al Desminador como indicación de aproximación para extremar las medidas de seguridad.

La investigación y aproximación a las señales se realiza mediante una excavación que deberá tener una profundidad mínima de 13cm y un ancho mínimo de 20cm. El inicio de la excavación no podrá realizarse a una distancia menor de 15cm desde el límite inferior de la señal identificada.

En el momento en que el Desminador identifique un artefacto explosivo o indicios del mismo, deberá detenerse e informar al responsable de la unidad el hallazgo.[5]

- **Destrucción de artefactos**

Las organizaciones de desminado humanitario deberán establecer los responsables, tiempos y acciones que serán realizadas para garantizar la destrucción de los artefactos explosivos encontrados durante las operaciones y determinar la manera en la que se hará el registro de la misma. [5]

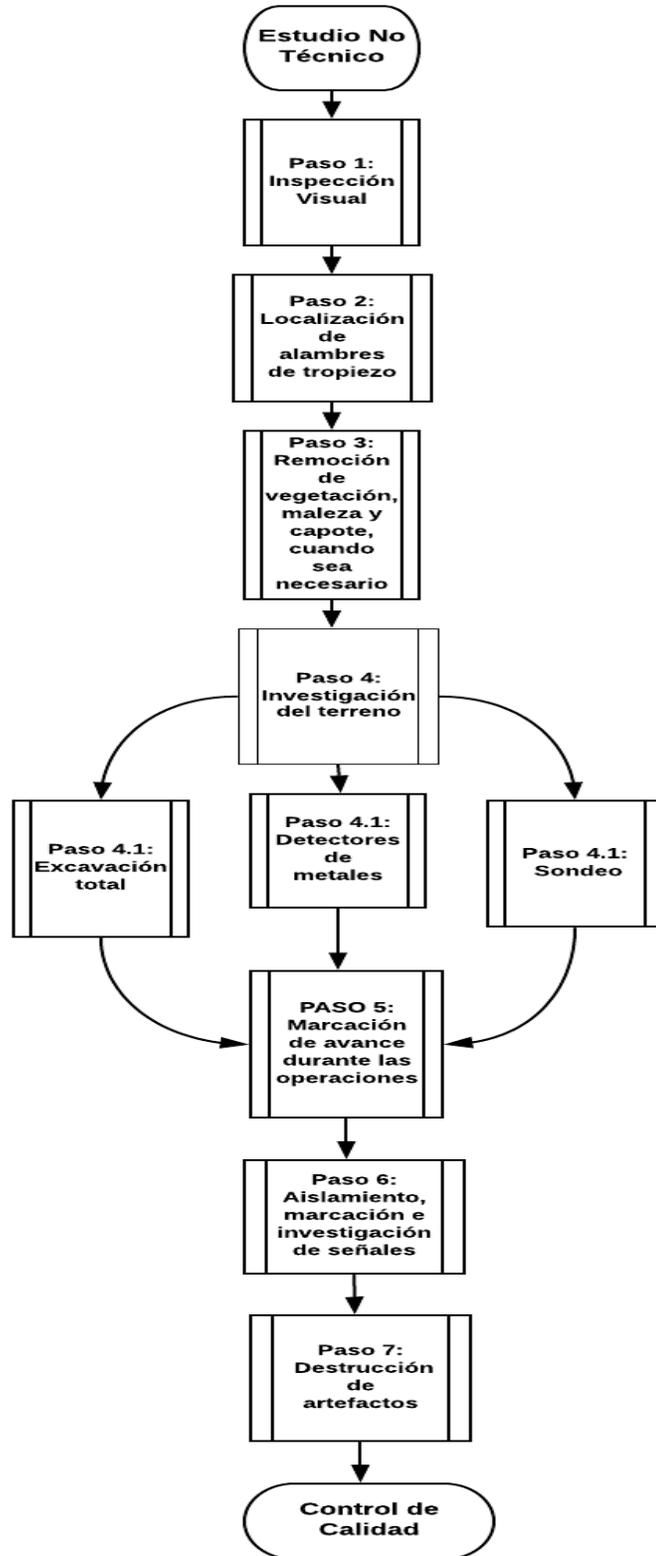


Ilustración 4: Secuencia del procedimiento de desminado Manual
Fuente: Autor, 2019

Las Organizaciones de Desminado Humanitario pueden realizar el despliegue de su personal de tres formas diferentes las cuales son:

...”Un Hombre/Una Senda: existe un solo Desminador de manera simultánea en una senda de trabajo de 1 metro y se hará responsable de manera exclusiva sobre ella. podrá tenerse bajo este método tantos desminadores como la ODH (organización de desminado humanitario) considere necesarios siempre y cuando se mantengan las mínimas distancias de seguridad definidas para el área.

***Dos Hombres/una Senda:** La ODH podrá asignar a la misma senda dos desminadores que de manera alternada toman turnos de trabajo para avanzar. Este método es recomendado en lugares de trabajo muy pequeños donde no es posible tener más de un Desminador a la vez. Esta forma de despliegue requiere que la ODH determine de manera específica el proceso de gestión de calidad interno y de información para poder individualizar la responsabilidad de los hallazgos y los resultados.*

***Lineal:** De manera paralela a la zona segura, se realiza el proceso de la técnica de despeje manual respetando la distancia de seguridad. En este método la ODH puede desplegar diferentes personas para la realización de diferentes etapas del proceso o permitir su avance. Todas las actividades deberán ser desarrolladas a 1 metro máximo de profundidad desde la línea segura.”...[5]*

La organización de desminado humanitario define en todos los casos el tipo de despliegue que se utiliza a partir de las características geográficas de las zonas afectadas.

También es importante conocer el tipo de señalización utilizada para demarcar y dar información importante dentro y fuera de la zona demarcada por el estudio no técnico, en tramos largos de recorrido de polígono la organización de desminado humanitario deberá instalar una señal cada 30 metros teniendo en cuenta lo necesario para reducir la confusión entre la población sobre la ubicación del área[6].

La organización de desminado humanitario puede utilizar dos tipos de señalización, las cuales son señales de peligro (ilustración 5) y cinta de peligro (ilustración 6), teniendo la facultad de escoger la mejor forma de señalización de acuerdo a las necesidades.



*Ilustración 5: Señales de peligro
Fuente [6]*



*Ilustración 6: Cinta de peligro
Fuente [6]*

La organización de desminado humanitario deberá definir y demarcar áreas para la organización del sitio de trabajo durante el despeje, estas áreas estarán demarcadas y delimitadas con carriles, sendas, puntos y línea dentro de cada sitio para diferenciar las zonas seguras de las zonas no seguras. Teniendo en cuenta la marcación de los carriles de movimiento del personal hasta las zonas no seguras. Estos sitios deberán tener claramente un letrero informativo que identifique el nombre el área [6]

A continuación, se definen los sitios mínimos que deben establecerse en una zona de trabajo.

- **Área Administrativa:** Área definida para labores administrativas y recibir a los visitantes. Debe estar en una distancia mínima de seguridad para el personal que no cuenta con equipo de protección personal.[6]
- **Área de Parqueo:** Área definida para dar cabida al estacionamiento de los vehículos de emergencia y de evacuación de las organizaciones de desminado humanitario. Debe estar a una distancia mínima de seguridad para el personal que se encuentra sin equipo de protección personal (esta área solo se puede implementar si las condiciones del terreno lo permite).[6]

- **Punto de Recolección de Residuos Sólidos:** El sitio de trabajo debe contar con un espacio para la recolección de basura de una forma ordenada para dar cumplimiento al estándar de gestión ambiental. [6]
- **Área de Revisión de Equipo Mecánico:** Esta área deberá estar adyacente al área intervenida, tiene como propósito disponer de un espacio para la revisión de la maquinaria mecánica que se tenga en las zonas de despeje una vez finalicen su trabajo para poder evaluar y mantener su estructura en buenas condiciones, debe tener en cuenta que se puede encontrar componentes de artefactos explosivos incrustados en ella. [6]
- **Puesto de Primeros Auxilios:** El sitio deberá estar marcado por estacas, letreros y una bandera que contenga una cruz verde. Esta área deberá estar cercana al área de Trabajo de los desminadores.[6]
- **Depósito de Explosivos y Depósito de Detonadores:** Esta área debe estar como mínimo a 100 metros de distancia de cualquier otra área. La organización de desminado humanitario tiene la potestad de cambiar la distancia de acuerdo a los requerimientos y cantidad de material explosivo almacenado además debe tener en cuenta el Estándar Nacional de Disposición de Artefactos Explosivos.[6]
- **Áreas de Descanso:** Esta área debe contar con una zona segura para que el personal presente en la zona de trabajo pueda tomar periodos de descanso y proporcione un área de preparación y almacenamiento de los equipos necesarios para el proceso de desminado. Esta zona debe estar seca y proporcionar sombra, Además deben existir zonas de descanso cercana al área intervenida. [6]
- **Fosa para la Recolección de Desechos Metálicos:** Las organizaciones de desminado humanitario encargada en la zona tendrá que definir la dimensión de la fosa. En la fosa se almacenará los elementos metálicos encontrados en el área de trabajo. Los desechos metálicos deberán ser removidos y trasladados a un área para la correcta disposición final de acuerdo con el estándar nacional de gestión medioambiental. [6]
- **Puntos de Control:** Debe estar ubicada en los caminos de acceso a las zonas peligrosas a una distancia mínima de seguridad, son zonas que pueden estar incluidas de acuerdo al plan de operaciones deberán contar con comunicaciones con el líder del sitio. [6]

- **Carriles o Corredores de Seguridad y Acceso:** estas áreas tienen como mínimo 2 metros de ancho y deben estar claramente señalizadas, además deben contar con un corredor de seguridad alrededor de polígono. [6]
- **Área o Zona para la Compensación y Comprobación de los Detectores:** la zona de compensación debe tener como mínimo un cuadro de 1x1 metro libre de materiales metálicos. El área de comprobación de detectores debe tener las mismas dimensiones a la de compensación, pero debe incluir la mínima cantidad de metal de acuerdo al manual de usuario del detector a una distancia de profundidad que es definida por el manual. Las organizaciones de desminado humanitario puede contar con el número de áreas de compensación y comprobación necesarias de acuerdo a las necesidades.[6]
- **Helipuerto / Helipunto / punto de extracción aclarar definiciones:** Estas zonas deben estar a una distancia mínima de 200 metros de casas habitadas y de infraestructura que acepten el aterrizaje de una aeronave, también debe estar contar con la señalización necesaria para el momento de requerir o adelantar una operación aérea de evacuación medica de acuerdo con el estándar nacional de apoyo médico. El tamaño de la zona estará demarcado de acuerdo a las dimensiones de la aeronave y someterse a los requisitos adicionales que soliciten. Se debe evitar también causar movimientos de vegetación o terreno del área peligrosa. [6]
- **Zonas Sanitarias:** se debe contar con una zona para al menos una letrina para uso personal o de visitantes. Su ubicación deberá estar sujeta a las distancias mínimas de seguridad para personal sin protección personal de artefactos explosivos.[6]
- **Área de vegetación:** Esta área debe estar en zonas seguras para poder apilar la vegetación cuando las condiciones así lo requieran. Estas zonas pueden permanecer incluso después de la intervención.[6]

Las distancias mínimas de seguridad del desminado humanitario estarán establecidas en la siguiente tabla.

Tipo de Operación	TIPO DE AMENAZA	Riesgo Normal	Riesgo Aumentado
1 Despeje Manual /Despeje Canino	Entre desminadores/guías caninos trabajando en un área donde se sospecha que contienen minas con ondas expansiva hasta 200 gramos de explosivo	10m	15m
2 Despeje Manual /Despeje Canino	Entre desminadores/guías caninos trabajando en un área donde se sospecha que contienen minas con ondas explosivas y con más de 200 gramos de explosivo	15m	20m
3 Despeje Manual /Despeje Canino	Entre desminadores/guías caninos trabajando en un área donde se sospecha que contienen minas con fragmentación ligera.	20m	25m
4 Despeje Manual /Despeje Canino	Entre desminadores/guías caninos trabajando en un área donde se sospecha que contienen minas con fragmentación pesada o direccional	25m	30m
5 Todas	Entre el depósito de explosivos y el área de trabajo y el área administrativa y depósito de detonadores e iniciadores.	100m	
6 Todas	Entre el personal sin EPP y la línea base más cercana mientras se adelanten operaciones.	50m	Definido por ODH

Tabla 1: Distancias de Seguridad para el despeje
Fuente: [6]

Las Organizaciones de Desminado Humanitario deberán instalar señales preventivas de información y de prohibición, además de identificar necesidades adicionales de señalización con el fin de proporcionar la mayor información a las personas, estas señales deben tener las siguientes características:

“Señales de información: Las organizaciones de Desminado Humanitario deberán instalar letreros de 1 metro por 30 centímetros, como mínimo con la leyenda: **ÁREA PELIGROSA-DESMINADO EN CURSO-ACCESO RESTRINGIDO.**

Señales de Prohibición: Las Organizaciones de Desminado Humanitario deberán instalar letreros con la leyenda PROHIBIDO EL PASO SIN EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL indicando el límite en el cual no es posible seguir avanzando sin que las operaciones se hayan detenido o sin que la persona que se aproxima cuente con equipos de protección personal.

Señales de Prevención: En los trayectos del polígono que no están siendo intervenidos, deberá mantenerse la utilización de señales de alerta

Señales de Emergencia: Las Organizaciones deberán usar señales para la identificación de rutas de evacuación, posicionamiento de extintores, botiquines de primeros auxilios en zonas de campamento, etc ”[6]

La marcación se hace de dos maneras la primera es colocar marcas de advertencia para delimitar claramente las áreas peligrosas de las áreas seguras y

la segunda es colocar las marcas de advertencia o información para delimitar los espacios dentro de los sitios de trabajo en los que se adelantan actividades de apoyo a las operaciones[6]

La utilización de cinta y estacas son requerimientos mínimos en las áreas peligrosas durante el despeje, para delimitar el polígono dependiendo del terreno se podrá utilizar piedras pintadas de rojo cuyo tamaño permita la identificación clara del área peligrosa.



*Ilustración 7: Estacas y cinta de peligro
Fuente: [6]*

Las **Estacas Rojas** delimitan el área segura del área peligrosa confirmada, también se usan para los puntos de giro y los puntos de intermedios, están separadas una de otra cada metro.

Las **Estacas blancas** indican las áreas seguras que no limitan con áreas peligrosas confirmadas, están separadas una de otra a una distancia menor o igual a 5 metros y deben sobresalir 150cm del suelo y la parte superior debe estar pintada unos 30cm.

Las **Estacas Amarillas** indican que en ese lugar se ubicó y destruyó un artefacto explosivo deben sobresalir 150cm del suelo y la parte superior debe estar pintada unos 30cm.

Las **Estacas Azules** indican el inicio y final del trabajo del día.

Las **Estacas verdes** indican el control de calidad del área despejada

Para definir el límite entre el área despejada y el área sin despejar se utiliza una vara de avance que generalmente es de plástico o madera al menos de 1.2m de largo y 2.5cm de ancho, con las características que se muestran a continuación.

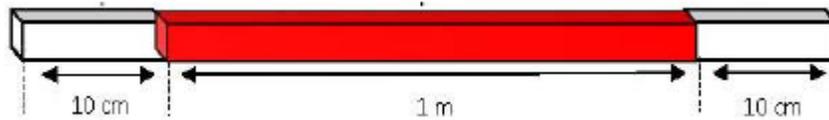


Ilustración 8: vara de avance
Fuente: [6]

Donde la zona roja es la anchura total de la senda y la zona blanca es la identificación de la superposición que el Desminador tiene que hacer afuera de la senda o carril de trabajo teniendo en cuenta que la separación entre sendas o carriles de trabajo tiene que menor o igual a 1 metro.

Para realizar el desminado humanitario el personal deberá tener en cuenta los diferentes tipos de artefactos explosivos y el funcionamiento de cada uno de ellos. (Anexo B)

Es importante para el buen desarrollo del simulador de desminado humanitario tener en cuenta los lugares y las zonas más afectadas en el territorio colombiano. En el siguiente mapa se puede observar las zonas afectadas y el número de eventos por campos minados y municiones sin explotar desde 1990 hasta el 31 de agosto de 2018.



Ilustración 9 Puntos más críticos por zonas minadas

Fuente: [8]

A continuación, se presenta la información por el número de eventos en cada zona afectada.

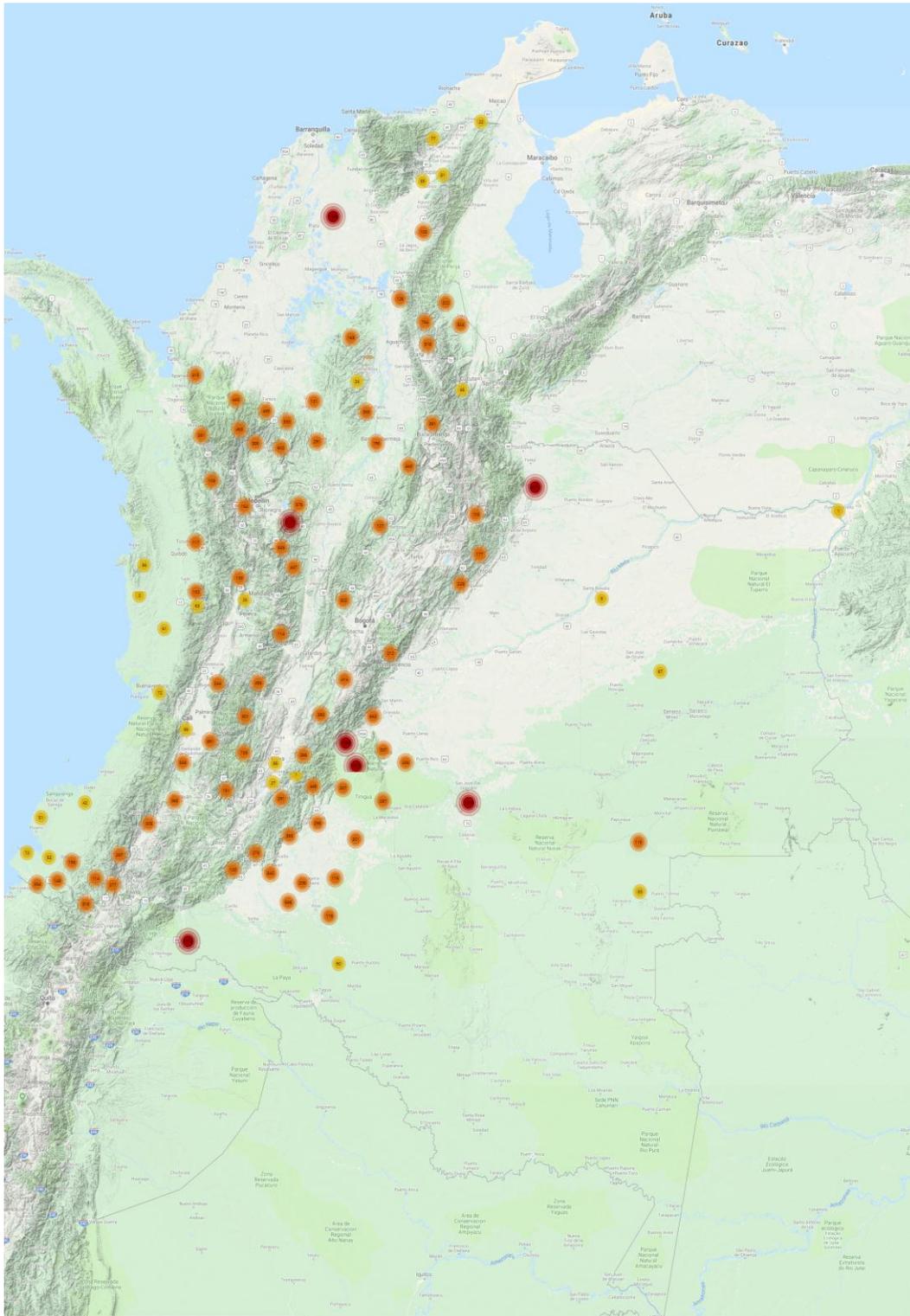


Ilustración 10 Zonas con reporte de actividad.

Fuente: [8]

En Colombia existen 246 zonas identificadas y en operaciones de desminado humanitario las cuales se pueden observar en el siguiente mapa.



Ilustración 11 Desminado militar en operaciones 2018

Fuente: [9]

2.2. MARCO TEÓRICO

A continuación, se realiza una descripción general de los principales componentes que se estudiaron o vincularon en el desarrollo del proyecto

2.2.1 GAFAS DE REALIDAD VIRTUAL

Existen diferentes empresas enfocadas en el desarrollo de gafas de realidad virtual que ofrecen experiencias únicas a sus usuarios. Para el diseño del simulador de desminado humanitario se realizó la siguiente tabla de comparación con el fin de identificar las características de algunas marcas reconocidas a nivel internacional y lograr seleccionar la que más se ajuste a nuestros requerimientos de diseño.

MARCA	FUNC.	POSIT TRACKING	RESOL. POR OJO (PÍXELES)	TASA DE REFRESCO	CAMPO DE VISIÓN	AJUSTE VISUAL MANUAL (DISTANCIA INTER PUPILAR)	PANTALLA	SENSORES	Ref. Bibli.
HTC VIVE	PC	SI (EXTERNO)	1080x1200	90 HZ	110°	SI	DIAGONAL AMOLED DUAL DE 3.6'	STEAMVR TRACKING, G-SENSOR, GIROSCOPIO, PROXIMIDAD	[10]
OCULUS RIFT	PC	SI (EXTERNO)	1080x1200	90 HZ	110°	SI	OLED DE 5"	ACELERÓMETRO, GIROSCOPIO MAGNETÓMETRO, TRACKING	[11]
OCULUS GO	SISTEMA PROPIO	NO	1280x1440	72HZ	86°	SI	OLED	GIROSCOPIO Y ACELERÓMETRO	[12]
PLAYSTATION VR	CONSOLA	SI (EXTERNO)	960x1080	120 HZ, 90 HZ	100°	SI	OLED 5,7"	ACELERÓMETRO, GIROSCOPIO	[13]
LENOVO EXPLORE VR	PC	SI (INTERNO)	1440x1440	90 HZ	110°	NO	2 PANTALLAS LCD DE 2.89"	DOS CÁMARAS DE SEGUIMIENTO DE MOVIMIENTO, SENSOR DE PROXIMIDAD, GIROSCOPIO, ACELERÓMETRO, MAGNETÓMETRO.	[14]

MARCA	FUNC.	POSIT TRACKING	RESOL. POR OJO (PÍXELES)	TASA DE REFRESCO	CAMPO DE VISIÓN	AJUSTE VISUAL MANUAL (DISTANCIA INTER PUPILAR)	PANTALLA	SENSORES	Ref. Bibli.
ACER VR	PC	SI (INTERNO)	1440x1440	90 HZ	90°	NO	2 PANTALLAS LCD	DOS CÁMARAS DE SEGUIMIENTO DE MOVIMIENTO, SENSOR DE PROXIMIDAD, GIROSCOPIO, ACELERÓMETRO, MAGNETÓMETRO	[15]
HP VR	PC	SI (INTERNO)	1440x1440	90 HZ	95°	NO	2 PANTALLAS LCD 2.89"	DOS CÁMARAS DE SEGUIMIENTO DE MOVIMIENTO, SENSOR DE PROXIMIDAD, GIROSCOPIO, ACELERÓMETRO, MAGNETÓMETRO	[16]
DELL VR	PC	SI (INTERNO)	1440x1440	90 HZ	105°	NO	2 PANTALLAS LCD 2.89"	DOS CÁMARAS DE SEGUIMIENTO DE MOVIMIENTO, SENSOR DE PROXIMIDAD, GIROSCOPIO, ACELERÓMETRO, MAGNETÓMETRO	[17]
ASUS VR	PC	SI (INTERNO)	1440x1440	90 HZ	95°	NO	2 PANTALLAS LCD 2.89"	ÁNGULO DEL GIROSCOPIO, ACELERÓMETRO, MAGNETÓMETRO, P-SENSOR	[18]
PIMAX 4K	PC	NO	1920x2160	60HZ	110°	NO		GIROSCOPIO, ACELERÓMETRO, MAGNETÓMETRO, SENSOR DE ALCANCE Y DE LUZ	[19]
PIMAX 8K	PC	SI	1920x2160	90HZ	200°	SI	PANTALLA PERSONALIZADA DE LÍQUIDO DE BAJA PERSISTENCIA (CLPL)		[20]
SAMSUNG GEAR VR	CELULAR SAMSUNG	NO	DEPENDE DEL CELULAR	DEPENDE DEL CELULAR	101°	SI	DEPENDE DEL CELULAR	ACELERÓMETRO, GIROSCOPIO, PROXIMIDAD	[21]
GOOGLE CARDBOARD	CELULARES	NO	DEPENDE DEL CELULAR	DEPENDE DEL CELULAR	DEPENDE DEL CELULAR	SI	DEPENDE DEL CELULAR	DEPENDE DEL CELULAR	[22]

Tabla 2 comparación de características de gafas de realidad virtual

Fuente: Autor, 2019

2.2.2. MOTOR GRÁFICO PARA VIDEOS JUEGOS Y SIMULACIÓN

2.2.2.1 UNREAL ENGINE 4

Motor Gráfico creado por la compañía Epic Game, Liderando la industria en Realidad Virtual Unreal Engine 4 es un potente motor gráfico capaz de crear escenas complejas renderizadas, contiene funciones de iluminación de alta calidad capaces de producir imágenes nítidas y detalladas a 90 FPS. Debido Unreal Engine 4 está diseñado para la creación de aplicaciones exigentes sus principales aplicaciones son la creación de videojuegos AAA, Creación de películas y Visualización Foto real para plataformas de realidad virtual, pc, consola y móviles.[23]

Este motor gráfico se puede descargar de forma gratuita desde su página oficial y dando la facilidad a los desarrolladores para fortalecer el conocimiento también a través de su página oficial podemos encontrar códigos fuente, proyectos completos, contenidos de muestra, actualizaciones periódicas y correcciones de errores de forma gratuita. [23]

2.2.2.2 UNITY 3D

Es un motor de multiplataforma que permite crear aplicaciones en diferentes plataformas digitales, Unity contiene un interfaz gráfica de herramientas intuitivas fáciles de comprender y gracias a la magia del tiempo real los cambios se hacen más fáciles e instantáneos, ofrece capacidad de extensión y adaptación sin igual con un potente sistema de scripting en C#, Unity contiene un gama alta y completa en físicas, renderizado y comunicaciones, que le permiten explorar más su capacidad de desarrollo. La asset store de Unity contiene una variedad de assets gratuitos que te permiten ahorrar tiempo en tus proyectos.[24]

Unity ofrece un flujo de trabajo en tiempo real que permite la creación de contenidos de animación, cinematografía virtual y mocap facial. Esta última te permite capturar las expresiones faciales de una persona e incluirlas en la animación, ahorrando bastante tiempo en animación.[25]

La creación de narrativa con realidad virtual también es un fuerte de este motor gráfico su capacidad, además de las apuestas de aplicaciones de capacitación inmersivas e interactivas que maximizan la seguridad y reducen los costos de capacitación.[26]

3. METODOLOGÍA

El proyecto se ejecutó con una intensidad de 32 horas semanales distribuidas de la siguiente manera: Cuatro (4) horas diarias de lunes a martes y 8 horas diarias de miércoles a viernes.

Adicional CODALTEC brindo el tiempo necesario para cumplir con las responsabilidades académicas del pasante.

Para la realización del proyecto se optó por una metodología que permitió cubrir tanto el desarrollo de hardware como el software, esta metodología agrupa las tareas en cuatro fases:

3.1. Fase 1: Análisis de requerimientos

En esta etapa se llevó a cabo la recolección y definición de cada uno de los requerimientos funcionales y no funcionales del proyecto, analizando y documentando mediante los procesos definidos por la Corporación. (se aplicó el proceso de elicitación de requerimientos bajo mejores prácticas de IREB).

3.2. Fase 2: Diseño hardware

En esta etapa se realizaron las pruebas y configuración para la integración de las gafas de realidad Virtual y sus sensores, también se desarrolló las pruebas del circuito del hardware de comunicación para el funcionamiento del detector y posterior realizar el diseño en Altium Desinger de los circuitos impresos.

3.3. Fase 3: Diseño software

Durante el desarrollo de esta etapa se realizaron las siguientes actividades:

- Integración de las gafas de realidad virtual con Unity.
- Software de la estación del estudiante y la estación del instructor,
- Software de comunicación del socket (software del instructor con el software del estudiante).
- Software de comunicación serial para el módulo XBee con el software de simulación del estudiante.

3.4. Fase 4: Documentación y pruebas

En la Corporación es fundamental garantizar la reproducibilidad y calidad de cada trabajo por lo tanto se buscó documentar y realizar las debidas pruebas en cada uno de los procedimientos. Esta etapa se llevó a cabo durante todo el proyecto, se

documentó cada uno de los procedimientos y avancen a medida del avance con las actividades propuestas. Además de realizar diversas pruebas del simulador en diferentes espacios y presentaciones que se llevaron a cabo durante la pasantía

4. DISEÑO DEL SIMULADOR

Los requerimientos de desarrollo para el diseño del simulador de desminado humanitario que la Corporación de Alta Tecnología Para la Defensa propuso son:

Requerimiento del Software de Simulación:

El software de simulación de desminado humanitario se compone de dos estaciones:

- **Estación del instructor**
 - Permitirá la asignación de objetos peligrosos sobre el área.
 - Asignación de condiciones del terreno.
 - Selección de escenarios operacionales.
 - Selección del nivel de dificultad
 - Reporte de aprobación del estudiante.
- Estación del estudiante
 - Permitirá la inmersión del estudiante al entorno gráfico.

Requerimiento del hardware de Simulación:

El hardware permitirá al usuario interactuar con los sensores de posición, la réplica de detección de metales y gafas de realidad virtual estableciendo el entrenamiento básico para desarrollar el desminado humanitario.

El hardware del simulador de desminado humanitario deberá incluir:

- El área de entrenamiento, la cual está constituida por:
 - Estación del instructor
 - Estación del estudiante
 - Soporte para el sistema de visualización.
 - Soporte para Sensores de posición.
- Sistema de visualización, compuesta por
 - Gafas de realidad virtual.
 - Dos pantallas mínimo de 32 pulgadas para la estación del instructor.
 - Un Proyector para la estación del estudiante.
- Replica de detector de metales.
- Sistema de sonido.

- Sistema de control, compuestos por:
 - Un computador.
- Características mínimas del computador para su buen funcionamiento.
 - CPU, Intel Pentium Dual Core 3.2 GHz o AMD Athlon II X4 3.1 GHz.
 - RAM 4GB.
 - Tarjeta Gráfica, AMD Radeon R7240 o nVidia GeForce GT 740.
- Elementos eléctricos para alimentación
- Sensores de detección de posición

La funcionalidad del simular de desminado humanitario

La funcionalidad del simular de desminado humanitario será la siguiente:

- Permitirá controlar mediante los periféricos de mando las siguientes variables:
 - Detección de posición de la persona
 - Detección de posición del detector
- Comunicación entre la interfaz de software con el hardware de integración.
- Control digital que permitirá:
 - Selección de área peligrosa.
 - Selección de condiciones geográficas
 - Selección de dificultad del entrenamiento.
- Evaluación del estudiante al finalizar el entrenamiento.

Pruebas y validaciones del simulador

El Departamento de Investigación y Desarrollo de la División de Modelado y Simulación de CODALTEC validará el presente proyecto siempre y cuando se verifiquen las siguientes pruebas:

- Prueba Unitaria.
 - Prueba de sistema de detección de posición de los respectivos elementos.
 - Prueba de Inmersión en realidad virtual.
 - Prueba de demarcación del área.
- Prueba de Integración.
 - Prueba de comunicación del hardware de integración con el circuito de detección de posición de la persona y detector de metales.
 - Prueba de integración de los sensores con la inmersión virtual del estudiante.

- Prueba del Sistema.
 - Prueba de funcionamiento del simulador de desminado humanitario en cada una de las respectivas tareas de formación.

De acuerdo a las especificaciones anteriores el simulador de desminado humanitario se conforma de los siguientes componentes y módulos:

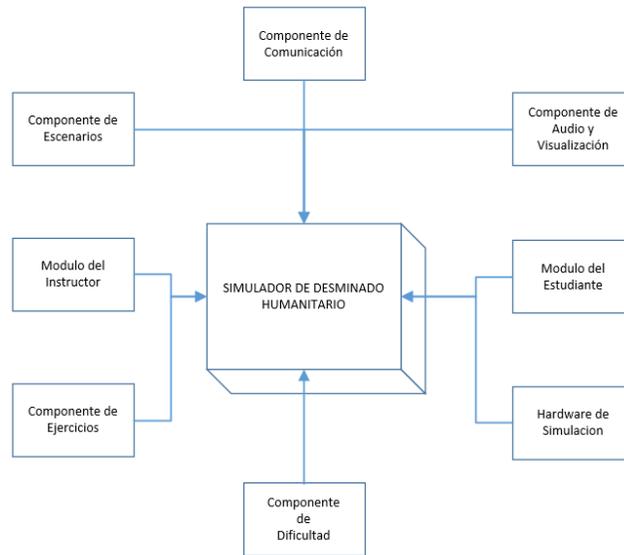


Ilustración 12 Diagramas del Simulador

Fuente: Autor, 2019

En esta fase de selecciono Unity como software de simulación, las oculus Rift como parte del hardware de simulación, visual studio como entorno de desarrollo para la aplicación del instructor, el método de comunicación por socket para la comunicación del software del instructor con el software del estudiante y los módulos XBee para la comunicación inalámbrica entre el hardware del detector de metales y el software de simulación.

4.1. DISEÑO DEL SOFTWARE PARA LA ESTACIÓN DEL ESTUDIANTE

El diseño de la estación del estudiante cuenta con cuatro puntos fundamentales para su creación los cuales son:

- Diseño y creación de los escenarios.
- Diseño y funcionamiento de la mina antipersonal.

- Diseño y funcionamiento del detector de metales.
- Creación de señalización y elementos de marcación del terreno.

La selección del software de simulación (Motor de simulación **Unity**), se realizó a través de la necesidad que tiene la Corporación de Alta Tecnología para la Defensa en adquirir nuevos conocimientos en distintos softwares de simulación. Esta selección se hizo al criterio del director de pasantía el ingeniero Calos Arturo Gómez Jiménez jefe del Departamento Investigación y Desarrollo (I+D).

A continuación, se presenta la lógica de la estación del estudiante:

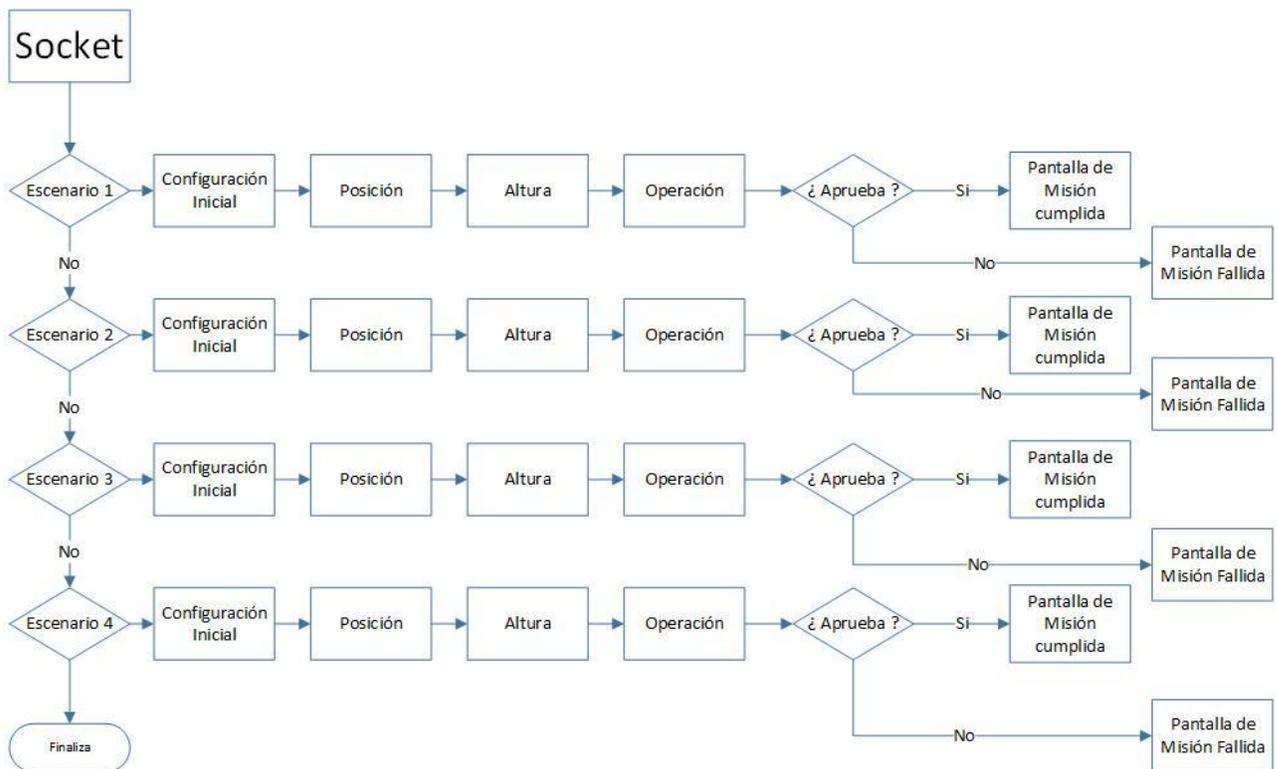


Ilustración 13 Lógica de la estación del estudiante

Fuente: Autor, 2019

El módulo del Socket es el script de comunicación que recibe los datos del instructor, en este script seleccionamos también la escena, en cada escena existe un módulo de configuración inicial global en la cual activamos las minas y posicionamos al avatar de acuerdo al nivel de dificultad seleccionado desde el instructor, seguido de este script se ubican las minas de acuerdo a la configuración manual que el instructor realizó previamente, después se inicia la

operación en la cual el estudiante tiene el control completo del avatar evaluando cada centímetro con el uso del detector. La misión se completa cuando el estudiante ubica y desactiva a través del banderín cada una las minas que el instructor active, y se falla cuando la mina hace explosión.

4.1.1. DISEÑO Y CREACIÓN DE ESCENARIOS

Para la creación de los escenarios se identificaron las zonas actuales que presentan operaciones de desminado manual en el país, se seleccionaron cuatro puntos específicos en el territorio colombiano con diferentes condiciones geográficas ideales para cubrir gran parte de geografía colombiana, estas zonas seleccionadas son el municipio de Manaure en el departamento de Sucre (zona semidesértica), el municipio de Santiago en el departamento de Norte de Santander (zona montañosa), el municipio de Chaparral en el departamento del Tolima (diversidad de paisajes y la exuberancia de la flora), gracias a su ubicación en el macizo colombiano representan una pieza fundamental para la descripción de la geografía nacional. Por último, tenemos una finca ubicada en terreno montañoso.

Cada escenario tiene una dimensión de 500 metro de largo por 500 metros de ancho que permiten una adaptación visual optima en un entorno real.

En el desarrollo para el diseño de los escenarios se encontraron tres distintas formas de modelar los terrenos en el software de simulación de unity, las cuales son:

- Modelado Manual a través de Terrain Engine.
- Diseño Mediante Heightmap
- Diseño mediante librería Gaia.

Para la creación de los escenarios se utilizaron fotografías satelitales para obtener una referencia de los terrenos utilizados.

4.1.1.1. MODELADO MANUAL A TRAVÉS DEL TERRAIN ENGINE

Al crear un 3D Object de tipo Terrain en Unity a través del inspector podemos modificar y modelar nuestro terreno de forma manual, utilizando las herramientas que Unity nos ofrece para el modelado del terreno, estas funciones nos permiten modificar todas las características de nuestro terreno como la textura del mismo, el

relieve geográfico, el tamaño del terreno, la importación de Asset para vegetación entre otras funciones importantes a la hora de crear nuestro escenario.

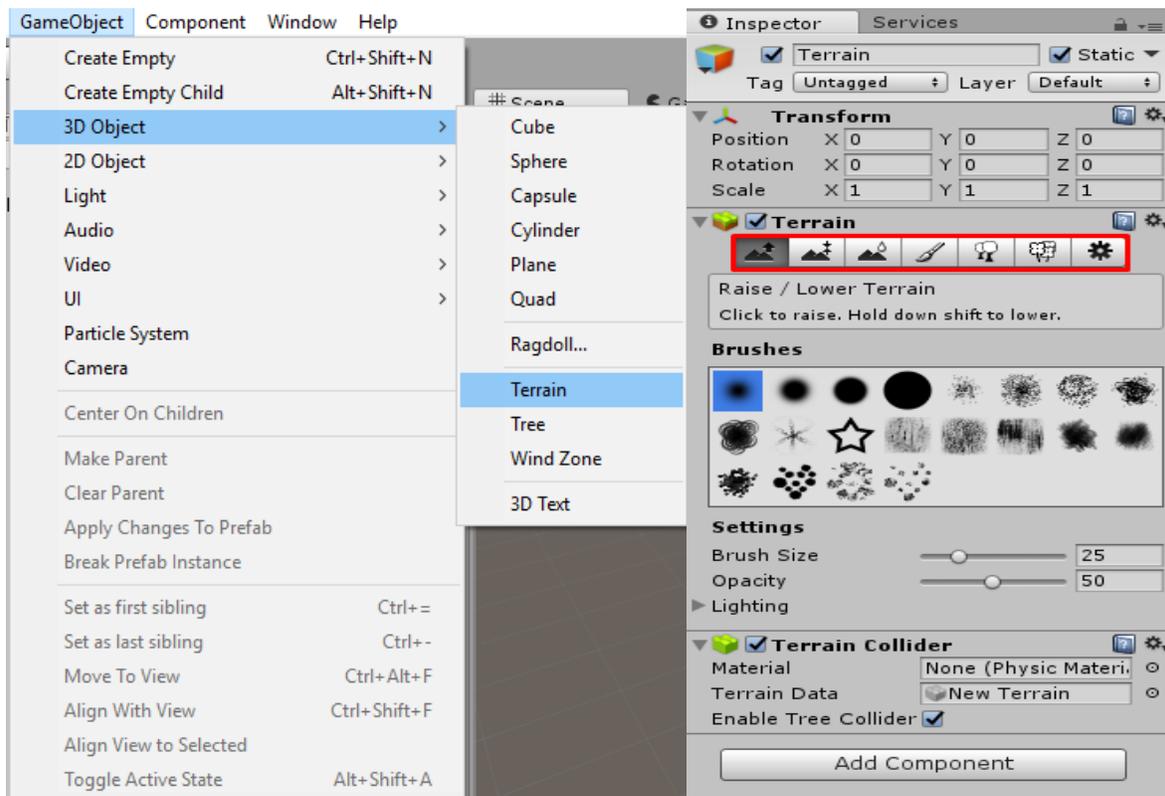


Ilustración 14 Configuraciones del terreno - forma manual

Fuente: Autor, 2019

Unity no contiene texturas para importar al proyecto, para solucionar esta dificultad se encontró en la web una página llamada Textures.com donde encontramos todo tipo de texturas que podemos descargar de forma gratuita e importar al proyecto.

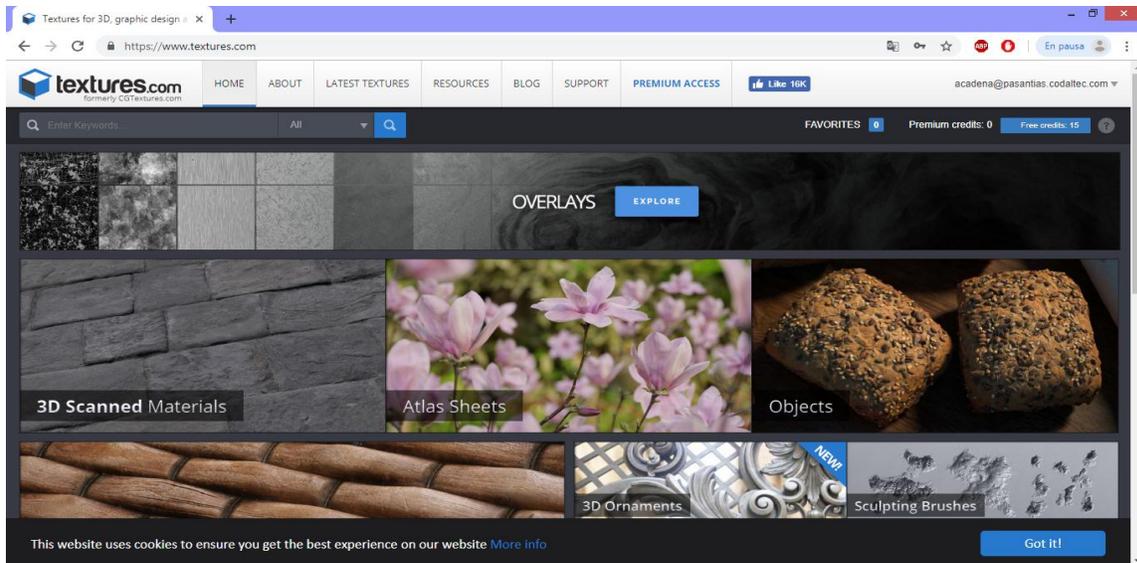


Ilustración 15 Pantalla principal de la página web textures.com

Fuente: Autor, 2019

Por medio de este método se creó dos escenarios: Manaure en el departamento de Sucre y el escenario de Santiago en el departamento de Norte de Santander, dando como resultado una forma sencilla, aunque tediosa en el proceso de construcción para el relieve del escenario, vinculando de forma manual la vegetación y la textura del terreno.

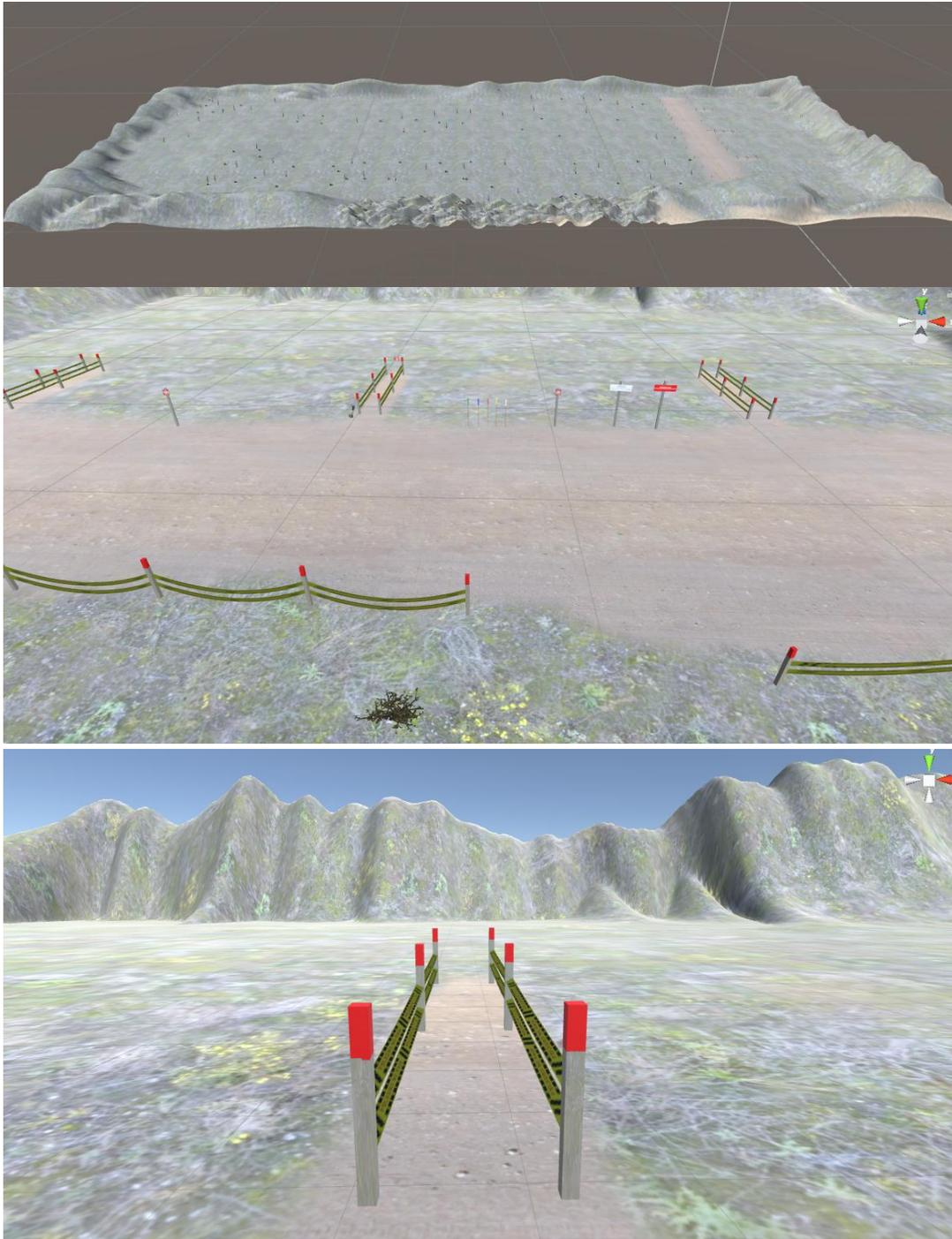


Ilustración 16 Escenario Manaure

Fuente: Autor, 2019

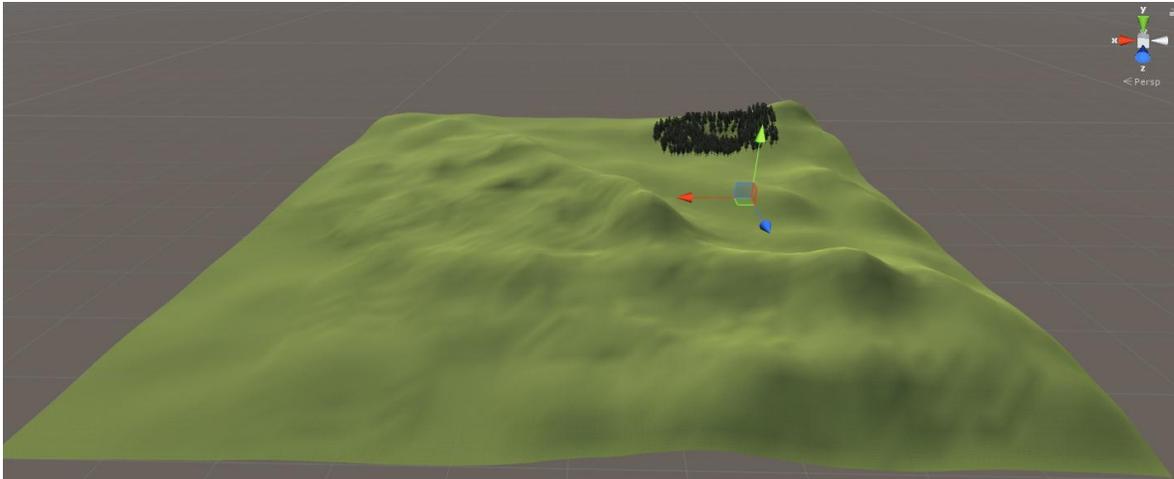


Ilustración 17 Escenario Santiago

Fuente: Autor, 2019

4.1.1.2. DISEÑO MEDIANTE HEIGHTMAP

Unity tiene la capacidad de generar terrenos a partir de heightmap o mapas de altura, un heightmap es una imagen en donde cada pixel guarda información que representan datos de altura en una escala de grises, donde la altura máxima es el pixel blanco y la altura mínima el pixel negro.

Durante el desarrollo del proyecto se realizaron varias pruebas por medio de este método generando heightmap de diferentes páginas web como lo fueron *Tangram heightmapper* y *Terrain.party* puntos de la geografía colombiana pero no dieron los resultados esperados, ya que tiene poca resolución la imagen y no es óptima para escenarios pequeños. Los resultados fueron cambios bruscos en el relieve de las montañas generando escenarios poco realistas, y teniendo en cuenta además de que nuestra senda de despeje es de un área de cinco metros de largo por uno de ancho la resolución de nuestro escenario generado a través de estas herramientas no correspondería a las necesidades de diseño artístico y optimo que necesitamos.

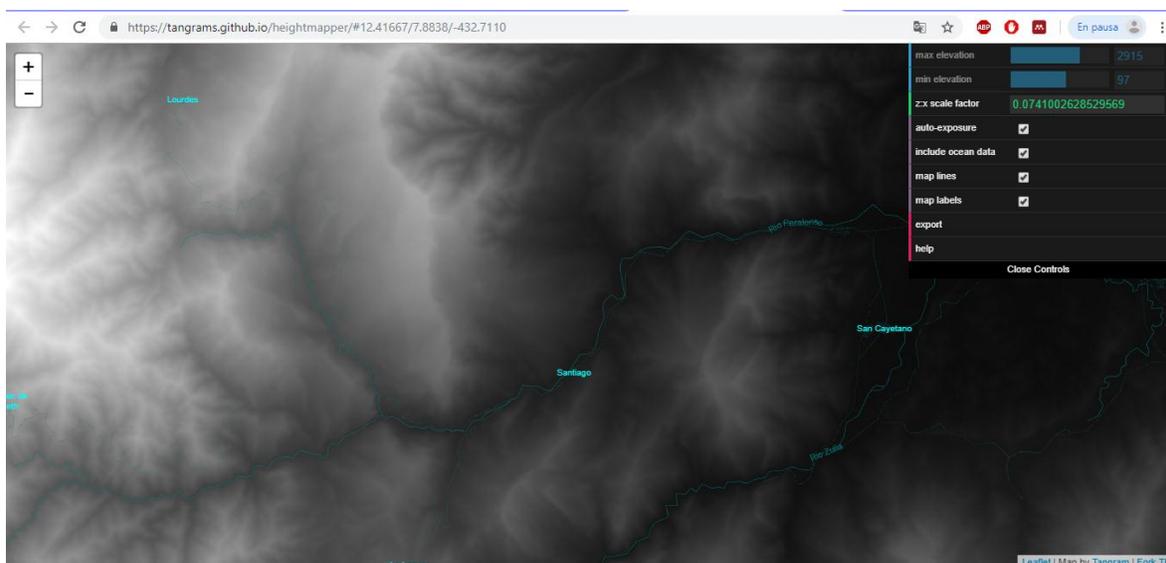


Ilustración 18 captura de pantalla de la página web de Tangram Heightmapper

Fuente: Autor, 2019

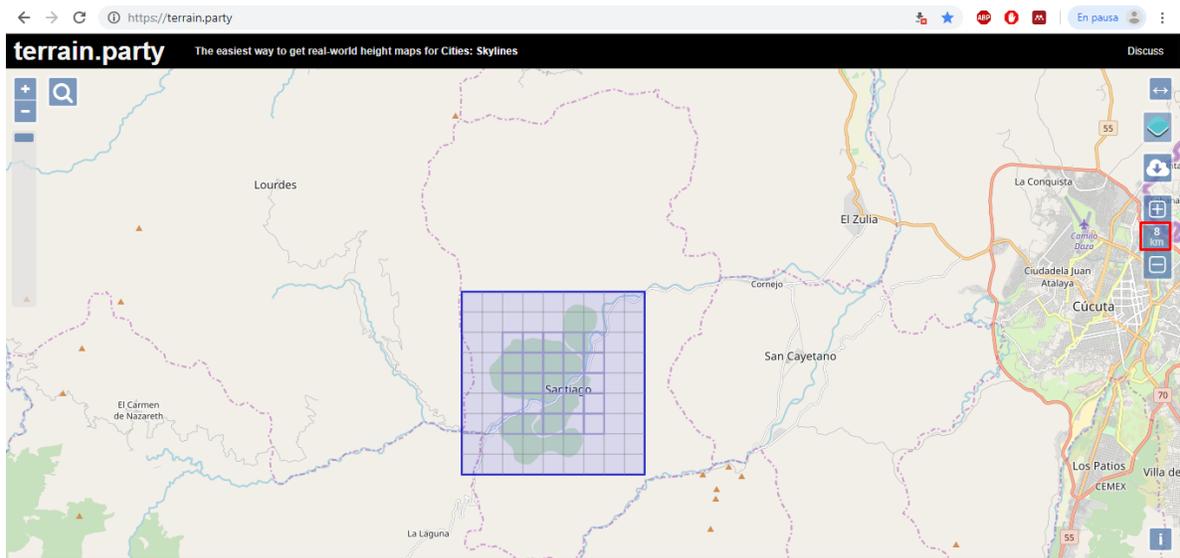


Ilustración 19 Captura de pantalla de la página web Terrain.party ubicando el municipio de Santiago, norte de Santander.

Fuente: Autor, 2019

La herramienta *Terrain.party* nos originó unos heightmaps con dimensiones de 1081x1081 para un área de 8 kilómetros cuadrados, dando resolución del terreno 59.2 metros por pixel. Esta referencia nos demuestra que por medio de este método no es viable cumplir los diseños de los escenarios, debido a su baja resolución.

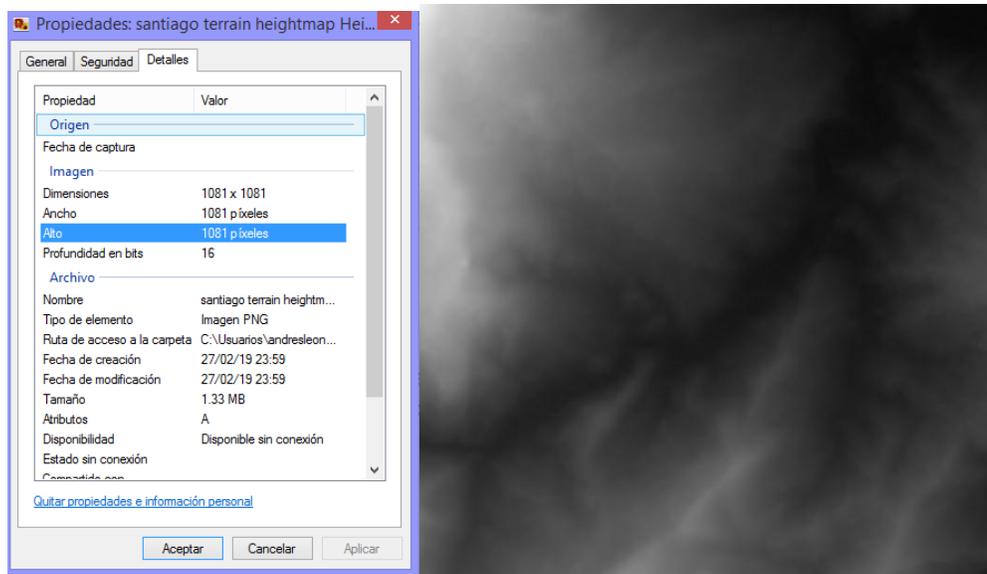


Ilustración 20 heightmaps

Fuente: Autor, 2019

4.1.1.3. DISEÑO MEDIANTE LIBRERÍA GAIA

Gaia es un Asset que tiene un costo en el mercado de \$77 dólares en la actualidad y lo podemos conseguir a través de la Asset Store de unity, Gaia permite la creación de terrenos de forma automática y muy sencilla. Contienen mapas de heightmap con una escala de dos kilómetros de ancho por dos kilómetros de largo de diferentes relieves los cuales el Asset los utiliza de acuerdo a los parámetros que el desarrollador configure. Además de la facilidad de configuración y automatización para la aplicación de texturas y vegetación en el terreno, Gaia cuenta con una configuración de efectos visuales para recrear escenarios realistas para aplicaciones de realidad virtual, además el Asset permite ir configurando de forma manual aspectos puntuales de la configuración del terreno.

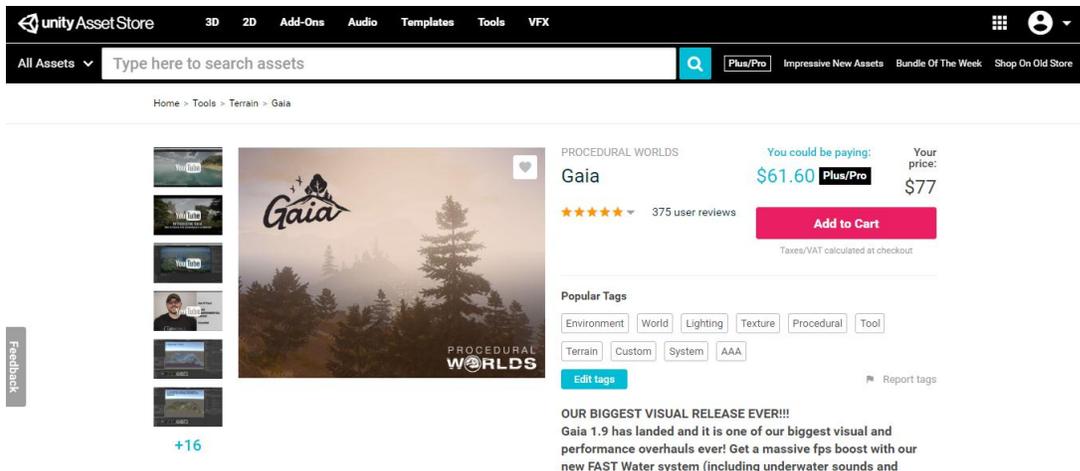


Ilustración 21 Librería Gaia Unity Asset Store

Fuente: Autor, 2019

La Corporación de Tecnología para la Defensa, cuenta con esta herramienta permitiendo explorar las capacidades del Asset en distintas pruebas de terreno obteniendo muy buenos resultados para tenerlo a consideración en el diseño del Simulador de Desminado Humanitario. Con esta herramienta se desarrollaron dos escenarios del simulador, el escenario de Chaparral en el departamento del Tolima y el escenario de la Finca.

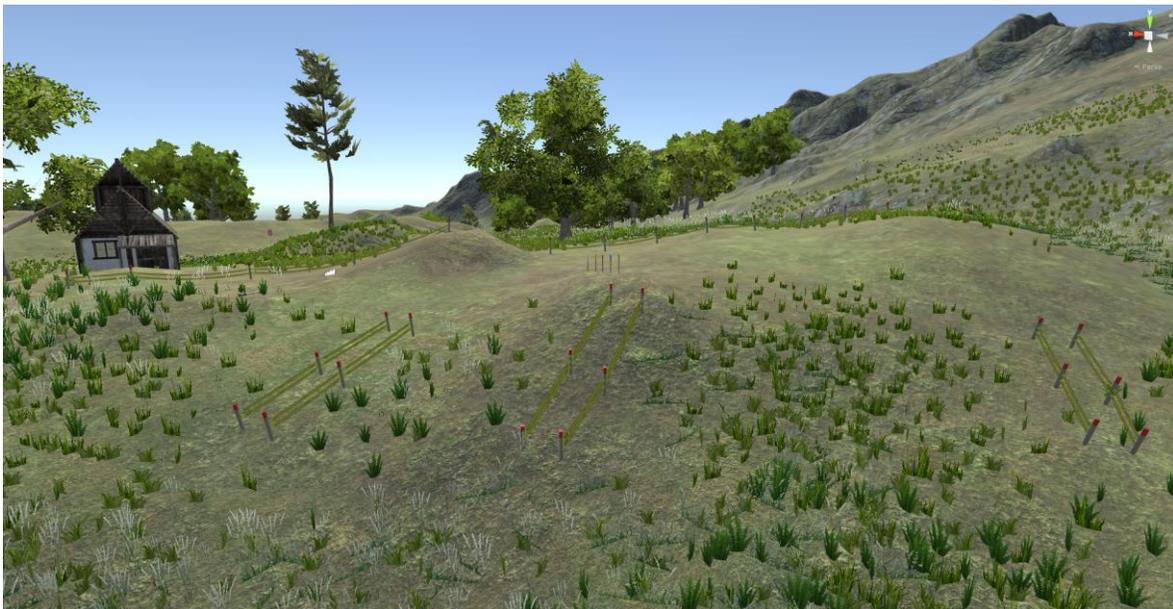


Ilustración 22 Escenario Finca - Vista zona de operación

Fuente: Autor, 2019



Ilustración 23 Escenario Finca - Vista Superior
Fuente: Autor, 2019

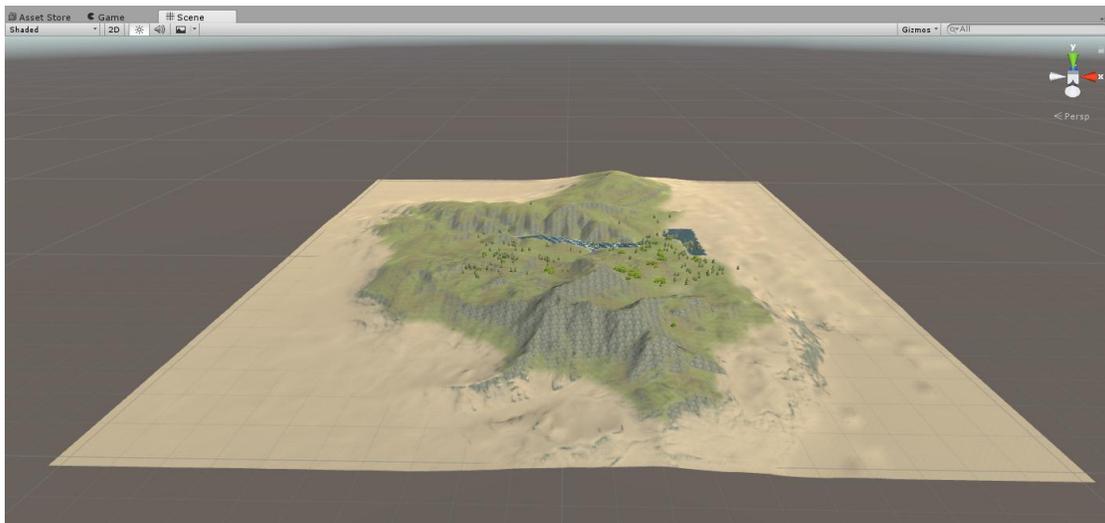


Ilustración 24 Escenario Vista total del mapa Finca
Fuente: Autor, 2019



Ilustración 25 Construcción del escenario Finca
Fuente: Autor, 2019

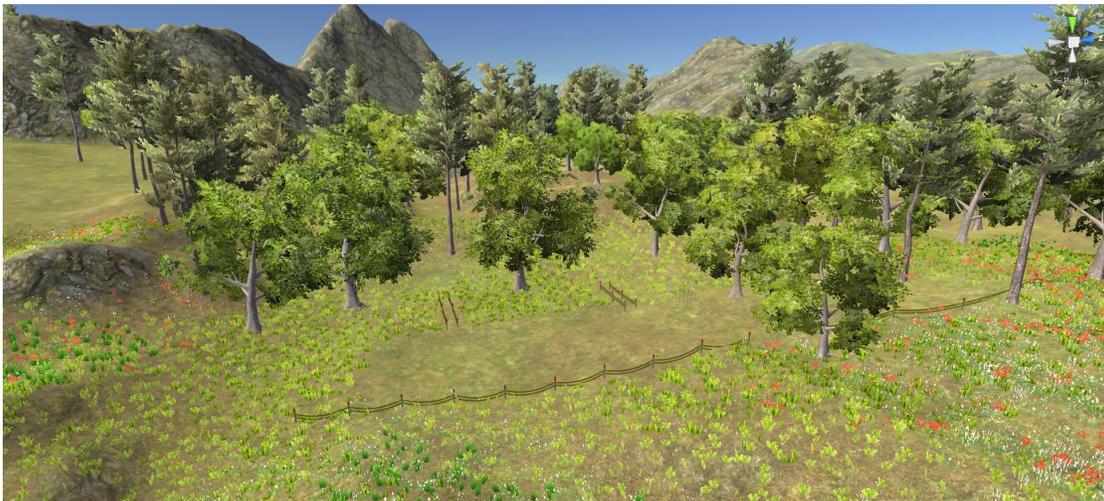


Ilustración 26 Escenario Chaparral - Vista zona de operación
Fuente: Autor, 2019



Ilustración 27 Construcción Escenario Chaparral
Fuente: Autor, 2019

4.1.2. DISEÑO DE SENDEROS EN LOS ESCENARIOS

Todos los senderos de los escenarios tienen las medidas estándares de acuerdo al manual de desminado, el cual establece que cada Desminador tendrá una senda de trabajo de un metro de ancho y tendrá que avanzar máximo cinco metros de profundidad. Cuando el Desminador termine con los cinco metros correspondientes, pasa a una nueva senda.

Esta condición en el procedimiento de desminado nos permite diseñar una senda de cinco metros de largo por uno metro de ancho. Cabe aclarar que, en las operaciones de desminado reales, el Desminador a medida que desmaleza, avanza y a la vez va construyendo su senda.

Para el diseño del simulador de desminado, se propone establecer la senda fija y así poder limitar el espacio de avance tanto real como virtual logrando establecer las posiciones de las minas de manera manual a través del instructor, más adelante se hablará de una forma más clara este tema.



Ilustración 28 Diseño de Senda

Fuente: Autor, 2019

4.1.3. DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DE LA MINA ANTIPERSONAL

Para el diseño y construcción de la mina se realizó una investigación que dio como resultado los tipos de artefactos explosivos (ANEXO B), logrando entender el funcionamiento de los mismos, el modo de activación y la forma en la que funciona del detector con metales.

Las minas están diseñadas principalmente por tres componentes que permiten su simulación virtual. Estos componentes son los siguientes:



Ilustración 29 Componentes de la Mina

Fuente: Autor, 2019



Ilustración 30 Vista visual de componentes de la mina

Fuente: Autor, 2019

En la anterior imagen se pueden observar los componentes que conforman el diseño de la mina en el Simulador de Desminado Humanitario. De color verde los collider y de color azul la máxima distancia para escuchar el audio.

- **Sonido:** Es un objeto Cubico 3D que nos permite obtener el sonido característico del detector al encontrar una mina. Desde el inspector se configura la intensidad de audio que podemos escuchar al acercarse el detector a la mina.

Para realizar la configuración se debe tener en cuenta que para el funcionamiento correcto de la configuración de espacial para el sonido debemos tener un Collider, para este caso se optó por un Sphere Collider por su forma se ajusta al modo de funcionamiento del detector, este Collider contiene la siguiente configuración:

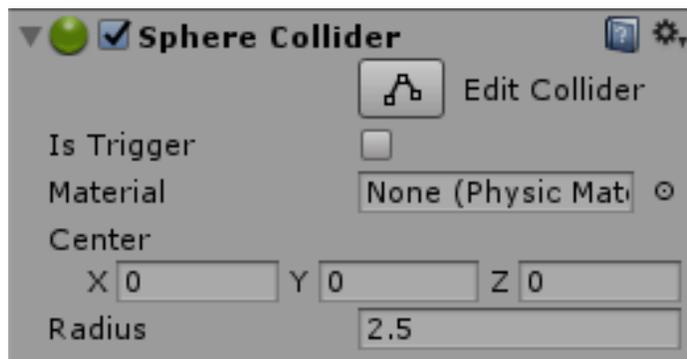


Ilustración 31 Configuración del Sphere Collider de la Mina

Fuente: Autor, 2019

Además, también es necesario para su funcionamiento que contenga también un **Rigidbody**, el cual nos permite obtener todas las físicas para el correcto funcionamiento principalmente para la detección de choques. La configuración del rigidbody que se utilizó fue la siguiente:

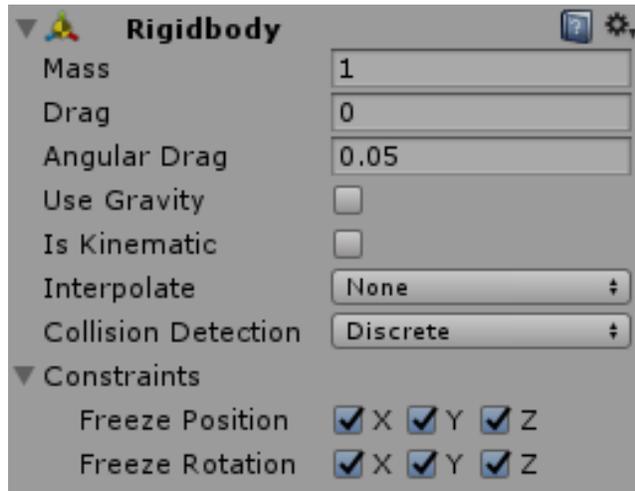


Ilustración 32 Configuración del Rigidbody de la Mina
Fuente: Autor, 2019

El sonido que emite el detector al acercarse a la mina se obtiene a través de una componente llamado **Audio Source** que contiene la siguiente configuración:

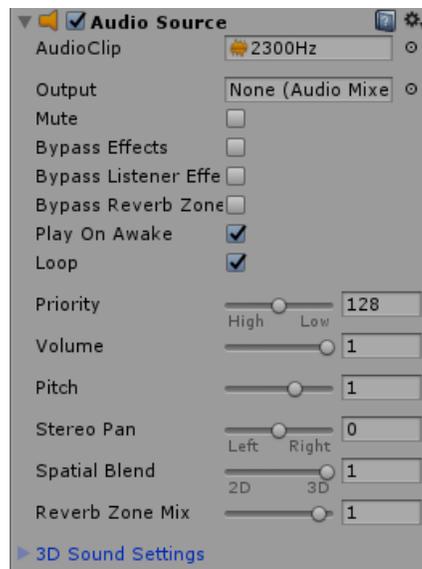


Ilustración 33 Configuración del Audio Source de la Mina
Fuente: Autor, 2019

Para lograr el efecto espacial de sonido configuramos en la pestaña **3D Sound Settings** de la siguiente manera:

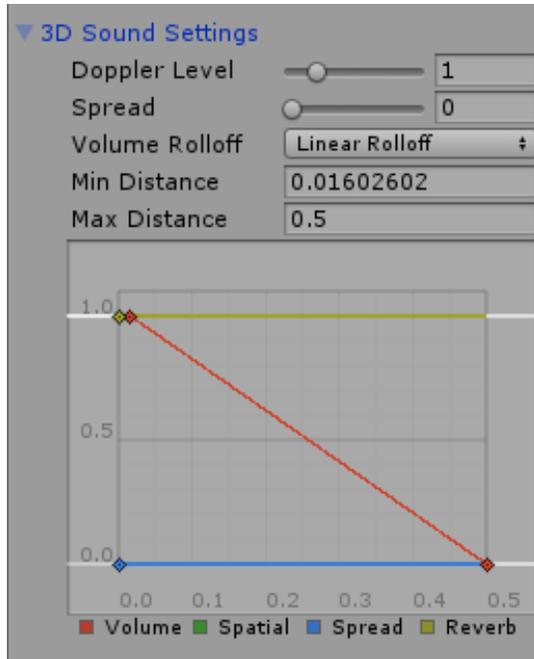


Ilustración 34 3D Sound Settings de la Mina
Fuente: Autor, 2019

El resultado de estas configuraciones es una relación lineal entre el volumen del audio con respecto a la distancia del elemento que contiene el componente de Audio Listeners.

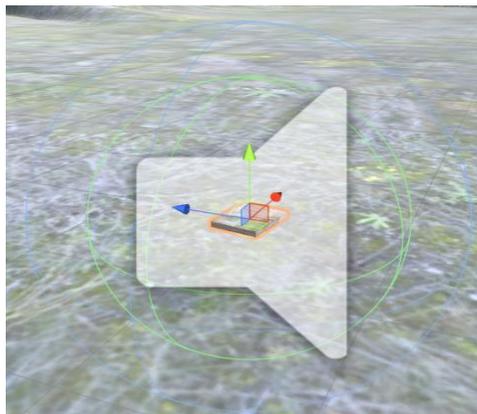


Ilustración 35 Diseño de la Mina
Fuente: Autor, 2019

- **Detonator-Spray:** Este componente contiene toda la parte visual y auditiva de la activación de la mina antipersonal. Para la creación visual de la exposición se utilizó un Asset gratuito llamado **Detonator Explosion Framework** que podemos encontrar en la Asset Store de unity.

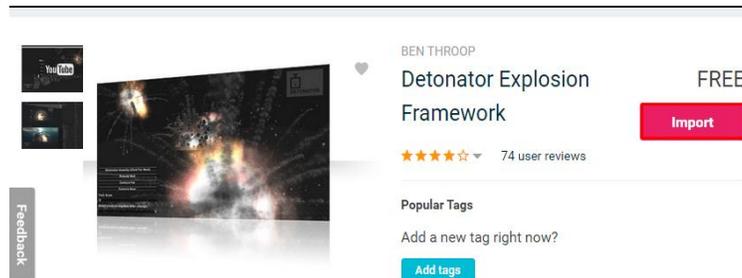


Ilustración 36 Detonator Explosion Unity Asset Store
Fuente: Autor, 2019

Este Asset contiene dos prefab que se mezclan para crear el efecto audiovisual de la explosión además de la construcción de un sistema de partículas la cual simula una onda de choque.

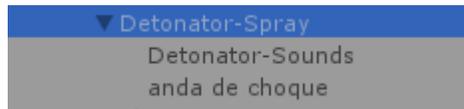


Ilustración 37 Componentes del Detonador
Fuente: Autor, 2019

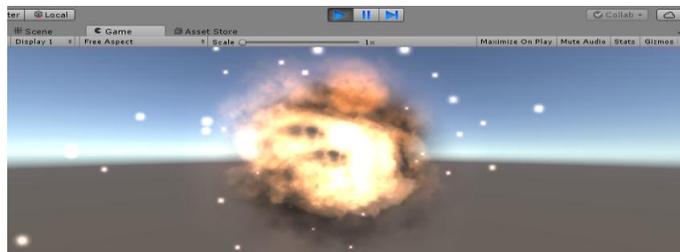




Ilustración 38 Visualización de la Explosión de la Mina

Fuente: Autor, 2019

- **Plane:** Es un objeto plano 3D, el cual contiene dentro del objeto cubico y su función es de contener el código y crear el Collider para la Activación y Desactivación de la mina.

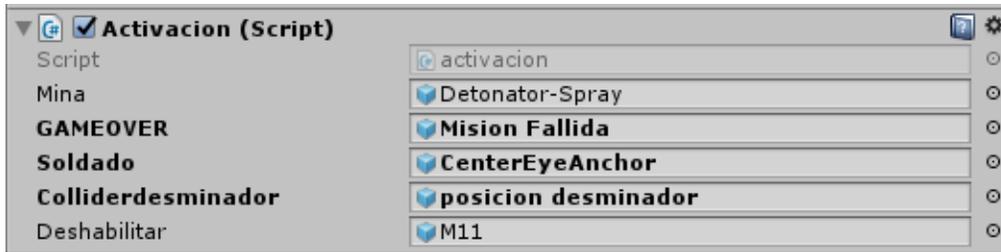


Ilustración 39 Configuración del Script de Activación

Fuente: Autor, 2019

La lógica del código de Activación y Desactivación se encuentra en el siguiente diagrama:

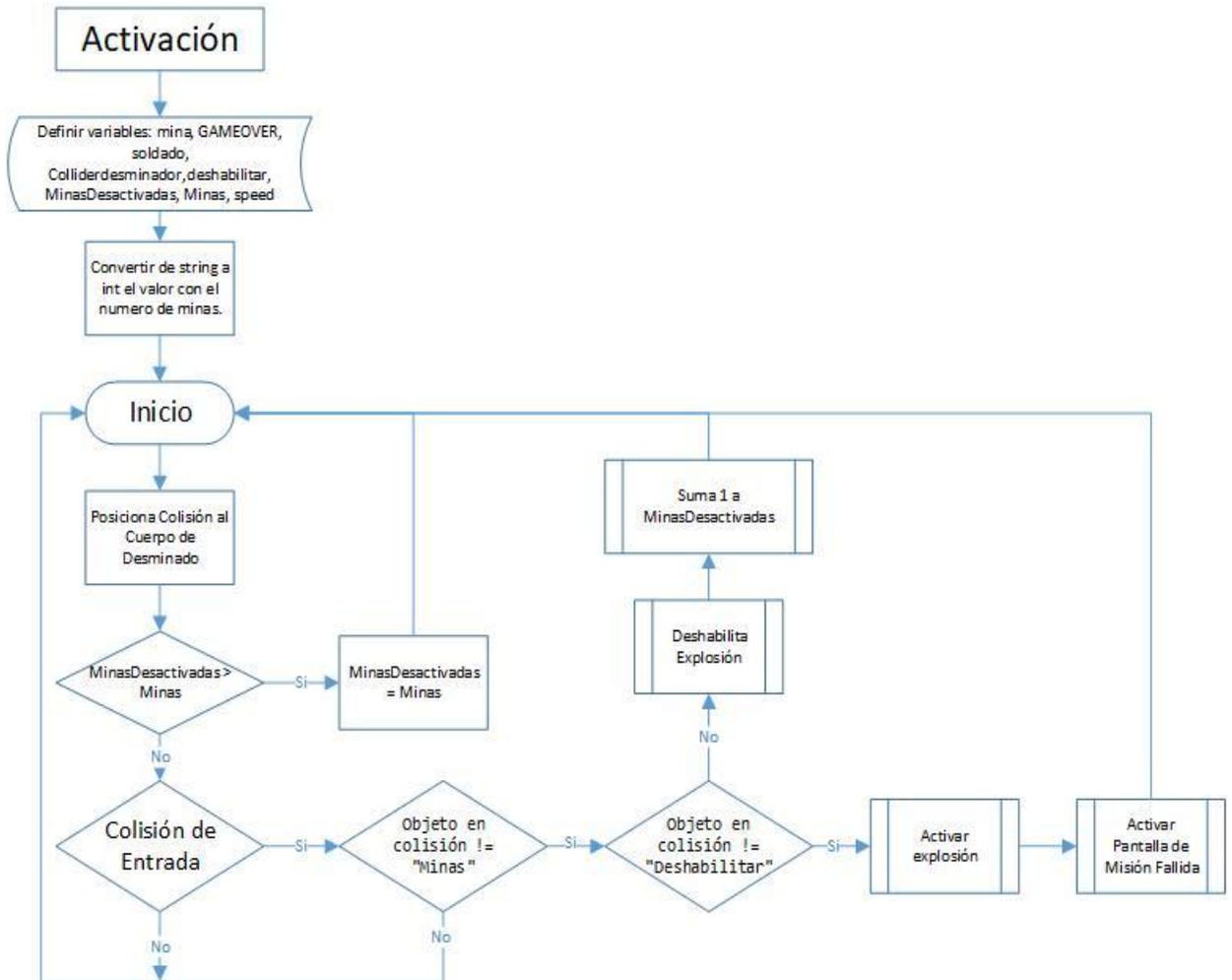


Ilustración 40 Lógica del código de activación

Fuente: Autor, 2019

Al desactivar una mina, se ejecuta la siguiente lógica.

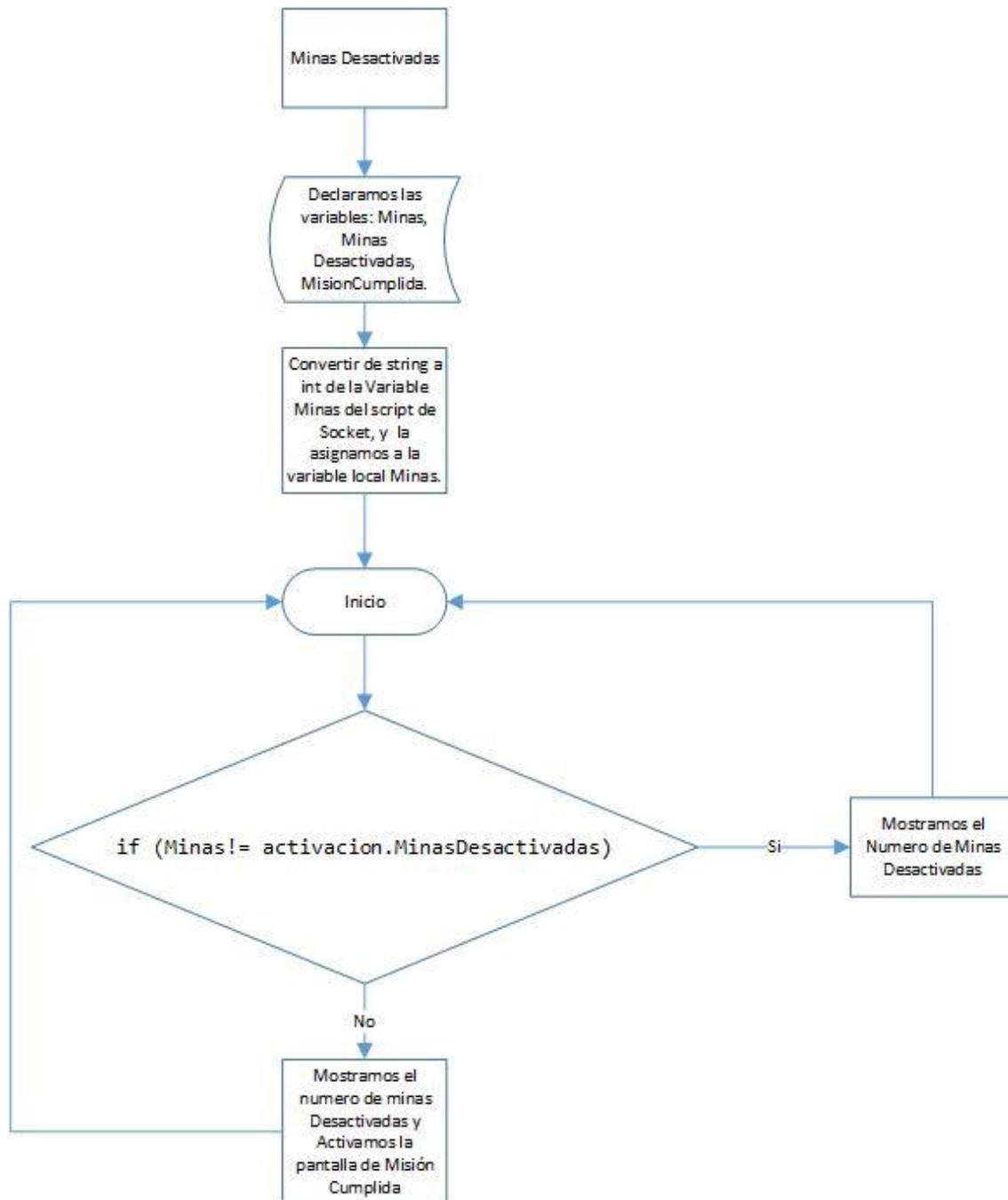


Ilustración 41 Lógica del código de desactivación
Fuente: Autor, 2019

4.1.4. DISEÑO DE DIFICULTAD.

Para determinar el nivel de dificultad se generó la siguiente pregunta. ¿Cuál es la principal habilidad que debe desarrollar el Desminador a la hora de realizar el procedimiento con el detector de metales? para responder la pregunta fue necesario contactar al personal de desminado humanitario los cuales nos respondieron que el acostumbrar el oído al sonido del detector es fundamental a la hora de localizar y marcar un posible artefacto explosivo, con esta información se estableció como nivel de dificultad: el tamaño del área para la desactivación de la mina, con el fin de afianzar y mejorar la adaptación del oído al sonido del detector de metales.

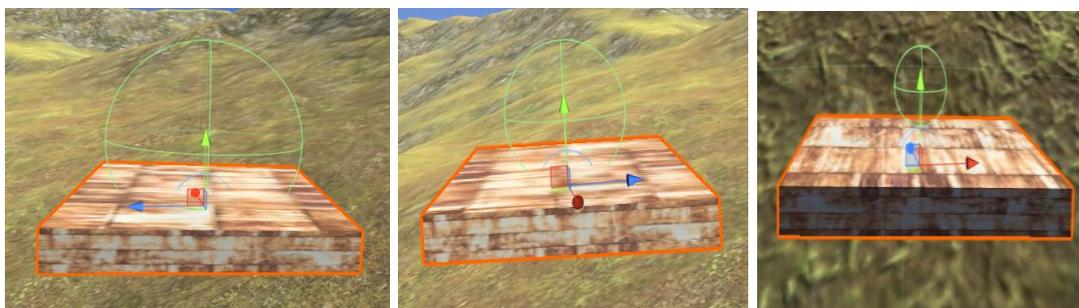


Ilustración 42 Diseño de la dificultad
Fuente: Autor, 2019

Para el nivel Bajo se desarrolló un área de desactivación de 3 cm de radio, para el nivel medio un área de 2 cm de radio y para el nivel alto un área de 1 cm radio.

Además de diferencias en las características de algún terreno operacional como por ejemplo los grados de inclinación del terreno que nos permite ofrecer un nivel de dificultad considerable para el desarrollo de los procedimientos.



Ilustración 43 Dificultad escenario chaparral
Fuente: Autor, 2019

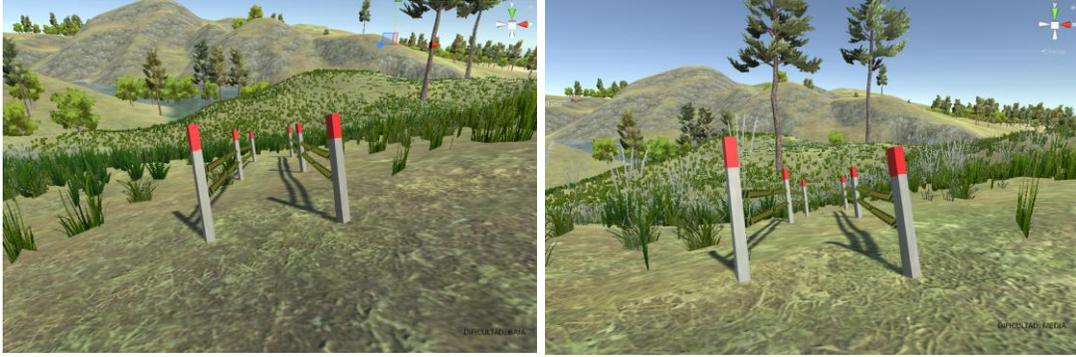


Ilustración 44 Dificultad en el escenario de la finca
Fuente: Autor, 2019



Ilustración 45 Dificultad del escenario de Santiago
Fuente: Autor, 2019

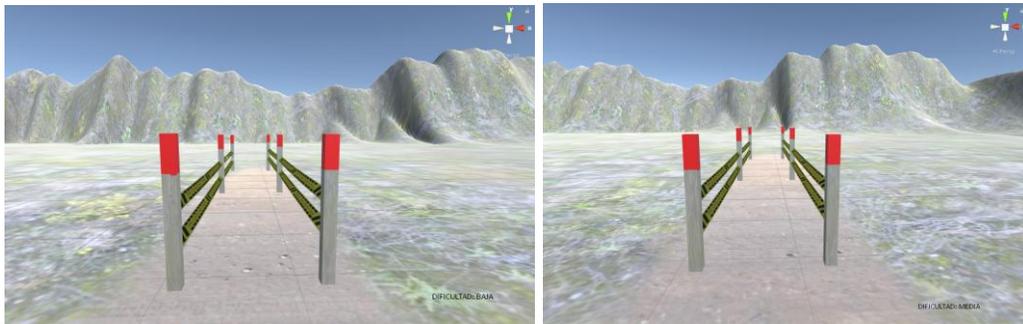


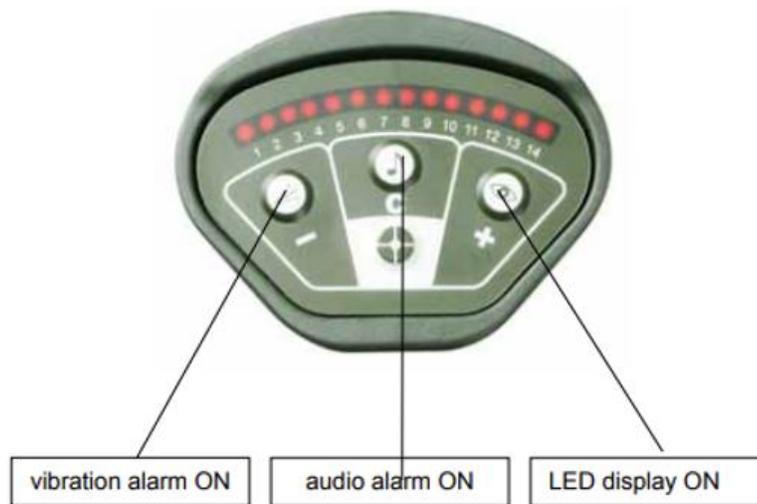
Ilustración 46 Dificultad del escenario de Manaure
Fuente: Autor, 2019

4.1.5. DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DEL DETECTOR DE METALES

El Modelo del detector de metales es parte fundamental para el desarrollo del simulador de desminado humanitario, para la selección de la marca de detección se realizó una investigación para dar a conocer el modelo de detector de metales que más es utilizado en los procedimientos de desminado. Esta referencia es la VMH3CS de la empresa Vallon GmbH.

Para entender el funcionamiento del detector fue necesario contar con el manual de operación en el cual encontramos las configuraciones de alarmas y el procedimiento inicial para realizar antes de la operación en el terreno del detector.

Estas configuraciones se realizan de la siguiente manera:



Los siguientes modos de alarma son posibles:

	-	solo vibración (modo silencioso)
	C	solo alarma de audio
	+	Pantalla LED solamente
and	- and C	vibración y alarma de audio
and	- and +	alarma de vibración y pantalla LED
and	+ and C	Pantalla LED y alarma de audio
and and	- and C and +	vibración y alarma de audio y pantalla LED (modo estandar)

Ilustración 47 Configuración de alarmas

Fuente: Manual del Detector VMH3CS [27]

En el simulador de desminado humanitario se diseñó los periféricos externos donde su diseño lo veremos más adelante.

La creación del modelo a escala 3D se desarrolló en 3Ds Max y cuenta con todas las medidas reales del detector Vallon VMH3CS encontradas en el manual de operaciones

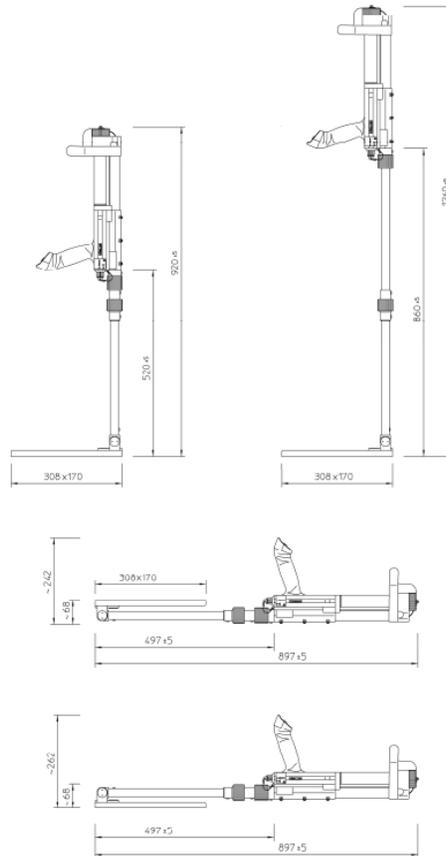


Ilustración 48 Dimensiones del Detector Vallon VHM3CS

Fuente : Manual del detector VHM3CS[27]

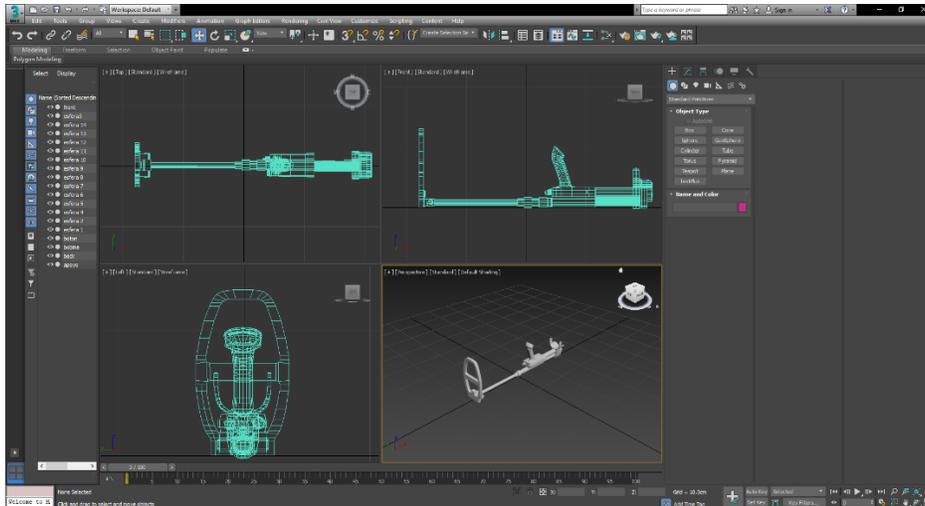


Ilustración 49 Diseño del detector de metales 3Ds Max
Fuente: Autor, 2019

Al momento de diseñar el detector se tuvo que tener en cuenta la cantidad de los polígonos que conforman el modelo y así no presentar problemas a la hora de importarlo a nuestro proyecto en Unity.

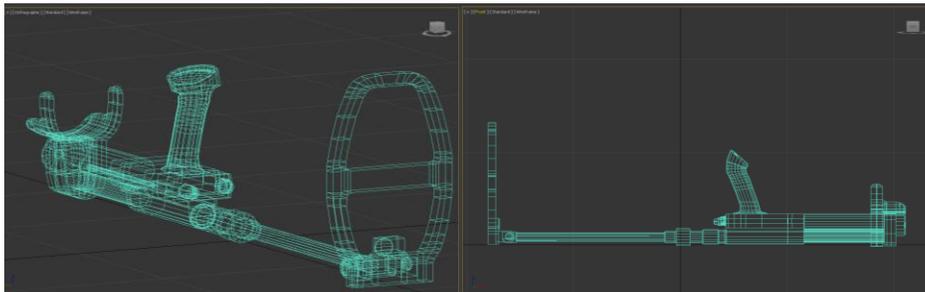


Ilustración 50 Modelo en 3Ds Max del detector vallon VHM3CS
Fuente: Autor, 2019

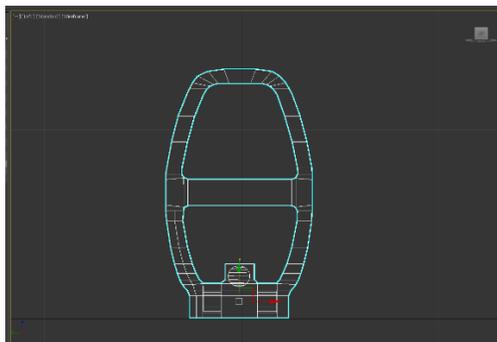


Ilustración 51 Diseño de la bobina del detector de metales VHM3CS
Fuente: Autor, 2019

El resultado del diseño en 3Ds Max es el siguiente:

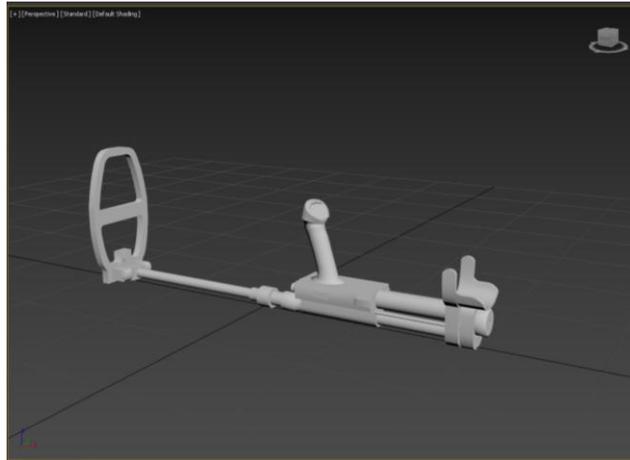


Ilustración 52 Modelo 3D del detector de metales VHM3CS
Fuente: Autor, 2019

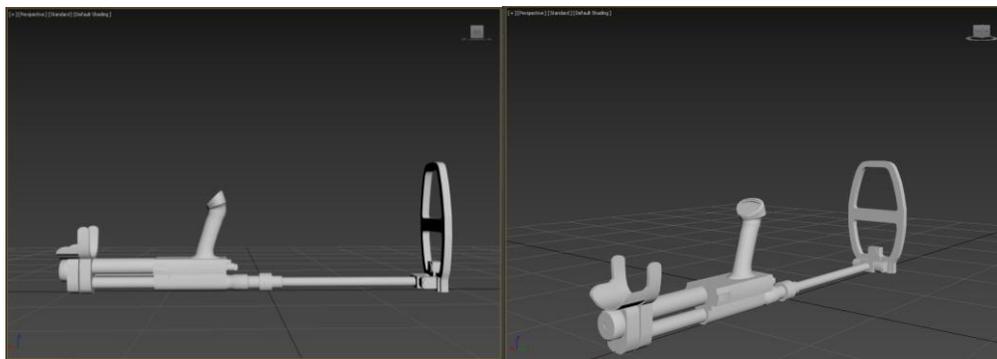


Ilustración 53 Vista lateral modelo 3D del detector de metales VHM3CS
Fuente: Autor, 2019

En el panel de control los leds son independientes de la estructura con el fin de controlar el material por medio del software de simulación y originar el encendido y apagado de los leds de acuerdo a la proximidad de la amenaza.



Ilustración 54 Modelo 3D panel de control del detector de metales VHM3CS
Fuente: Autor, 2019

Para la creación del Diseño en 3D del detector de metales Vallon VMH3CS se contó con la asesoría del equipo de Desarrollo e investigación de la Corporación de Alta Tecnología para la Defensa.

Una parte fundamental en el diseño del detector de metales en 3D es la creación de los materiales para darle su textura y un mejor diseño en el acabado del mismo. Para esta parte se contó con la ayuda del Área de Arte y Modelado de la Corporación de Alta Tecnología para la Defensa.

Al importar el diseño al proyecto de Unity debemos asignarles las texturas a las partes del detector, este diseño de texturas se dividió en tres principales que son las siguientes:

- **Parte superior:** Conformada desde el reposabrazos ajustable hasta el conector. Las siguientes imágenes muestran las tres diferentes capas que conforman la textura de la parte superior del detector.



Ilustración 55 Materiales del detector de metales -superior
Fuente: Autor, 2019

La asignación de las tres texturas se realiza de la siguiente: primero se importan las texturas a nuestro proyecto, paso seguido se arrastran las texturas a los cuadros de Albedo, Metallic y Normal Map como se muestra en la siguiente figura:

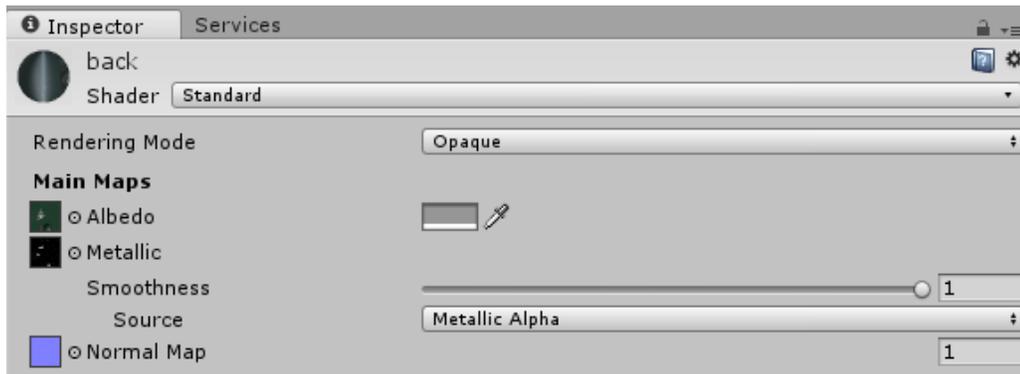


Ilustración 56 Configuración del material para el detector de metales – superior
Fuente: Autor, 2019

El resultado es el siguiente:



Ilustración 57 Aplicación del material superior
Fuente: Autor, 2019



Ilustración 58 Detalles del texturizado
Fuente: Autor, 2019

- **Parte inferior:** Está conformado desde el poste telescópico protegido contra torsión hasta la bobina del detector, las siguientes imágenes muestran las tres diferentes capas que conforman la textura de la parte inferior del detector.

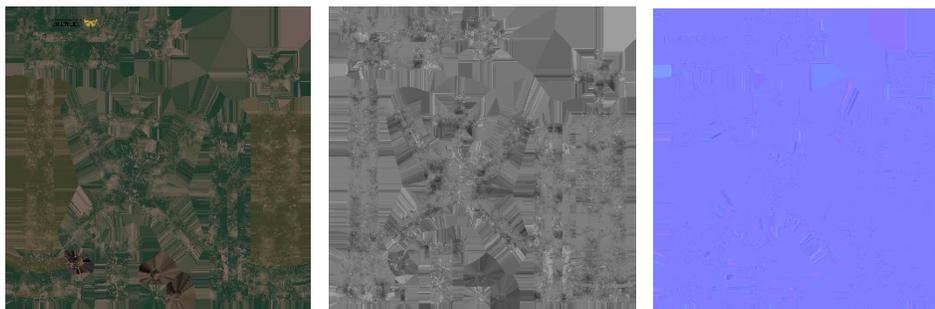


Ilustración 59 Materiales para el detector de metales – inferior
Fuente: Autor, 2019



Ilustración 60 Resultado final de la aplicación de la textura
Fuente: Autor, 2019



Ilustración 61 Bobina del detector

Fuente: Autor, 2019

- **Parte de leds:** Conformada por los catorce leds para la alarma visual del detector, para el encendido y apagado de los leds se creó dos materiales: uno negro para simular el apagado y uno rojo para el encendido.

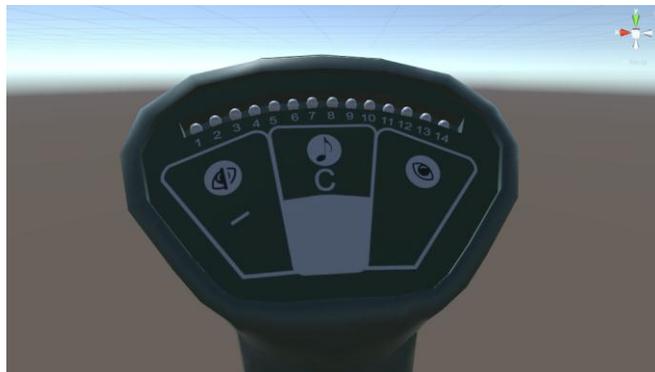


Ilustración 62 Panel de control del detector de metales VHM3CS

Fuente: Autor, 2019

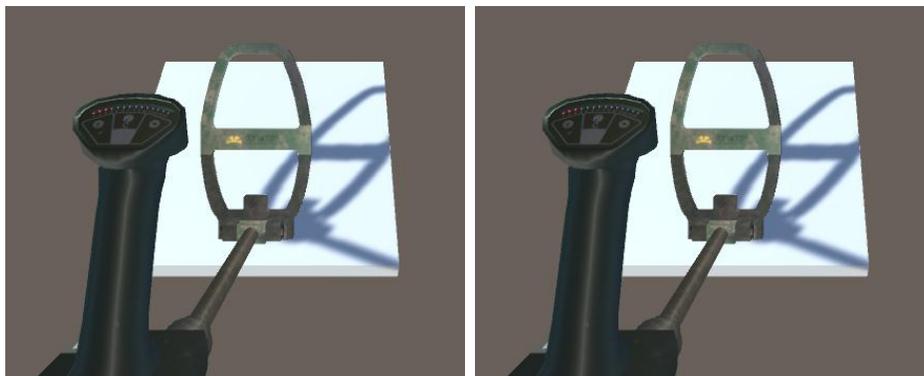


Ilustración 63 Funcionamiento del detector

Fuente: Autor, 2019

3.1.5.1 FUNCIONAMIENTO Y LÓGICA DEL DETECTOR VIRTUAL VHM3CS

La programación para el funcionamiento del detector de metales se realizó teniendo en cuenta el manual de operación del detector vallon VHM3CS el cual brinda todas las características operativas del detector, así como también la mayor distancia de detección, con la configuración que se realizó previamente a la mina virtual podemos establecer la distancia de la bobina con relación a la mina detectada, esto con el fin de demarcar y configurar la alarma visual.

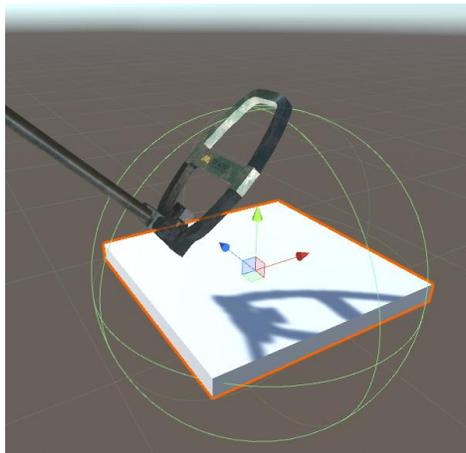


Ilustración 64 Prueba de operación del detector
Fuente: Autor, 2019

El diseño del funcionamiento del detector de metales se conforma por dos scripts, el primero nos permite delimitar la alarma visual de acuerdo a la distancia entre la mina y el segundo script nos permite el cambio de textura para recrear el evento de encendido y apagado del led.

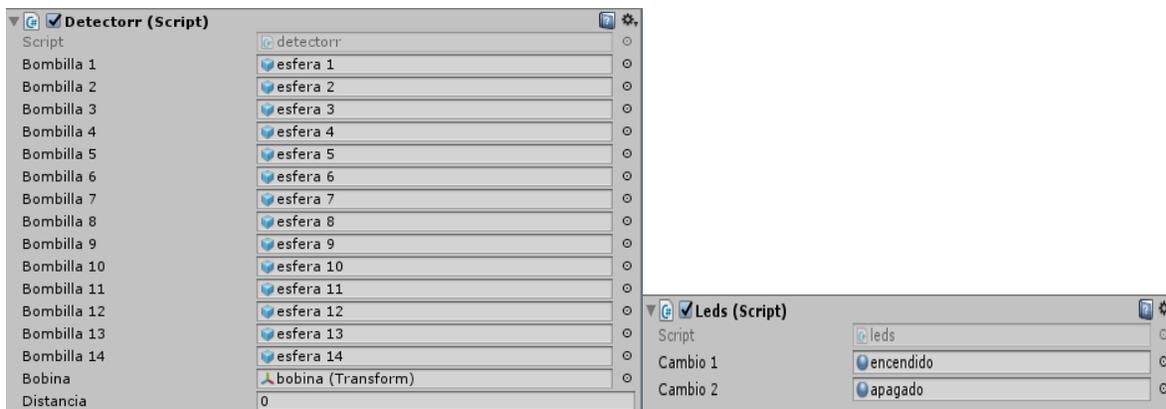


Ilustración 65 Configuración de los scripts del detector de metales y el on-off de los leds
Fuente: Autor, 2019

La lógica del primer script para el código del detector de metales se encuentra en el siguiente diagrama.

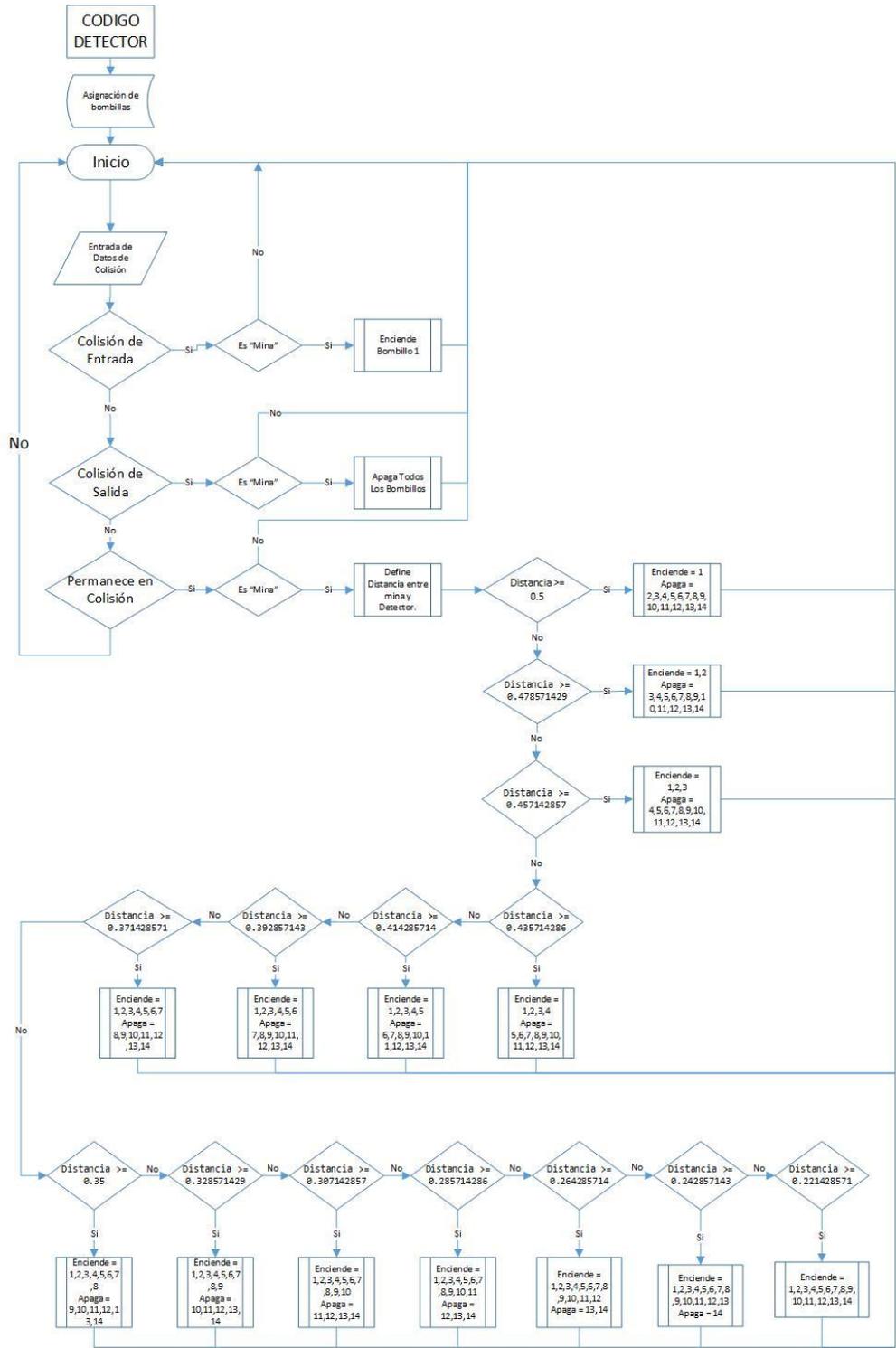


Ilustración 66 Lógica del detector de metales
Fuente: Autor, 2019

La lógica del segundo script que conforma el código del detector de metales se encuentra en el siguiente diagrama.

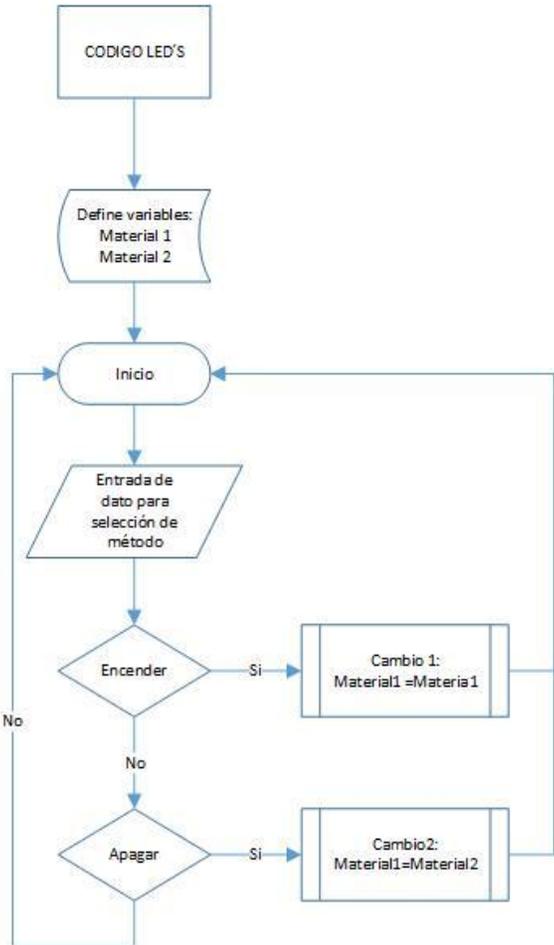


Ilustración 67 On - Off de los Led's

Fuente: Autor, 2019

4.1.6. CREACIÓN DE SEÑALIZACIÓN Y ELEMENTOS DE MARCACIÓN DEL TERRENO

La creación de las señalizaciones se desarrolló teniendo en cuenta el manual de señalización, marcación y organización de sitio de trabajo de los Estándares Nacionales de Desminado Humanitario.

El diseño se desarrolló a través de adobe Photoshop y las imágenes se exportaron en formato PNG.

Para la creación de la señalización en Unity se utilizó dos objetos cúbicos los cuales se moldearon para crear la forma de un aviso, posteriormente se crea un material y le aplicamos la textura anteriormente diseñada.

Para la señalización con formas diferentes a un cuadrado se realizó una configuración a la textura desde la interfaz de Unity.

A continuación, se indican las diferentes marcaciones utilizadas en el simulador de desminado humanitario



Ilustración 68 Señalización en forma de triangulo
Fuente: Autor, 2019



Ilustración 69 Señalización en forma de circulo
Fuente: Autor, 2019



Ilustración 70 Señalización en Forma de cuadrado
Fuente: Autor, 2019



Ilustración 71 Señalización de área de detección
Fuente: Autor, 2019



Ilustración 72 Señalización de comprobación de detectores
Fuente: Autor, 2019



Ilustración 73 Señalización área peligrosa
Fuente: Autor, 2019



Ilustración 74 Señalización de prohibido el paso
Fuente: Autor, 2019

La creación de la textura de la cinta de peligro se realizó en Adobe Photoshop y se aplicó a través de un script que nos permite configurar la física del objeto para poder asimilarla a la contextura de la cinta real. Este script se encuentra de forma gratuita en la siguiente dirección: <https://github.com/NoxWings/Cable-Component>.

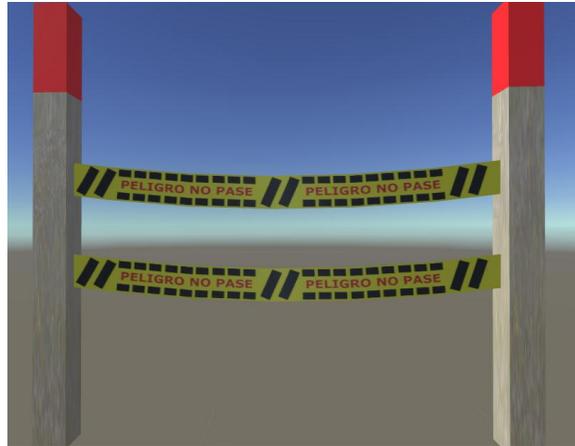


Ilustración 75 Cinta de peligro
Fuente: Autor, 2019

La realización de las estacas está conformada por dos objetos cúbicos 3D que se moldearon para recrear la forma deseada. La textura utilizada fue creada dentro del software de Unity a través de un Material que se configuró previamente y se aplicó a los objetos 3D.

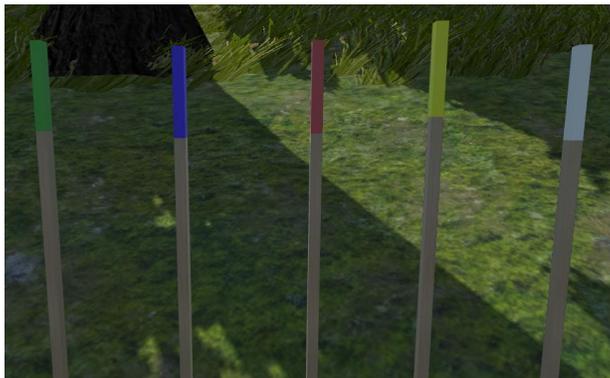


Ilustración 76 Estacas
Fuente: Autor, 2019

4.1.7. MARCACIÓN DEL SUELO

La marcación del suelo se diseñó a través de dos assets gratuitos en la Asset Store de Unity. El primero Asset fue Deodorant-Body spray! Que se utilizó para el modelo en 3D del spray.

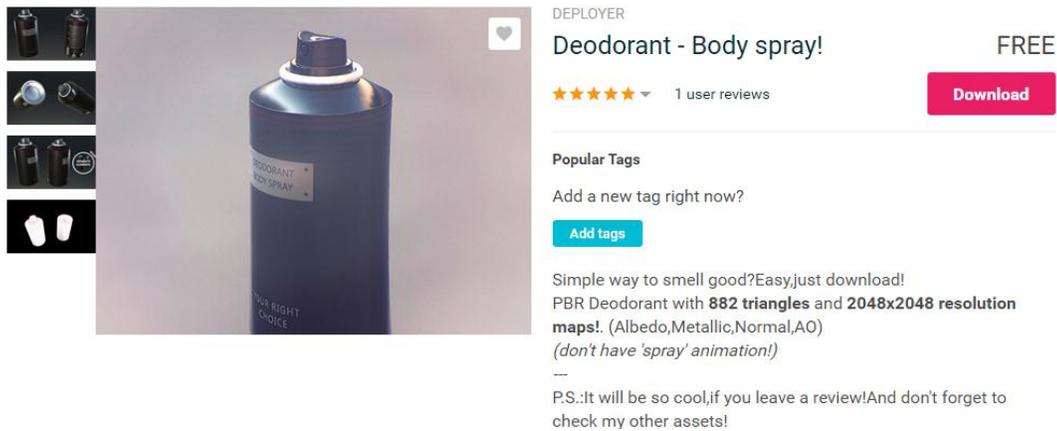


Ilustración 77 Modulo 3d detector de metales
Fuente: Autor, 2019

Para recrear el efecto de la salida del líquido se creó un sistema de partículas en Unity y se le aplicó un collider para la detección de colisiones.

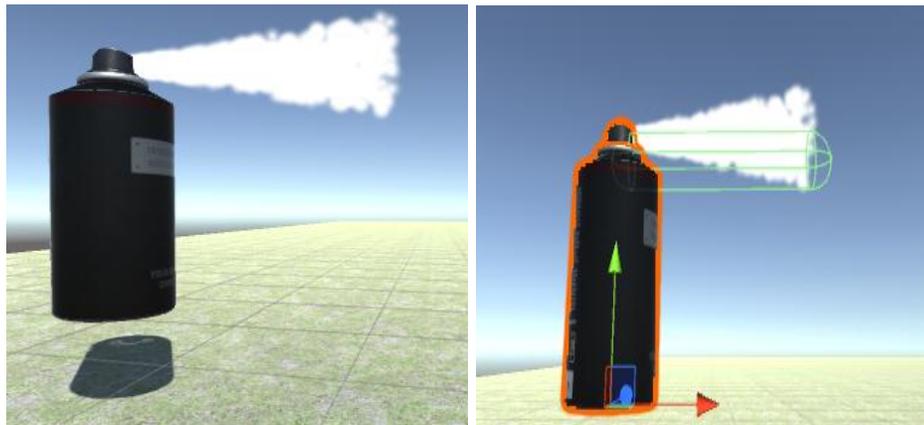


Ilustración 78 Modelo spray
Fuente: Autor, 2019

Para recrear el efecto de pintar el suelo se utilizó el asset Ink Painter que se encuentra en la Asset Store de Unity.



Ilustración 79 Asset de Ink Painter en Unity Asset Store
Fuente: Autor, 2019

Este asset contiene dos scripts, uno se le asigna a un plano que posteriormente le aplicamos una textura transparente y el otro script lo asignamos al modelo 3D del spray más exactamente en el elemento que contiene el collider que creamos con el sistema de partículas.

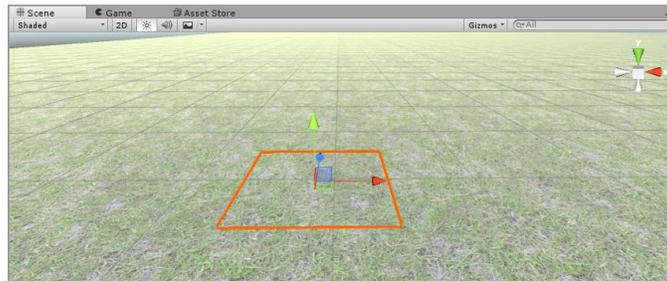


Ilustración 80 Plano de pintura
Fuente: Autor, 2019

El resultado de las configuraciones previas es el siguiente:

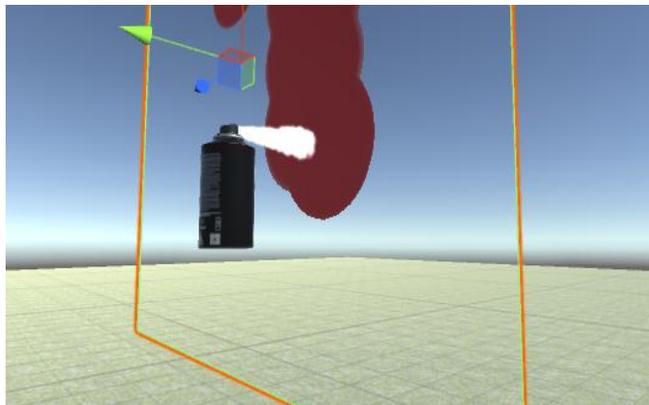


Ilustración 81 Funcionamiento del Spray **Fuente:** Autor, 2019

Cuando el elemento del spray hace colisión con el plano transparente la librería se activa cambiando la textura del plano en el punto exacto de colisión recreando el efecto de pintar el suelo.

4.1.8. INTERACCIÓN DE FÍSICAS DENTRO DEL SOFTWARE DE SIMULACIÓN

El diseño del simulador de desminado humanitario contempla la siguiente configuración para la interacción de los elementos dentro del software de simulación. Esta configuración es global en el proyecto.

Es válido aclarar que para el funcionamiento de la programación de interacción y físicas entre objetos los elementos deben contener un Rigidbody y un collider dentro de su estructura.

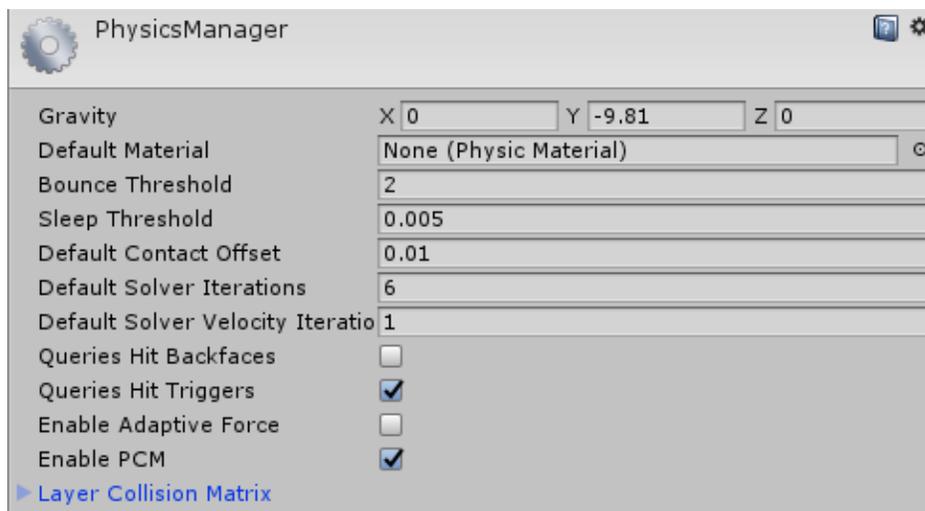


Ilustración 82 Configuración de físicas

Fuente: Autor, 2019

A cada elemento se le fue asignada una capa la cual configuramos sus interacciones con los demás elementos. La siguiente imagen se muestra la configuración por capas del software de simulación.

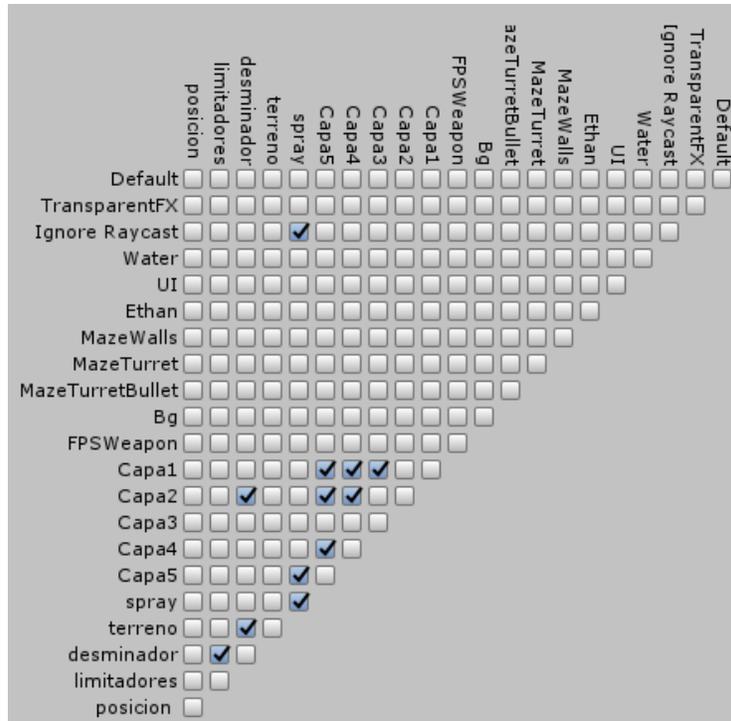


Ilustración 83 Configuración de la interacción entre objetos
Fuente: Autor, 2019

Para comprender mejor la configuración de interacción entre objetos se presenta el siguiente diagrama:

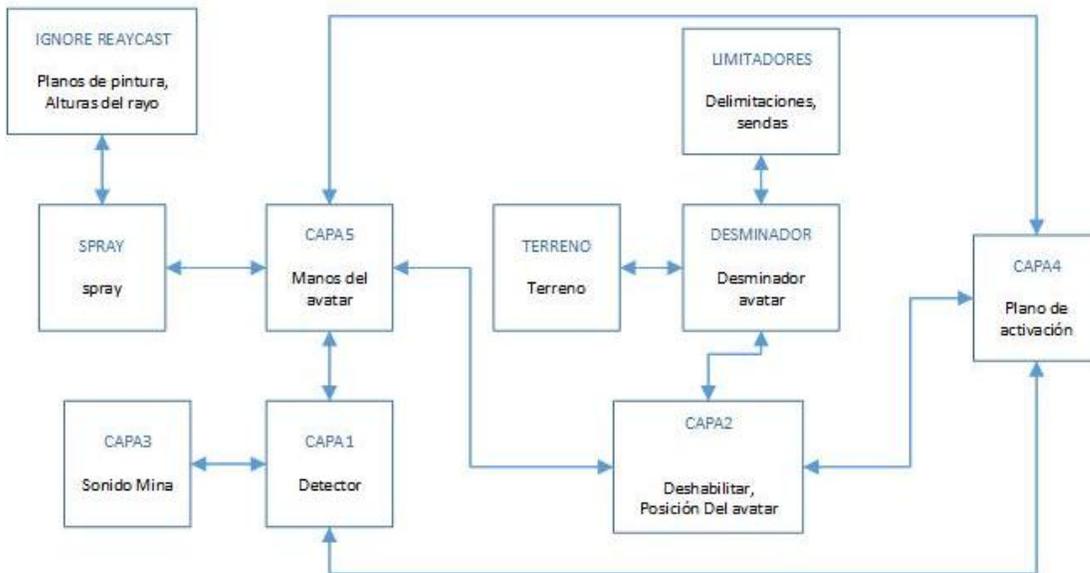


Ilustración 84 Diagrama de interacción
Fuente: Autor, 2019

4.2. DISEÑO DE ESTACIÓN DEL INSTRUCTOR

A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los componentes de la estación de Instructor:

4.2.1. DISEÑO DEL SOFTWARE PARA LA ESTACIÓN DEL INSTRUCTOR

El diseño de la interfaz gráfica del instructor se realizó utilizando la tecnología WPF que es una herramienta de Microsoft, utilizando el framework de Visual studio con programación en XAML y C#.



Ilustración 85 Diseño del software del instructor
Fuente: Autor, 2019

El software del instructor se compone de 5 módulos de configuración en la ventana principal, los cuales son:

- **SELECCIÓN DE MAPA:** Para la creación de diferentes ejercicios se creó cuatro escenarios con condiciones geográficas diferentes, en esta opción se puede seleccionar el escenario a desarrollar por el estudiante. Para esto damos clic en MAPAS.



Ilustración 86 Botón de Ventana Mapas
Fuente: Autor, 2019



Ilustración 87 Ventana de selección de escenarios
Fuente: Autor, 2019

En la nueva ventana encontramos dos botones para realizar la selección, un botón para almacenar la configuración y un botón para devolvemos a la ventana anterior, cada escenario cuenta con una breve descripción de la misión y del ejercicio, para guardar la configuración damos clic en el icono de guardar.

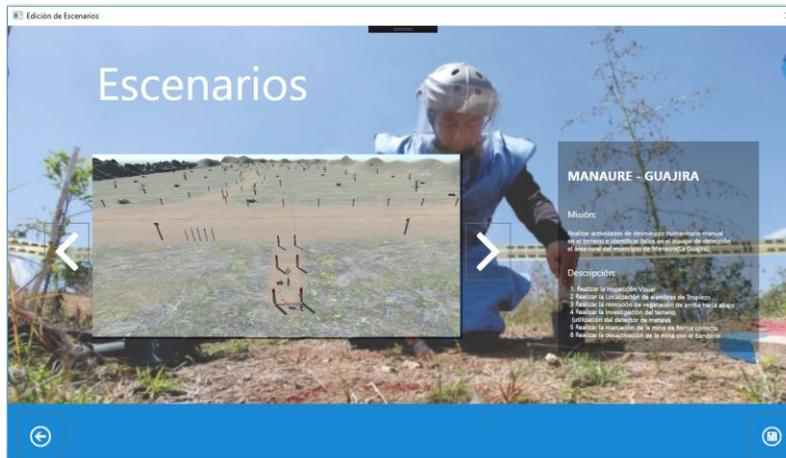


Ilustración 88 Ventana de selección de escenarios - clic Manaure
Fuente: Autor, 2019

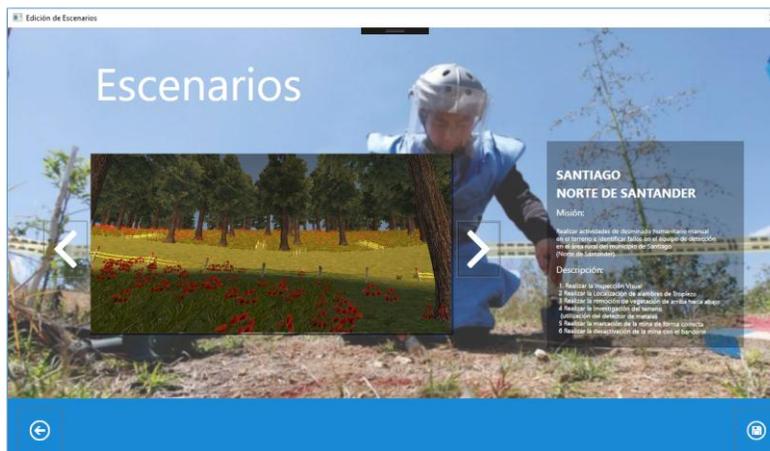


Ilustración 89 Ventana de selección de escenarios - clic Santiago
Fuente: Autor, 2019



Ilustración 90 Ventana de selección de escenarios - clic Chaparral
Fuente: Autor, 2019



Ilustración 91 Ventana de selección de escenarios - clic Finca
Fuente: Autor, 2019

Al seleccionar el escenario y almacenar la configuración, la interfaz principal mostrara una de las siguientes pantallas de acuerdo al escenario seleccionado.



Ilustración 92 Ventana Principal Instructor después de selección del escenario
Fuente: Autor, 2019

- **SELECCIÓN DEL NUMERO DE MINAS:** Para determinar el numero de minas de la mision se debe dar clic en el numero deseado dentro del siguiente recuado.



Ilustración 93 Selección de Minas - Ventana del instructor
Fuente: Autor, 2019

- **CONFIGURACIÓN DE MINAS:** para configurar la Posición de mina damos clic en el siguiente icono.



Ilustración 94 Selección de la posición de las minas
Fuente: Autor, 2019

En esta ventana podemos configurar la posición de la mina dentro de los límites marcados de color rojo y negro. El software guarda las posiciones de cada clic que se da dentro de los parámetros definidos y lo guarda en una variable al dar clic en el icono de guardar.



Ilustración 95 Ventana de posición de las minas
Fuente: Autor, 2019

Las siguientes figuras son ejemplos de posiciones de acuerdo al número de minas seleccionados.

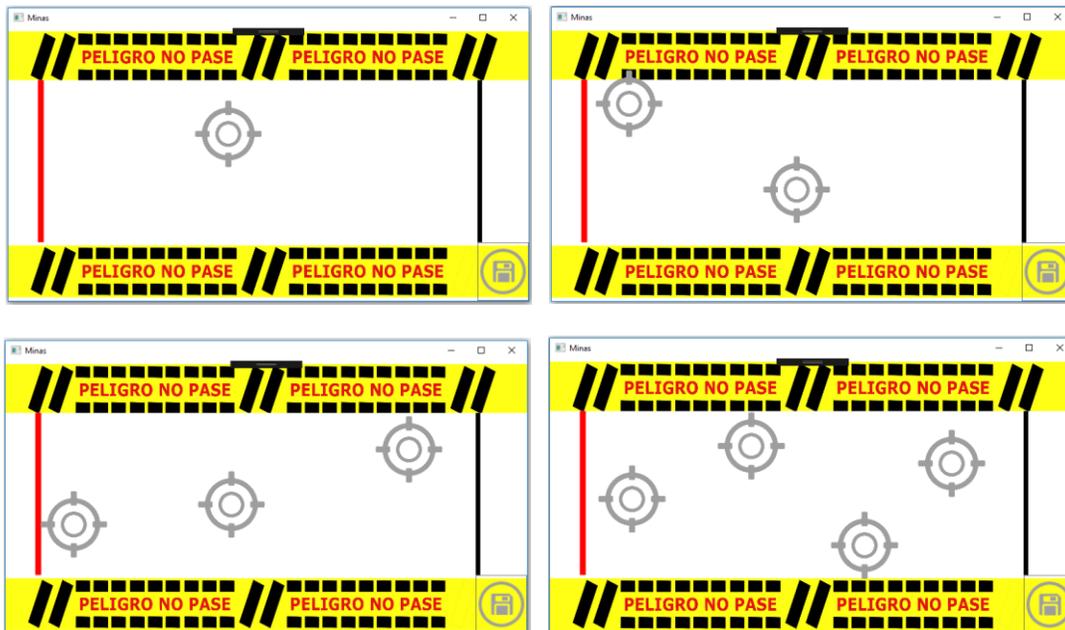


Ilustración 96 Ejemplo de posiciones de las minas
Fuente: Autor, 2019

Cuando guardamos las posiciones de las minas nuestro icono de posición cambia de color danco a conocer que ya existe una configuración establecida.



Ilustración 97 Icono de posición cambia de color
Fuente: Autor, 2019

- **CONFIGURACIÓN DE DIFICULTAD:** Para configurar la dificultad damos clic en cualquiera de las tres opciones:



Ilustración 98 Nivel de dificultad - Ventana instructor
Fuente: Autor, 2019

- **INICIO:** Es el botón de inicio de simulación, este botón inicia la simulación y envía los datos correspondientes de la configuración del ejercicio.



Ilustración 99 Botón de inicio de simulación
Fuente: Autor, 2019

4.3. DISEÑO DEL SOFTWARE DE COMUNICACIÓN

El software de comunicación se diseñó basado en el método del Socket que permite la conexión de un programa cliente a un programa servidor mediante protocolo TCP, el programa cliente se diseñó en C# y se encuentra en el método del botón de Inicio en el software de la estación del instructor y el programa del servidor lo encontramos en C# en el proyecto de Unity y se ejecuta al iniciar el programa del software del estudiante. La configuración del socket se realizó mediante la dirección IP local a través del puerto “1234”.

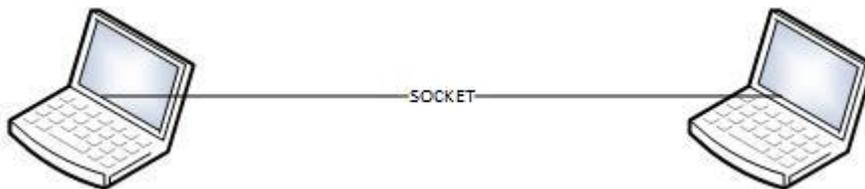


Ilustración 100 Comunicación de Sockets
Fuente: Autor, 2019

La comunicación del hardware del detector con la estación del estudiante se diseñó de la siguiente forma:

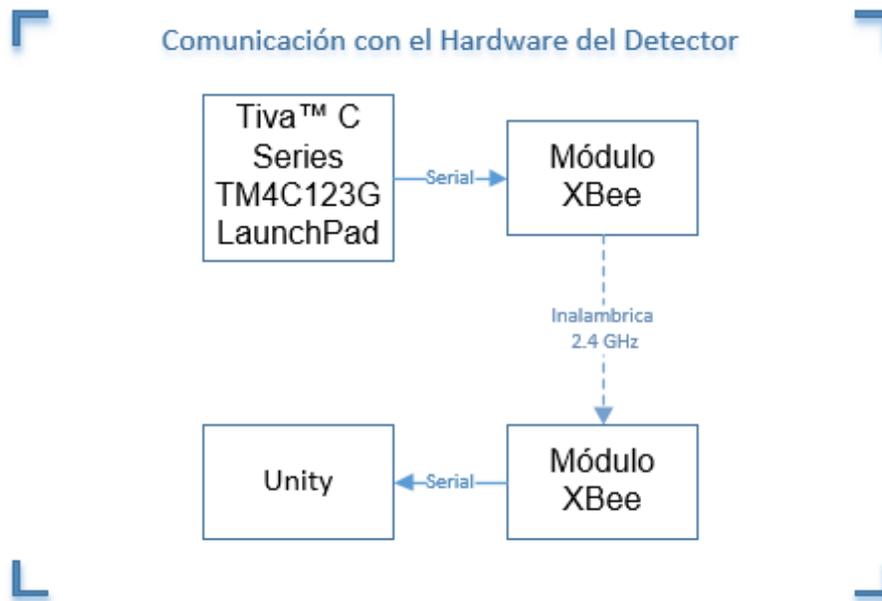


Ilustración 101 Diagrama de bloques para la comunicación del hardware del detector
Fuente: Autor, 2019

4.4. EVALUACIÓN DEL EJERCICIO

La evaluación de los ejercicios cuenta con dos calificaciones, estas son:

- Aprobado – Misión Cumplida
- No aprobado – Misión Fallida

Estas calificaciones aparecerán en la pantalla del estudiante al momento de cumplir o fracasar la misión.



Ilustración 102 Misión fallida
Fuente: Autor, 2019



Ilustración 103 Misión cumplida
Fuente: Autor, 2019

4.5. CONFIGURACIÓN DE INICIO

La Lógica de inicio del software del estudiante la encontramos en esta configuración de inicio, en esta se recibe los datos transmitidos a través de la comunicación mediante socket y direccionamos la información a las escenas previamente diseñadas, en cada escena existe un script el cual se encarga de realizar las configuraciones preestablecidas por el software del instructor.

La lógica del script de inicio de cada escena se basa en el siguiente diagrama:

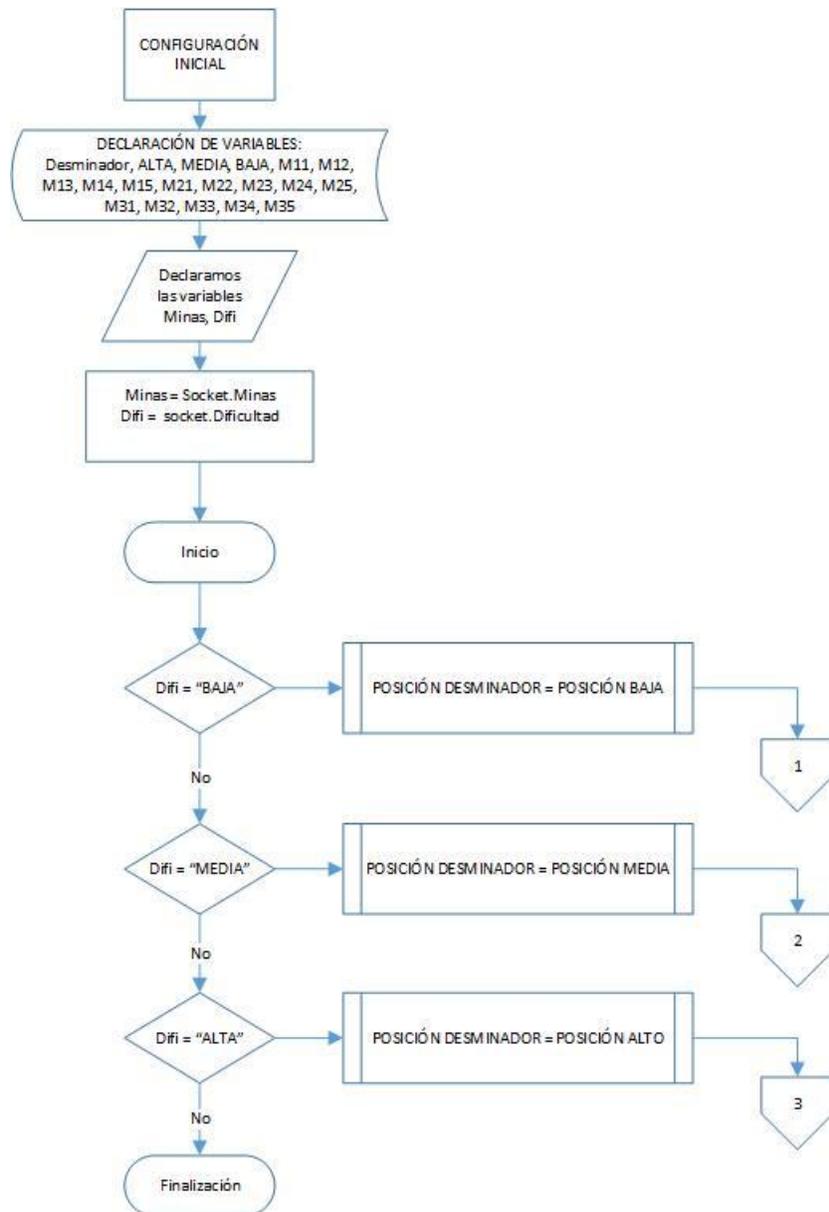


Ilustración 104 Lógica de la configuración inicial parte 1

Fuente: Autor, 2019

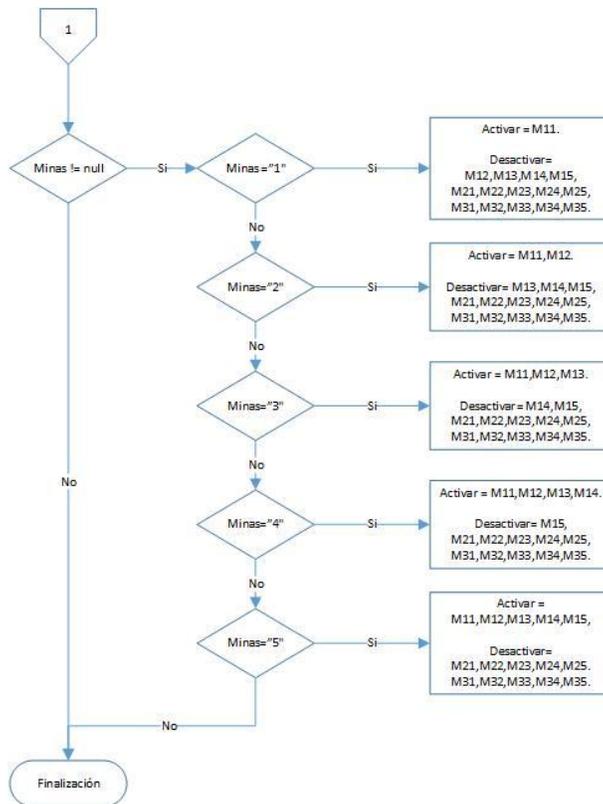


Ilustración 105 Lógica de la configuración inicial parte 2
Fuente: Autor, 2019

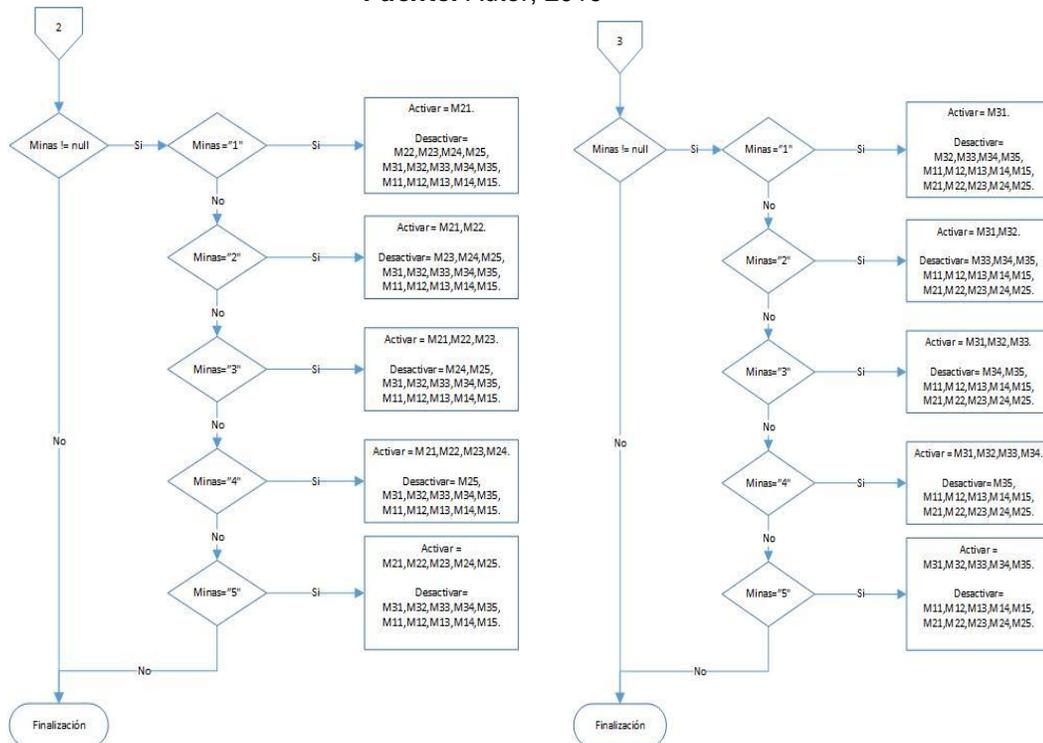


Ilustración 106 Lógica de la configuración inicial parte 3 Fuente: Autor, 2019

4.5.1. POSICIÓN INICIAL DE LAS MINAS

El software de simulación del instructor envía la posición de cada mina de acuerdo al clic que se dio dentro de la interfaz gráfica del instructor, al recibir la información el software de simulación del estudiante lo envía a los script de cada escenario para su respectiva configuración, dentro de las variables que envía se encuentra el valor numérico de la posición de cada mina con respecto a la pantalla del instructor, cada uno de esos valores (X,Y) es guardado en una variable y escarizado de acuerdo a la posición X y Z dentro del escenario de las sendas marcadas.(Anexo A)

La Lógica que compone este script es la siguiente:

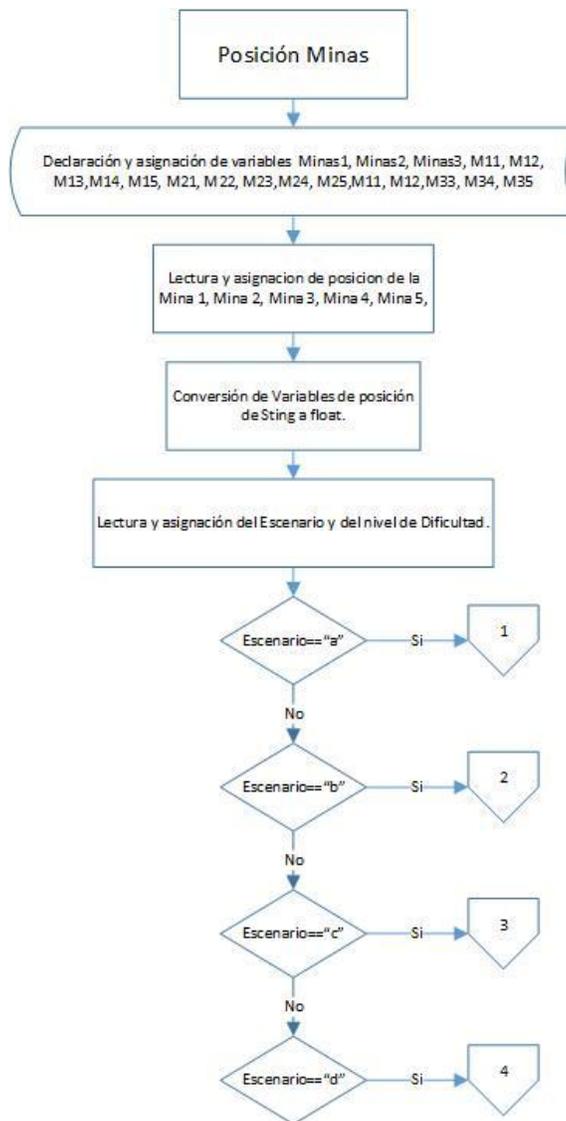


Ilustración 107 Lógica de la posición de las minas parte 1

Fuente: Autor, 2019

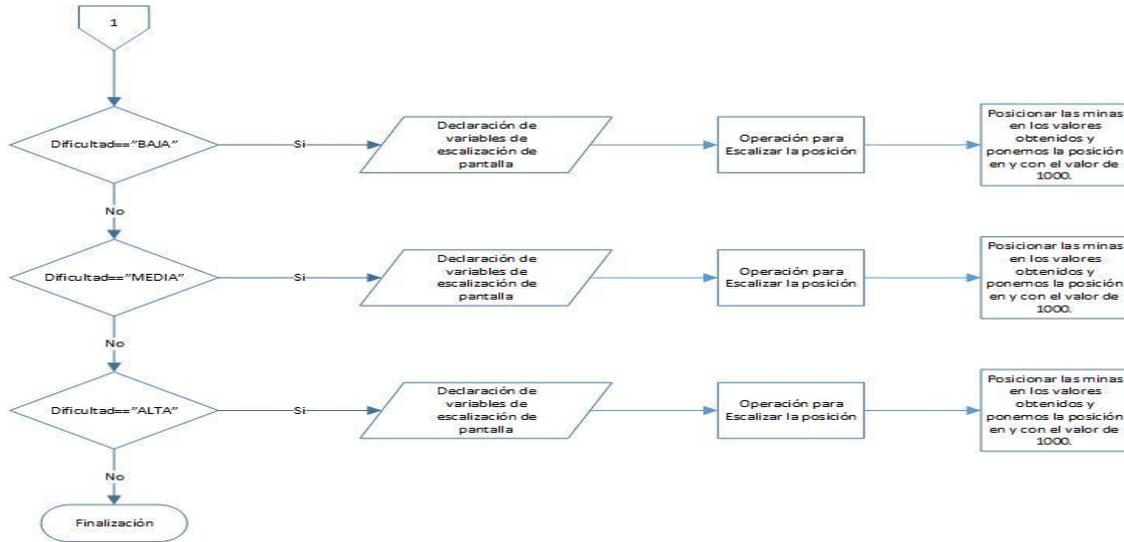


Ilustración 108 Lógica de la posición de las minas parte 2

Fuente: Autor, 2019

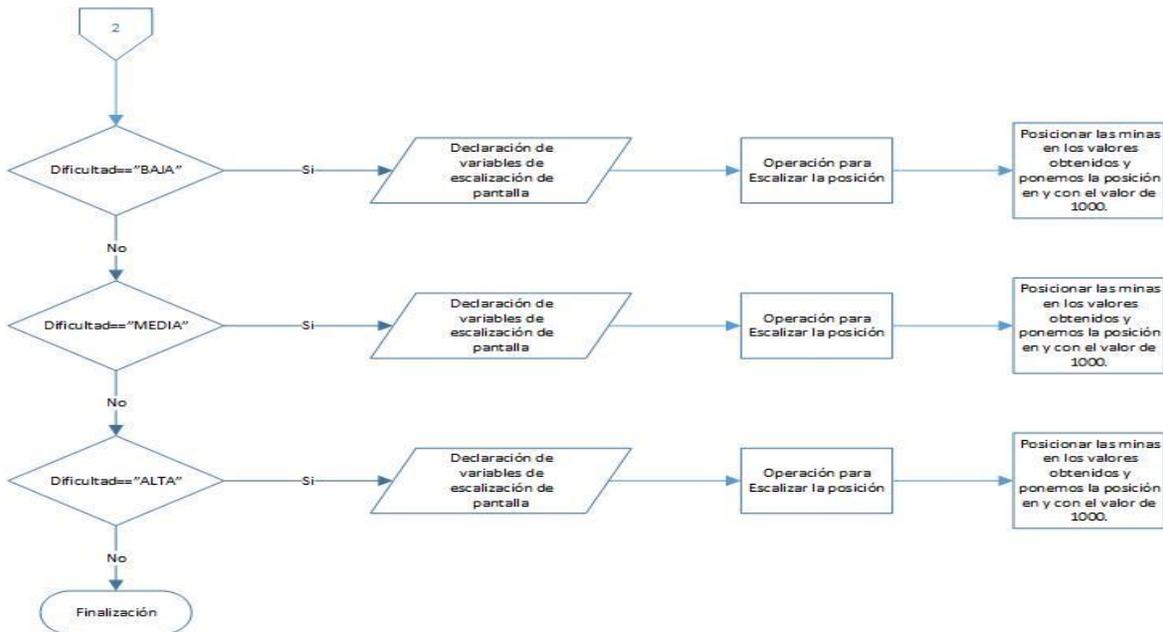


Ilustración 109 Lógica de la posición de las minas parte 3

Fuente: Autor, 2019

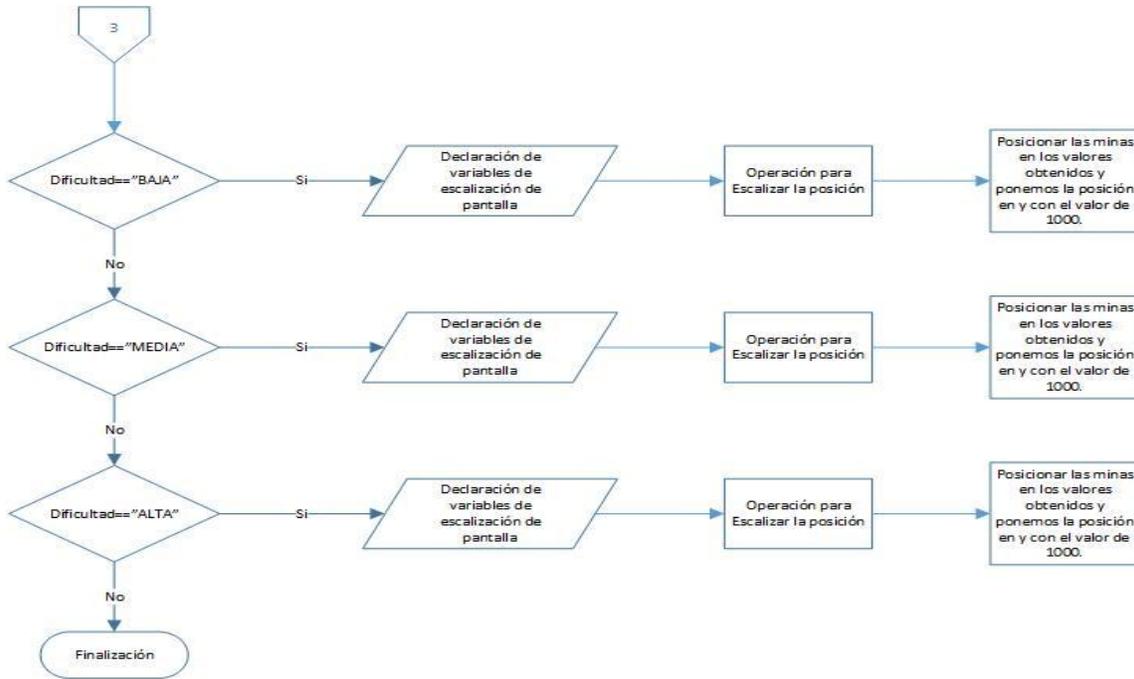


Ilustración 110 Lógica de la posición de las minas parte 4
Fuente: Autor, 2019

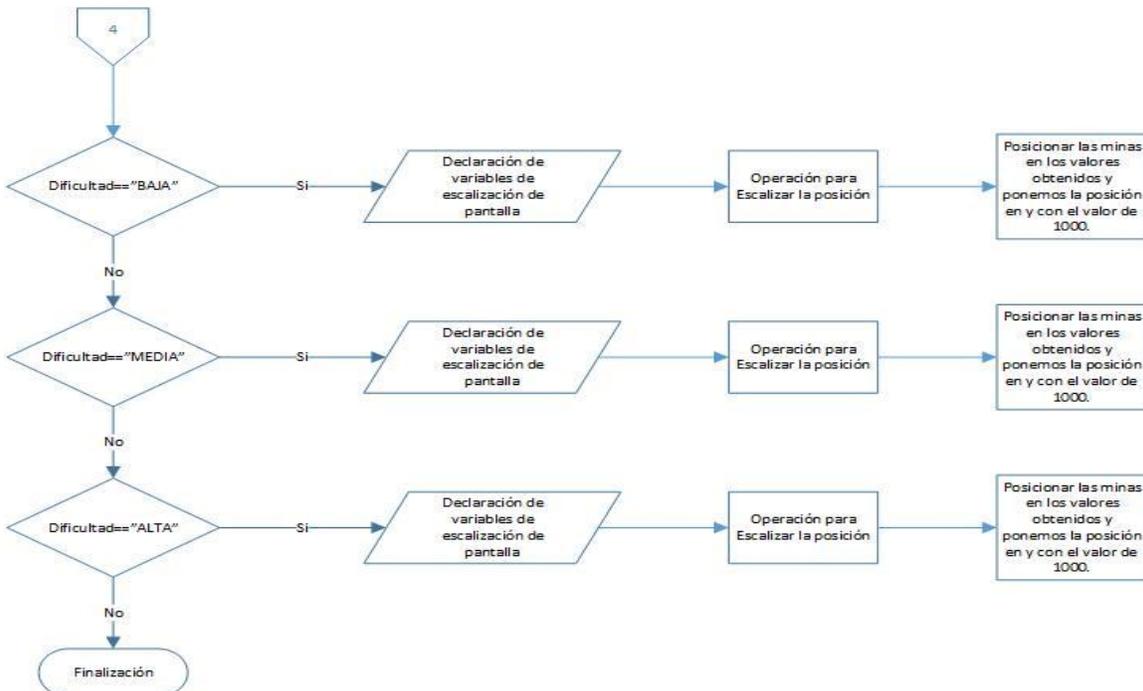


Ilustración 111 Lógica de la posición de las minas parte 5
Fuente: Autor, 2019

Parte fundamental para el posicionamiento de la mina es la ubicación en altura (EJE- Y) de acuerdo a la altura del terreno, para eso se realizó la siguiente lógica:

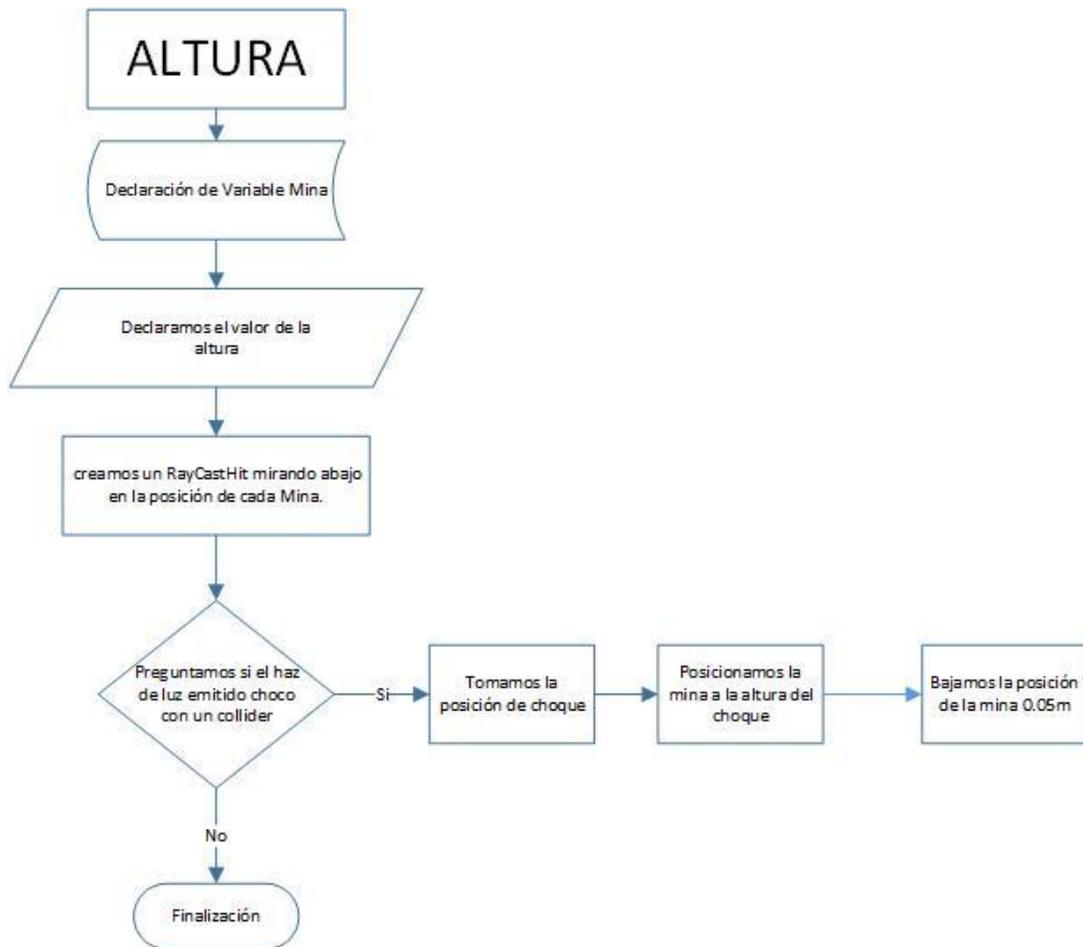


Ilustración 112 Lógica de la posición de la mina, altura eje y
Fuente: Autor, 2019

4.6. INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA

A continuación, se presenta cada uno de los componentes que se tomaron y vincularon:

4.6.1. DISEÑO DEL HARDWARE DEL SIMULADOR

El hardware que compone las dos estaciones del simulador de desminado humanitario es el siguiente:

Elemento	Especificaciones	Cantidad
Oculus Rift	Gafas de Realidad virtual.	1
Computador portátil o de escritorio	Un computador con un Procesador Intel i5-4590 o superior, la memoria RAM debe ser de 8GB, además debe contar con una Tarjeta Grafica NVIDIA GTX 970 / AMD R9 290 o superior. La salida de video tiene que ser en un puerto de salida de video HDMI 1.3 y debe contar con tres puertos USB 3.0 y uno 2.0, el sistema operativo que debe tener es superior a Windows 7 SP1 64 bits.	2
Soportes	Los soportes deben tener 1.5m de alto	4
Sensor Oculus	Los sensores Oculus hacen el seguimiento de los Estudiante	2
Proyector	El proyector ayudara a la visualización de la actividad dentro del software del estudiante.	1

Tabla 3 Diseño del hardware del simulador

Fuente: Autor, 2019

También se realizó el diseño para el hardware de comunicación de los periféricos del detector de metales para su completo funcionamiento dentro del software del estudiante, para esto se necesitó de los siguientes elementos:

Elemento	Cantidad
Tiva™ C Series TM4C123G LaunchPad	1
Módulo XBee	2
Batería 11.1V Li-Po 3000mAh	1
Lm7805 D ² PAK	1
Capacitor de 470uF electrolítico 25v	1
Capacitor de 1uF electrolítico 50v	1
Diodo 1n4001 DO-41	1
WR-COM USB 2.0 Type A Horizontal THT	1
Bornera Terminal Block KF128 2P 5mm	1
Adaptador Xbee Explorer USB	1
Cable USB a Micro USB	1
Regleta macho sencilla.	2
Conector hembra 10pin 2mm para Xbee	2
Baquelita Virgen FR4 150MMX200MMx1.2MM	1
Acido Férrico liquido	1
Papel Fotográfico	2

Tabla 4 Elementos del hardware del simulador

Fuente: Autor, 2019

El diseño del hardware se realizó a través del software de diseño Altium Designer. El hardware de comunicación para el funcionamiento del detector se divide en dos,

- Circuito de Comunicación Tiva-Xbee
- Circuito de Potencia.

CIRCUITO DE COMUNICACIÓN TIVA-XBEE: Mediante este circuito se estableció el funcionamiento del hardware, vinculando acciones de los botones físicos como: configuración de alarmas de detección, encendido y apagado del detector, configuración de terreno mineralizado, entre otros.

El circuito de comunicación para la Tiva™ C Series TM4C123G LaunchPad se desarrolló cumpliendo los requerimientos del simulador, la primera actividad que se desarrollo fue el montaje y funcionamiento del circuito, configuración de los módulos XBee, posteriormente la programación del microcontrolador y la integración al programa de simulación del estudiante para la lectura del puerto serial.

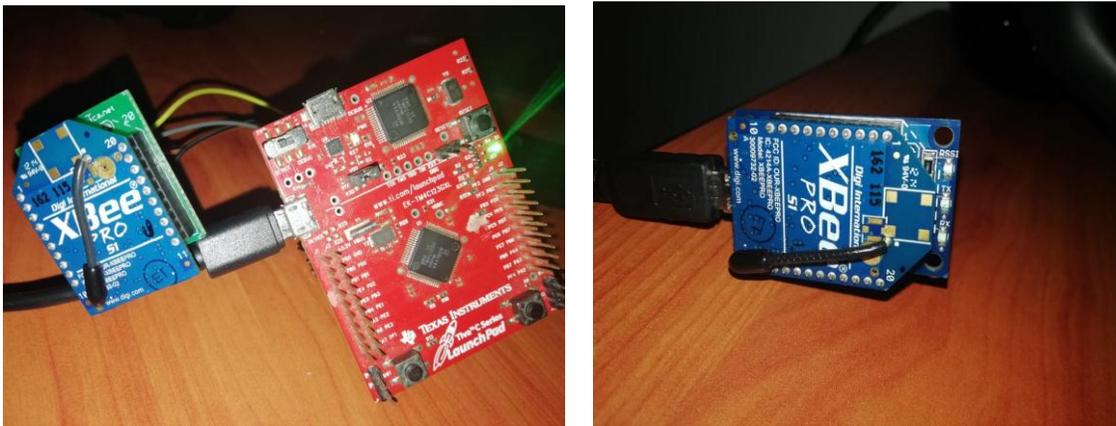


Ilustración 113 Comunicación del hardware del detector
Fuente: Autor, 2019

Se diseñó el circuito de Comunicación Tiva-XBee en Altium Desinger, este diseño consta de una placa la cual ajustamos en los pines de la Tiva™ C Series TM4C123G LaunchPad y posteriormente ajustamos la XBee.

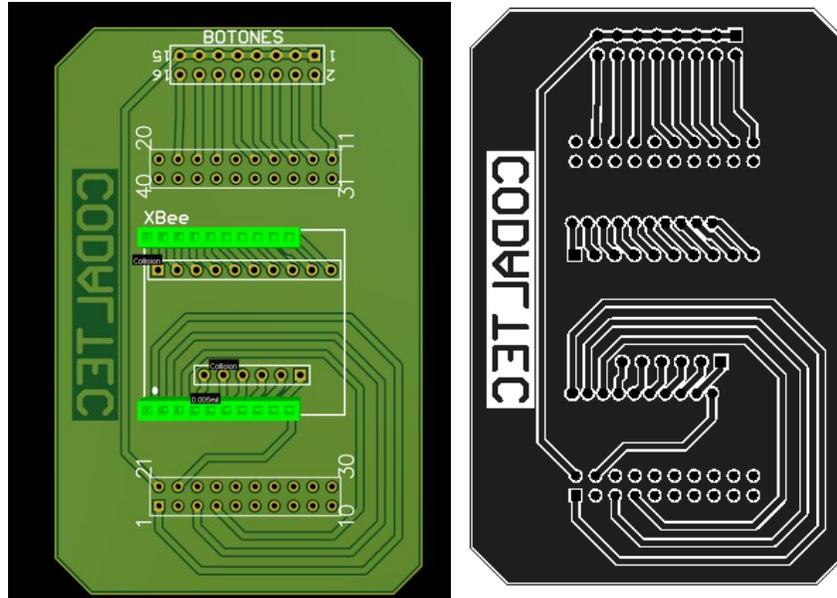


Ilustración 116 Diseño de la PCB de comunicación - Visual 3D y plantilla para imprimir
Fuente: Autor, 2019

CIRCUITO DE POTENCIA:

El diseño del circuito del circuito de regulación a 5v para alimentar la Tiva™ C Series TM4C123G LaunchPa, el circuito utilizado se basó en el circuito de regulación de salida fija del datasheet del Lm7805.[24]

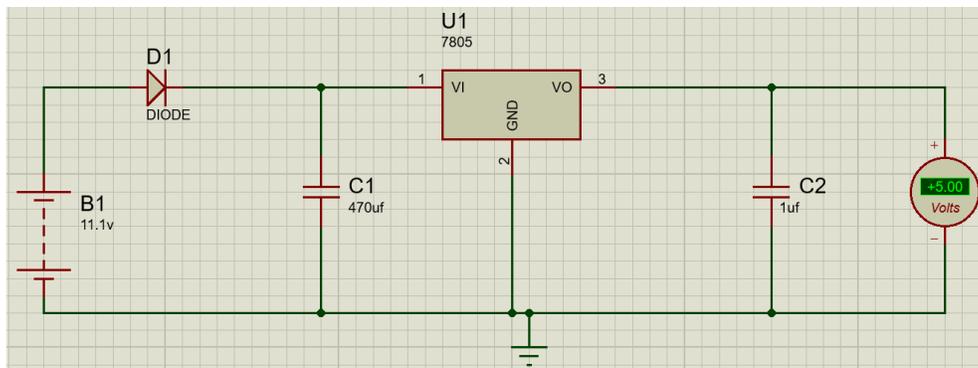


Ilustración 117 Simulación Regulator 5V
Fuente: Autor, 2019

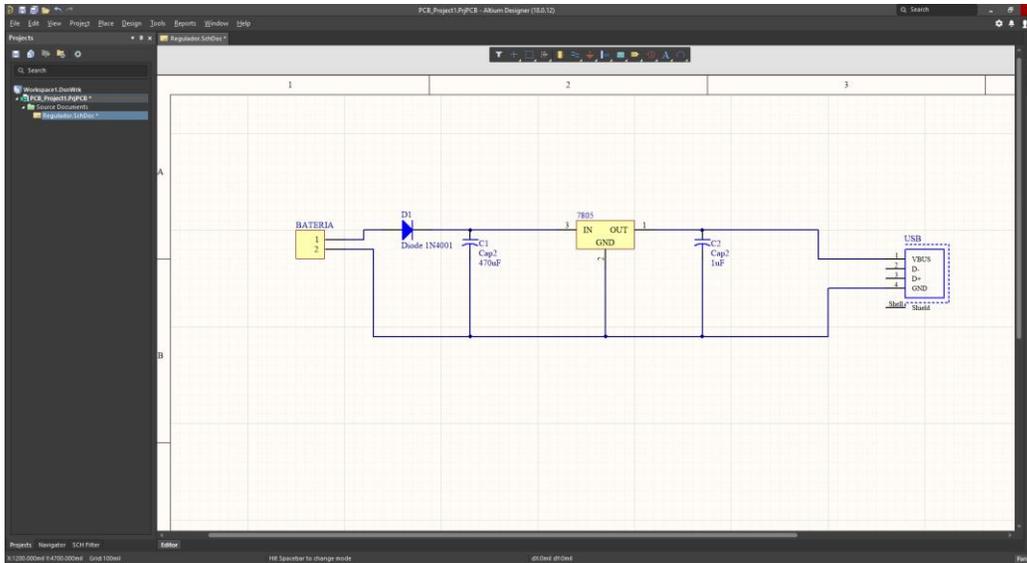


Ilustración 118 Diseño esquemático potencia
Fuente: Autor, 2019

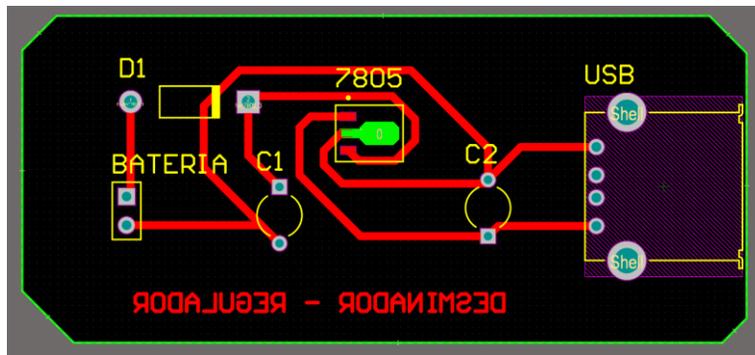


Ilustración 119 Circuito Pcb con conexiones
Fuente: Autor, 2019

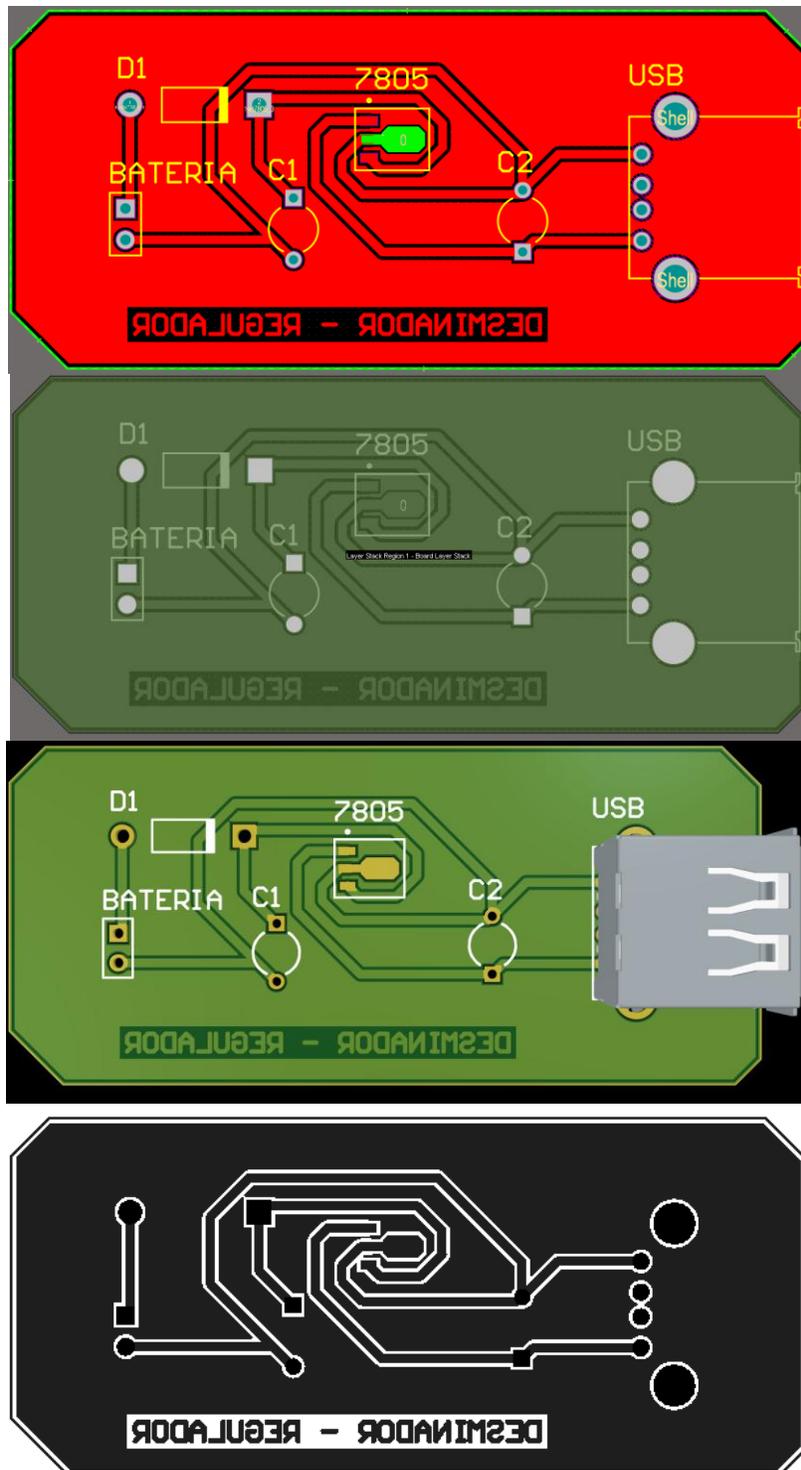


Ilustración 120 Diseño Pcb Circuito de potencia
Fuente: Autor, 2019

4.6.2. DISTRIBUCIÓN DEL HARDWARE DE SIMULACIÓN

Para el simulador de desminado humanitario se diseñó la siguiente distribución del hardware En un espacio de 8 metros por 3,025 metros, debe presentar una altura mínima de 2 metros y condiciones de luz controlada para mejorar el funcionamiento de los sistemas de detección de movimiento, y de esta manera potencializar la funcionalidad del sistema de visualización empleado.

A continuación, se presentan la distribución sugerida, mencionando que esta sería la distancia y parámetros mínimos para la óptima ejecución dentro de los escenarios desarrollados.

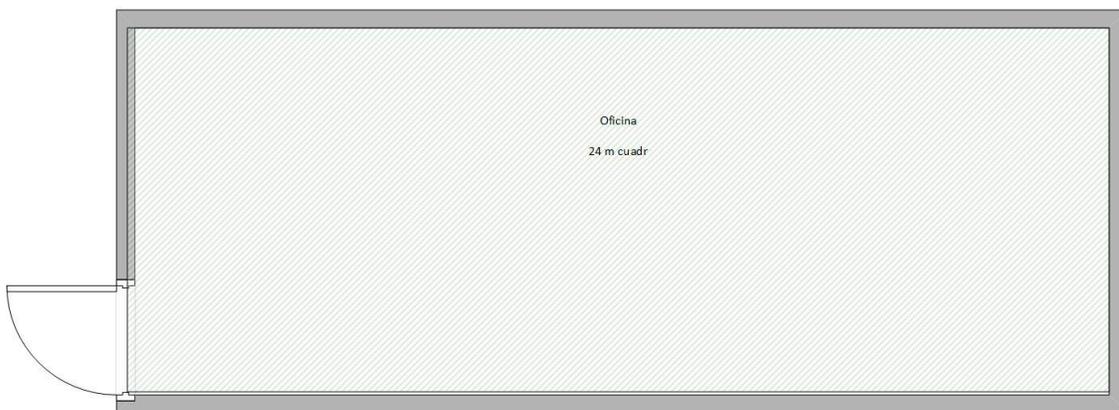


Ilustración 121 Área del Simulador

Fuente: Autor, 2019



Ilustración 122 Distribución de estaciones y hardware de simulación

Fuente: Autor, 2019

5. RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos durante el transcurso de los siete (7) meses que duró la pasantía en la Corporación de Alta Tecnología para la Defensa-CODALTEC desarrollando el proyecto del Diseño del Simulador de Desminado Humanitario fueron los siguientes:

- Se desarrollo el documento de especificación de requisitos -PRR.
- Se diseño y desarrollo del software de la estación del instructor que permite la asignación y selección de objetos peligrosos sobre el área, además de la selección de escenarios y la capacidad de seleccionar el nivel de dificultad del ejercicio permitiendo configurar por completo cada inicio de simulación y habilitando la creación de ejercicios infinitos de acuerdo a la ubicación de las minas dentro del escenario, niveles de dificultad y escenario seleccionado.
- Se diseño y desarrollo el software de la estación del estudiante que permite la inmersión del estudiante al entorno gráfico, dentro del software se encuentra cuatro escenarios operacionales con distintas características sobre el terreno, además de sus respectivos elementos de señalización, localización, marcación y desactivación que permiten simular un entorno real donde se realiza el procedimiento de desminado manual. El software también contiene scripts de comunicación que permiten comunicar el hardware del detector con el software del estudiante y el software del instructor con el software del estudiante, cuenta con la programación lógica para el funcionamiento del detector de metales, funcionamiento de activación de una mina antipersonal por presión Y la lógica de aprobación o desaprobación del ejercicio.
- Se diseño el hardware del simulador que permite interactuar con los sensores de posición, la réplica del detector y el sistema de visualización.
- Se realizó las pruebas de integración de las gafas de realidad virtual OCULUS rift con el software de simulación Unity, creando distintos proyectos que permitieron la configuración ideal de las gafas de realidad virtual dentro del software de simulación.
- Se realizó pruebas de comunicación entre el software del instructor con el software del estudiante para comprender el funcionamiento y así permitir la integración al proyecto.
- Se realizó el manual de usuario del Simulador de Desminado Humanitario desarrollado.

- Se realizó la validación del Simulador de Desminado Humanitario con personal del Batallón de Desminado número Cuatro ubicado en Granada-Meta del Ejército Nacional de Colombia, en marco del Evento Expo-Maloca, adelantado del 1 al 4 de febrero de 2019, obteniendo resultados favorables y retroalimentación del proceso de desminado, que se actualizaron en el producto final.
- Se adelanto validación final del producto desarrollado por el Sargento Primero Edilberto Robles, asignado por CODALTEC, perteneciente al Ejército Nacional, el cual posee curso de antiexplosivos y conocimientos en procesos de desminado.

6. CONCLUSIONES

- Para poder llevar a cabo un desarrollo de capacidades en el proceso de desminado humanitario, se hace necesario recrear diferentes escenarios con condiciones geográficas distintas, que sean representaciones del territorio de operación real; Para tal fin se diseñaron y construyeron cuatro escenarios operacionales diferentes de puntos estratégicos de operaciones reales de desminado humanitario en Colombia.
- De los tres métodos de modelado de terrenos evaluados, se encontró que el método más efectivo a la hora de construir los escenarios del simulador de desminado humanitario es mediante la librería de Gaia, que, a pesar de requerir mayor capacidad de procesamiento gráfico, es el más efectivo para el propósito del Simulador.
- Se determinó que la creación de los escenarios mediante heightmap no es una opción para el desarrollo de terrenos en el simulador de desminado humanitario, teniendo en cuenta que los heightmap poseen poca resolución generando cambios bruscos en el paisaje.
- Siguiendo la metodología propuesta para el análisis de requerimientos se realizó una investigación y documentación de las mejores marcas en el mercado que ofrecen visores de realidad virtual, el resultado de esta investigación arroja como la mejor opción para la implementación del simulador de realidad virtual a las HTC VIVE por su eficiente sistema de Tracking seguidas de las OCULUS Rift.
- En la lógica de evaluación se establecieron dos estados, Misión Fallida y Misión Completa ya que el enfoque del diseño del simulador se concentra en la localización, marcación y desactivación de la mina, y estas características no permiten forzar al estudiante a realizar el trabajo más rápido, la paciencia y el cuidado es parte fundamental del proceso de desminado humanitario.
- A través del diseño y desarrollo del software de la estación del instructor se logró tener el control total de la configuración de cada ejercicio. Además de la adquisición del conocimiento para desarrollar interfaces de usuario a través de Visual Studio.
- Se adquirió los conocimientos de lenguajes de programación como: `c#` y `XAML`, además de comprender entender y desarrollar comunicaciones tipo `Socket` y `Serial`, gracias a estos nuevos conocimientos se logra integrar el software del instructor y el software del estudiante, además de la integración del hardware del detector de metales con el software de simulación del estudiante

- Por medio del diseño y desarrollo del software de la estación del estudiante se obtiene que el motor gráfico Unity, es ideal para el desarrollo de simuladores que requieren una alta resolución en el componente gráfico, además de permitir configurar en alta fidelidad las físicas e interacción entre elementos dentro del escenario, renderizado, efectos visuales gráficos, assets de desarrollo entre otros.

7. RECOMENDACIONES

- Construir escenarios de alta resolución y detalle, debido al alto nivel de concentración e identificación que requiere el proceso de desminado humanitario.
- Representar de manera específica y precisa el proceso de desminado y cada uno de los pasos en la fase de detección y marcación de minas.
- Lograr un ambiente inmersivo que traslade al estudiante a una zona de estrés, esto por medio de vinculación de audio del ambiente y una visual 360°, lo que le permite desarrollar capacidades rápidamente y tener una situación muy cercana al ambiente real.
- Desarrollar escenarios de operación real, que le permiten al estudiante enfrentarse a problemas geográficos, que en un ambiente controlado y plano no identificaría.
- Establecer ejercicios infinitos, mediante la combinación de diferentes aspectos como dificultad, selección del escenario y ubicación espacial de la mina, lo que permite al estudiante estar más atento y no memorizar un ejercicio de entrenamiento.
- Desarrollar el simulador en un ambiente donde el estudiante se pueda desplazar, y que a su vez no requiera una infraestructura compleja, lo que permite que sus costos de producción sean bajos y de fácil instalación en el momento de operación.
- Realizar validación constante con el operador de desminado humanitario, lo que permite obtener un producto de calidad, fiable y eficiente para el usuario final.

8. REFERENCIAS

- [1] Centro Internacional de Desminado Humanitario de Ginebra, “Desminado Humanitario,” in *Guía de actividades relativas a las minas*, 2004.
- [2] Massoud, “Mine Kafon Drone by Massoud Hassani — Kickstarter.” [Online]. Available: <https://www.kickstarter.com/projects/massoudhassani/mine-kafon-drone>. [Accessed: 03-Sep-2018].
- [3] Revista de Defensa y Seguridad en España y Latinoamérica, “Chile desarrolla su primer simulador de desminado humanitario - Noticias Infodefensa América.” [Online]. Available: <https://www.infodefensa.com/latam/2014/06/11/noticia-ejercito-chile-desarrolla-primer-simulador-desminado-humanitario.html>. [Accessed: 03-Sep-2018].
- [4] <http://www.defensa.cl>, “Chile es líder en desminado humanitario: elogios de los inspectores internacionales - Ministerio de Defensa Nacional.” [Online]. Available: <http://www.defensa.cl/noticias/chile-es-lider-en-desminado-humanitario-elogios-de-los-inspectores-internacionales/>. [Accessed: 04-Sep-2018].
- [5] Programa Presidencial para la Acción Integral contra Minas Antipersonal, “Estándares Nacionales de desminado humanitario, Estudio Técnico.” pp. 1–13, 2012.
- [6] Programa Presidencial para la Acción Integral contra Minas Antipersonal, “SEÑALIZACIÓN, MARCACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE SITIO DE TRABAJO.” pp. 1–13, 2012.
- [7] Ejército de Colombia, “Artefactos explosivos improvisados - YouTube,” 2015. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=V1FSmmlj6jA>. [Accessed: 19-Sep-2018].
- [8] “Mapa de Eventos de Minas | Datos Abiertos Colombia.” [Online]. Available: <https://www.datos.gov.co/Inclusi-n-Social-y-Reconciliaci-n/Mapa-de-Eventos-de-Minas/w7an-z9w7>. [Accessed: 19-Sep-2018].
- [9] a N. a B. Piles, “Bases De Datos,” pp. 25–27, 2015.
- [10] HTC Corporation, “VIVE™ | VIVE Virtual Reality System.” [Online]. Available: <https://www.vive.com/us/product/vive-virtual-reality-system/>. [Accessed: 18-Feb-2019].
- [11] Realidad-Virtual.net, “OCULUS RIFT - Realidad-Virtual.net.” [Online]. Available: <http://www.realidad-virtual.net/oculus-rift/>. [Accessed: 18-Feb-

2019].

- [12] M. S. Eduardo Álvarez, Juan Antonio Pascual, Sandra Arteaga, David Hernández, Rubén Andrés, Alejandro Alcolea, Vanessa Matesanz, “Oculus Go, análisis y opinión | Gaming - ComputerHoy.com.” [Online]. Available: <https://computerhoy.com/analisis/gaming/oculus-go-analisis-realidad-virtual-autonoma-249106>. [Accessed: 18-Feb-2019].
- [13] MARÍA GONZÁLEZ, “PlayStation VR, análisis: review con características, precio y especificaciones,” *Actualizado 21 Noviembre 2016*. [Online]. Available: <https://www.xataka.com/analisis/playstation-vr-analisis-realidad-virtual-necesitas-mejorar>. [Accessed: 18-Feb-2019].
- [14] Mejores Gafas Realidad Virtual, “Lenovo Explorer - Análisis, requisitos y características.” [Online]. Available: <https://mejoresgafasrealidadvirtual.com/gafas-de-realidad-mixta/lenovo-explorer/>. [Accessed: 18-Feb-2019].
- [15] España Virtual, “Acer Windows Mixed Reality: precio y características de las gafas VR | España Virtual,” *enero 8, 2018*. [Online]. Available: <https://www.españavirtual.org/acer-windows-mixed-reality-vr/>. [Accessed: 18-Feb-2019].
- [16] HP Development Company, “Mixed Reality Headset / Augmented Reality (AR) Headset | HP® Store.” [Online]. Available: <https://store.hp.com/us/en/cv/mixed-reality-headset>. [Accessed: 18-Feb-2019].
- [17] Microsoft, “Buy Dell Visor Windows Mixed Reality Headset with Motion Controllers - Microsoft Store.” [Online]. Available: <https://www.microsoft.com/en-us/p/dell-visor-windows-mixed-reality-headset-with-motion-controllers/8sjq8g8fp0j9?activetab=pivot:overviewtab>. [Accessed: 18-Feb-2019].
- [18] ASUSTeK Computer Inc, “ASUS Windows Mixed Reality Headset (HC102) | Headset | ASUS USA.” [Online]. Available: <https://www.asus.com/us/Headset/ASUS-Windows-Mixed-Reality-Headset-HC102/specifications/>. [Accessed: 18-Feb-2019].
- [19] Pimax Technology, “Pimax 4K VR Headset – Pimax Technology.” [Online]. Available: <https://pimaxvr.com/products/pimax-4k>. [Accessed: 18-Feb-2019].
- [20] Pimax Technology, “Best PC VR HMD – Pimax Technology.” [Online]. Available: <https://pimaxvr.com/pages/8k#page6>. [Accessed: 18-Feb-2019].
- [21] Samsung Electronics Iberia, “Gafas Samsung Gear VR de realidad virtual SM-R325NZVCPHE | ES.” [Online]. Available: <https://www.samsung.com/es/wearables/gear-vr-sm-r325nzvape/>. [Accessed: 18-Feb-2019].

- [22] Google LLC, "Google Cardboard – Google VR." [Online]. Available: <https://vr.google.com/cardboard/>. [Accessed: 18-Feb-2019].
- [23] Epic Games, "Que es Unreal Engine 4?" [Online]. Available: <https://www.unrealengine.com/en-US/what-is-unreal-engine-4>. [Accessed: 18-Feb-2019].
- [24] T. I. Incorporated., "µA7800 SERIES POSITIVE-VOLTAGE REGULATORS POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265 D 3-Terminal Regulators D Output Current up to 1.5 A D Internal Thermal-Overload Protection D High Power-Dissipation Capability D Internal Short-Circuit Current Limitin," 1976.
- [25] Unity Technologies, "Película Unidad." [Online]. Available: https://unity.com/solutions/film?_ga=2.120757704.177710847.1551868124-1935700202.1551868124. [Accessed: 06-Mar-2019].
- [26] Unity Technologies, "Automotive & Transportation | Unity." [Online]. Available: https://unity.com/solutions/automotive-transportation?_ga=2.120757704.177710847.1551868124-1935700202.1551868124. [Accessed: 06-Mar-2019].
- [27] "00 •info@vallon.de • www.vallon.de Searching with Excellence METAL DETECTOR VMH3CS Software Version 1.14_click OPERATION MANUAL Issue 07/2007," 2007.
- [28] Llano siete días Manolo Torres, "Egresados de la Unillanos crean simulador aéreo | Llano 7 Días." [Online]. Available: <https://llanosietedias.com/egresados-de-la-unillanos-crean-simulador-aereo/>. [Accessed: 06-Mar-2019].

9. ANEXOS

A. Escalización de datos:

La siguiente tabla muestra la escalización de los datos obtenidos de la pantalla del instructor con respecto a la posición del terreno en el software del estudiante.

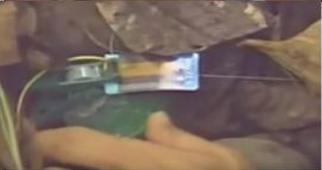
Escenario	Dificultad	Posición x Min Instructor	Posición x Max instructor	Escalado x Min	Escalado X Max	Posición y Min Instructor	Posición y Max instructor	Escalado y Min	Escalado y Max	Valor Xm	Valor Xb	Valor Ym	Valor Yb
Manaure	Baja	0	237.52	40.237	41.036	0	653.54	248.879	256.255	0.003363927	40.237	0.011286226	248.879
	Media	0	237.52	60.271	61.131	0	653.54	248.864	256.258	0.003620748	60.271	0.011313768	248.864
	Alta	0	237.52	20.263	21.115	0	653.54	249.016	256.391	0.003587066	20.263	0.011284696	249.016
Santiago	Baja	0	237.52	232.819	233.969	0	653.54	162.254	168.798	0.004841698	232.819	0.010013159	162.254
	Media	0	237.52	252.818	253.946	0	653.54	161.953	168.548	0.004749074	252.818	0.010091196	161.953
	Alta	0	237.52	212.841	213.932	0	653.54	163.37	169.948	0.004593297	212.841	0.010065183	163.37
Chaparral	Baja	0	237.52	171.786	172.650	0	653.54	412.576	419.819	0.003637588	171.786	0.011082719	412.576
	Media	0	237.52	152.03	152.988	0	653.54	409.513	416.8	0.004033345	152.03	0.011150044	409.513
	Alta	0	237.52	132.27	133.151	0	653.54	406.479	413.591	0.003709161	132.27	0.010882272	406.479
Finca	Baja	0	237.52	126.012	127.032	0	653.54	165.73	173.682	0.004294375	126.012	0.01216758	165.73
	Media	0	237.52	153.818	154.846	0	653.54	154.902	162.534	0.004328057	153.818	0.011677939	154.902
	Alta	0	237.52	143.574	144.521	0	653.54	157.505	165.143	0.003987033	143.574	0.011687119	157.505

B. Artefactos y Explosivos Artesanales que se utilizan en el conflicto:

SISTEMA DE FUNCIONAMIENTO O CEBADO	ESPOLETAS DE ACTIVACIÓN CASERA	SISTEMA DE ACTIVACIÓN	DESCRIPCIÓN	FOTO	ACTIVACIÓN
Eléctrico Combinado	Pateo	Presión	Esta compuesta por unas Tablas, Unas espinas a los latéales unas laminas una batería de 1.5v y unos cables conductores.		
Eléctrico Combinado	Tipo M	Presión	Esta compuesta por una tabla de madera una lamina galvanizada cables y una batería de 1.5V.		
Eléctrico Combinado	Volteo o Movimiento	Movimiento	Esta compuesta por un tubo PVC cables y una batería de 1.5V.		

Eléctrico Combinado	Tipo jeringa	Presión	Esta compuesta por una jeringa, una batería, un tubo de PVC de 2 pulgadas, un cable, un detonado y explosivos internos.		
No eléctrico	Ping-Pong	Químico	Esta compuesta por un ping-pong Partido en la mitad el cual contiene en una parte una píldora amarrada con ácido sulfúrico y la otra mitad contiene pólvora negra.		
halar	Anillo	Mecánico	Esta compuesta por un cable conductor, nailon transparente, una batería de 1.5V y un anillo.		
No eléctrico	Presión y reacción química	Presión	Esta compuesta por un tubo de PVC, una jeringa desechable, ácido sulfúrico y pólvora mágica.		
Electrónico	Temporizador	Electrónico	Esta compuesta por un circuito electrónico temporizador.		
Electrónico	Con Relay	Electrónico	Esta compuesta por un relay de 12v, cables, dos baterías de 9v. La configuración del Relay es normalmente cerrado		

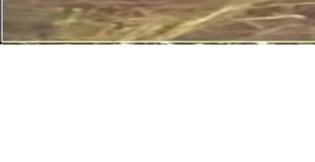
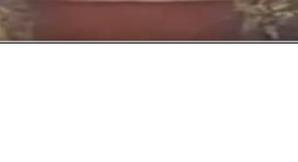
Eléctrico Luz	Fotocelda	Electrónico	Esta compuesta por una batería, cable y fotocelda.		
Eléctrico Combinado	Tipo Popular	Tensión	Esta compuesta por un Trozo de madera, dos trozos de laminas galvanizadas, una pila de 1.5V , un alambre de cobre, un nailon o Bejuco.		
Eléctrico Combinado	Tipo Caimán	Presión	Esta compuesta por un tubo de PVC, dos laminas galvanizadas, cable conductor y una batería.		
No eléctrico	Tipo Cigarrillo	Calor o Fuego	Esta compuesta por un cigarrillo, un detonador no eléctrico y pólvora negra.		

Eléctrico Combinado	Tipo Ratonera	Alivio de presión	Esta compuesta por una trampa para ratón, una batería, cable y lamina galvanizada.		
Eléctrico Combinado	Mina Chupo de Bebe	Presión	Esta compuesta por un Tubo de PVC, chupo de tetero, laminas galvanizada.		
Electrónico	Utilizadas en carros bomba-espoleta de reloj	Activación por tiempo	Consta de un reloj de alarma, una batería de 9v con su conector, cable conductores de corriente.		
Eléctrico Combinado	Trampa casa Bobos	Tensión	consta de un caimán, una tira plástica, y laminas galvanizadas.		

Eléctrico Combinado	Trampa en Tarros	Movimiento	Consta de un embace plástico, cargas iniciadora, carga principal y metralla casera.		
Electrónico	Trampa en libros	Luz	Contiene en su interior una carga iniciadora, una carga principal y una fotocelda.		
Eléctrico combinado	Trampa para sitios de Descanso	Presión	Son silla improvisada a la cual se instala la carga iniciadora y carga principal con metralla casera.		

Eléctrico combinado	Instalada en equipos, viveres y otros elementos	Mixto	Se utilizan toda clase de elementos.		
Manual	En cadáveres	Tensión	Granadas de mano.		
Manual	Trampa Tipo Letrero	Tensión	Están atadas a las cuerdas de la bandera.		
Eléctrico Combinado	Tipo Switch	Presión	Contiene un Switch, cable, tubo PVC, baterías y explosivos.		

		MINAS ANTIPERSONAL			
TIPO	CONTIENE	DATOS IMPORTANTE	FOTOS		
Sombrero chino	Esta echo en metal. Contiene metralla recubierta por brea	Ubicado a una altura de metro y medio o dos metros			
Tipo Abanico	Cuerpo metálico o madera o fibra de vidrio en su interior contiene metralla y un explosivo				
Tipo Cleymore hechiza	Cuerpo de lamina o plástico, contiene una carga principal y metralla	Se encuentran principalmente en campamentos, vías y trocas			
Tipo Costal	El artefacto explosivo contiene una capa de costal, brea, puntillas, trozos de metales y cordón detonante	Caminos utilizadas para atacar tropas en movimiento			
Tipo Cajón	Fabricada en un caja de madera, o lamina o metal, en la parte delantera lleva una lamina metálica, contiene metralla con brea	Utilizada para voladuras de oleoductos, torres de energía y tropas en tierra			

Anti helicópteros	Caja en madera o metálico de aproximadamente 30 cm de alto en el interior contiene un cubo contenedor de gases y en la parte superior las granadas	Activación eléctrica con cable de mando, sensores de movimiento o ruido activadas por la aeronave			
Antitanque	Esta Hecho en una cantina de leche un proyectil de material metálico, en la parte inferior va el orificio de detonación y al interior el material explosivo				
Carga inicial	Sus componentes son: un embace metálico, un tubo PVC, un cono relleno de brea y metralla casera	Activación eléctrica con cable de mando			
Tipo Rollo de alambre	Consiste en un rollo de alambre de púas con una carga explosiva	Son instaladas a 1.5metros de altura sobre la montaña y se activa remotamente			
Tipo Cantina de leche	Consiste en una cantina e leche, cable detonador y explosivos con metralla en su interior	Son instalados principalmente en las carreteras			
Tipo Camándula	Consiste en cordón detonante pentonita un tuvo de PVC y rellena de cemento.	No contiene metales			
Caneca de 50 galones	Consiste en una caneca de 50 galones rellena de explosivos y metralla	Eléctrico con control remoto o telemando ubicadas a una altura de metro y medio en la orilla de la montaña			

Tipo Cumbo o poderosa	Consiste en un cajón de madera que en su interior tiene un tuvo de PVC y alrededor greda con metralla	Su activación consiste con un sistema de trampeo o por telemando.			
Utilizadas en bicicletas	Consiste en una carga iniciadora carga principal y metralla, esta compuesta con un reloj, cuando el minútero toca el positivo se activa la detonación				
Trampa cajón de alto poder	Consta de un cajón metálico o madera, dentro del cajón esta la carga	Son principalmente utilizados para voladuras de oleoductos			
Voladuras de Torres de energía	Es indugel plus con cordón detonante.	Se inicia por sistema eléctrico o no eléctrico.			
Utilizados en voladura de puentes	Carga principal y indugel plus con cordón detonante	Se inicia por sistema eléctrico o no eléctrico.			
M1 hueco y costal	Consiste en un hueco de metro y medio de profundidad con 60 cm de diámetro que utilizan como canon				
Mortero hechizo de 60 mm	Artefacto explosivo no convencional con Granda plástica no convencional	Su activación es por percusión o retardo de mecha lenta			
Cilindro de gas rampla simple	Cilindro de 100 libras que sirve como tuvo impulsor en el interior encontramos la carga explosiva que es un cilindro de 20 libras o 40 libras al interior encontramos dos recipientes de vidrios, acido sulfúrico y cianuro en el fondo están los sacos de fique húmedos que concentra el gas y al final encontramos la carga iniciadora de pólvora negra prensada en bolsas plástica	Iniciación de forma eléctrica y por combinación			

C. Fotografías Evento de presentación y validación de Simulador de Desminado Humanitario.









D. Formato de Confidencialidad Corporación de alta Tecnología para la Defensa.

 CORPORACIÓN DE ALTA TECNOLOGÍA	COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD CODALTEC	Fecha: 2014.02.25
		Cód: AP.GAD-DDI-CO.02
		Versión: 1.0
		Página 1 de 4

(Lugar y Fecha)

AUTORIZACIÓN PARA EL ACCESO A INFORMACIÓN CLASIFICADA N° _____/

YO _____ identificado con documento No. _____ de _____ quien en adelante se denominará "La Parte Receptora", manifiesto que me encuentro debidamente facultado para celebrar el presente ACUERDO y me COMPROMETO A GUARDAR CONFIDENCIALIDAD de todos los procesos, procedimientos, actividades, proyectos que se adelanten de investigación, desarrollo e innovación de la Corporación de Alta Tecnología para la Defensa. Ello incluye datos, diseños, fotografías, dibujos, especificaciones de software, programas de software y muestras entre otros que deba conocer con ocasión de mis funciones.

Para efectos de este compromiso la Corporación de Alta Tecnología Para la Defensa será "La parte Reveladora".

Por el término _____ desde la suscripción de este COMPROMISO mantendré confidencialidad de toda la información que adquiera de cualquier manera y que su uso será exclusivo para la tarea u objetivo asignado conforme las funciones de la Dirección del Proyecto y no será para mi beneficio o propósito personal o de un tercero. Me comprometo a revelar información únicamente a los empleados y terceros que autoricen mis superiores e informaré a quien le revele información de la CONFIDENCIALIDAD sobre la misma.

También me comprometo a mantener a salvo cualquier dibujo, documento, muestra, proceso, datos y a no reproducir ni modificar dichos elementos que pongan en riesgo el proyecto o investigación en curso y las creaciones amparadas por la propiedad intelectual.

Cualquier vulneración de confidencialidad la comunicaré en forma inmediata a mi superior que tenga bajo su cargo la Dirección del Proyecto _____.

Declaro conocer la Política Ministerial establecida en la Directiva Permanente No.19 de 2008 o norma que la modifique, que establece: "...el titular de los derechos de propiedad intelectual y demás derechos sobre las Creaciones y los Activos Intangibles creados o desarrollados por sus funcionarios en ejercicio de sus funciones o con informaciones conocidas o utilizadas para ello,...." serán de propiedad del Ministerio de Defensa-CODALTEC

Igualmente me comprometo a cumplir con las siguientes Clausulas:

CLÁUSULA PRIMERA - OBLIGACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD: En cumplimiento de la obligación de confidencialidad, la Parte Receptora deberá:

 CORPORACIÓN DE ALTA TECNOLOGÍA	COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD CODALTEC	Fecha: 2014.02.25
		Cód: AP.GAD-DDI-CO.02
		Versión: 1.0
		Página 2 de 4

- a) Garantizar la más estricta reserva respecto de la información financiera, técnica, bases de datos, proveedores, *know how*, entre otros, entregada por la Parte Reveladora en el marco mencionado, y advertir de dicho deber de confidencialidad y secreto a cualquier persona que por su relación con él, deba tener acceso a dicha información para el correcto cumplimiento de sus obligaciones.
- b) Abstenerse de reproducir, modificar, hacer pública o divulgar a terceros la información objeto del presente acuerdo, sin previa autorización escrita y expresa de la parte Reveladora.
- c) Adoptar, respecto de la información objeto de este acuerdo, las medidas de seguridad que garanticen la confidencialidad y no divulgación de la información entregada por parte de la parte Reveladora.

CLÁUSULA SEGUNDA - CONSECUENCIAS DE INCUMPLIMIENTO: Quién firma el presente acuerdo de confidencialidad, se sujetará a través de la suscripción del presente compromiso, a las acciones legales que la parte Reveladora pueda ejercer frente al incumplimiento del mismo, de esta manera si la parte Reveladora demuestra que con su actuación se vulneran los derechos, podrá ejercer las acciones civiles, penales y administrativas que le permitan restablecer su situación y la indemnización del daño causado según lo determinen las autoridades competentes que conozcan de las acciones legales que se adelanten.

CLÁUSULA TERCERA – DURACIÓN: La Parte Receptora de la información se compromete a mantener el compromiso de confidencialidad respecto a la información y material entregado por la Parte Reveladora durante el periodo de 5 años o hasta tanto se acuerde que se hará pública total o parcialmente.

CLAUSULA CUARTA - INFORMACION SOBRE LA QUE NO RESULTA APLICABLE LA CONFIDENCIALIDAD

La obligación de confidencialidad que asume la Parte Receptora no alcanza a aquella información que:

- 4.1 *Sea de dominio público;*
- 4.2 *Se encuentre en posesión de La Parte Receptora o de terceros con anterioridad a la celebración del presente acuerdo de confidencialidad, que sea de conocimiento público y siempre que la misma se haya obtenido de manera lícita;*
- 4.3 *Aquella que por mandato judicial o administrativo deba ser divulgada;*
- 4.4 *Aquella que fuera de conocimiento de las autoridades competentes y entidades supervisoras y que tengan carácter de información pública; y,*
- 4.4 *Toda aquella información que por intermedio de analistas económicos o instituciones financieras se pueda obtener.*

 CORPORACIÓN DE ALTA TECNOLOGÍA	COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD CODALTEC	Fecha: 2014.02.25
		Cód: AP.GAD-DDI-CO.02
		Versión: 1.0
		Página 3 de 4

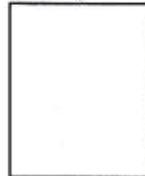
CLÁUSULA QUINTA - SOLUCIÓN DE CONFLICTOS: En caso de cualquier conflicto o discrepancia que pueda surgir en relación con la interpretación y/o cumplimiento del presente acuerdo, las partes se someten expresamente a lo dispuesto por la ley colombiana vigente.

Suscribo el presente COMPROMISO en mi calidad de empleado CODALTEC, en dos (2) ejemplares en la ciudad de _____ a los ___ días del mes de _____ de 201_

Certifico haber sido notificado sobre las implicaciones jurídicas que tipifica la divulgación no autorizada de información clasificada, de acuerdo a la legislación vigente y su sanción penal y/o disciplinaria. Como rezan al respaldo de la hoja.

 Post-firma
 Firma (GRADO, NOMBRE Y APELLIDOS COMPLETOS)
 Documento de Identificación (cédula, pasaporte)

Fotografía



Huella



PROMESA DE RESERVA



Fundamento Jurídico –

Código Penal (Ley 599 de 2000) Artículos 194, 196, 308 y 463.

CÓDIGO PENAL (Ley 599 de 2000). TITULO X, DELITOS CONTRA EL ORDEN ECONOMICO SOCIAL

CAPITULO PRIMERO, Del acaparamiento, la especulación y otras infracciones; Artículo 308. Violación de reserva industrial o comercial. El que emplee, revele o divulgue descubrimiento, invención científica, proceso o aplicación industrial o comercial, llegados a su conocimiento por razón de su cargo, oficio o profesión y que deban permanecer en reserva, incurrirá en prisión de dos (2) a cinco (5) años y multa de veinte a dos mil (2.000) salarios mínimos legales mensuales vigentes.

En la misma pena incurrirá el que indebidamente conozca, copie u obtenga secreto relacionado con descubrimiento, invención científica, proceso o aplicación industrial o comercial.

La pena será de tres (3) a siete (7) años de prisión y multa de cien (100) a tres mil (3.000) salarios mínimos legales mensuales vigentes, si se obtiene provecho propio o de tercero.

CAPITULO SEGUNDO, De los delitos contra la seguridad del Estado

Artículo 463. Espionaje. El que indebidamente obtenga, emplee o revele secreto político, económico o militar relacionado con la seguridad del Estado, incurrirá en prisión de cuatro (4) a doce (12) años.

CÓDIGO PENAL (Ley 599 de 2000) Titulo III Capítulo VII Artículo 194, DIVULGACION Y EMPLEO DE DOCUMENTOS RESERVADOS. El que en provecho propio o ajeno o con perjuicio de otro divulgue o emplee el contenido de un documento que deba permanecer en reserva, incurrirá en multa, siempre que la conducta no constituya delito sancionado con pena mayor.

Artículo 196, VIOLACION ILICITA DE COMUNICACIONES O CORRESPONDENCIA DE CARACTER OFICIAL. El que ilícitamente sustraiga, oculte, extravíe, destruya, intercepte, controle o impida comunicación o correspondencia de carácter oficial, incurrirá en prisión de tres (3) a seis (6) años. La pena descrita en el inciso anterior se aumentará hasta en una tercera parte cuando la comunicación o la correspondencia esté destinada o remitida a la Rama Judicial o a los organismos de control o de seguridad del Estado.

CÓDIGO DE PROCEDIMIENTO PENAL. (Ley 906 de 2003) Artículo 383 – OBLIGACIÓN A RENDIR TESTIMONIO, Toda persona está obligada a rendir, bajo juramento, el testimonio que se le solicite en el juicio oral y público o como prueba anticipada, salvo las excepciones constitucionales y legales.

Artículo 385. EXCEPCIONES CONSTITUCIONALES, Nadie podrá ser obligado a declarar contra sí mismo o contra su cónyuge, compañera o compañero permanente o parientes dentro del cuarto grado de consanguinidad o civil, o segundo de afinidad

MANUAL DE CONTRAINTELIGENCIA FF.MM. 2-6 Reservado Segunda Edición de 2002. Segunda Parte. Seguridad Militar. Capítulo I sección C. establece los grados para la clasificación de Seguridad de los documentos e información militar: Ultrasecreto – Secreto – Reservado – Confidencial y Restringido



UNILLANOS

en el pos-acuerdo y en la construcción de paz

Informativo

Dirección General de Proyección Social • No.21 • febrero 2019 • Universidad de los Llanos

Noticias y reseñas de las intervenciones institucionales en las que se conjugan la investigación, la docencia y la proyección social, así como otros asuntos externos que le aportan al *pos conflicto* y a la *construcción de paz* en los territorios de la Orinoquia.

Estudiante unillanista diseñó *Simulador de Desminado Humanitario*



Dentro de los proyectos desarrollados desde la Corporación de Alta Tecnología –Codaltec- junto con la participación en modelo de pasantías con la Unillanos, se encuentra el *Diseño de un Simulador de Desminado Humanitario* a cargo del estudiante Andrés Leonardo Cadena Quiroga del programa de Ingeniería Electrónica.

Útil herramienta para los tiempos del posconflicto, pues protege la integridad física de las personas que viven en zonas rurales del país. En la carpa de la Unillanos en Expo Malocas 2019 nuestro estudiante Andrés L. Cadena Q. a los visitantes les presentó su proyecto. Ahora se alista para sustentarlo en la universidad y espera graduarse durante el primer semestre de este año.

Diplomado en Posacuerdo, Reconciliación y Paz en la Orinoquia

Próximo está el inicio en la Universidad de los Llanos del diplomado virtual en *Construcción del Posacuerdo, la Reconciliación y la Paz*.

El plan de estudios con duración de 120 horas consta de los siguientes seis módulos:



DIPLOMADO EN
CONSTRUCCIÓN DEL POSACUERDO, LA RECONCILIACIÓN Y LA PAZ
EN LA ORINOQUIA

1 Introducción, **2** El Proceso de Paz en Colombia, **3** Jurisdicción Especial para la Paz, **4** Participación Ciudadana, Construcción de Paz y Ética Humana, a la Luz del Posconflicto y el Seminario de Democracia y Paz de Unillanos, **5** Incidencia de los Procesos de Conflicto y Posconflicto en el Contexto Ambiental y sus Implicaciones en la Sostenibilidad del Territorio Colombiano, **6** Participación de las Universidades de la Orinoquia en el Posconflicto.

Estará alojado en la plataforma virtual de la Unillanos (virtual2.unillanos.edu.co)

“Compromiso con la paz y el desarrollo regional”

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

AUTORIZACIÓN

Yo **ANDRÉS LEONARDO CADENA QUIROGA** mayor de edad, vecino de Villavicencio, Meta, identificado con la Cédula de Ciudadanía No. 1121935866 de Villavicencio, actuando en nombre propio en mi calidad de autor del trabajo de tesis, monografía o trabajo de grado denominado **DISEÑO DE UN SIMULADOR DE DESMINADO HUMANITARIO PARA LA CORPORACIÓN DE ALTA TECNOLOGÍA PARA LA DEFENSA**. hago entrega del ejemplar y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (CD-ROM) y autorizo a la **UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS**, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, con la finalidad de que se utilice y use en todas sus formas, realice la reproducción, comunicación pública, edición y distribución, en formato impreso y digital, o formato conocido o por conocer de manera total y parcial de mi trabajo de grado o tesis.

ANDRÉS LEONARDO CADENA QUIROGA, Como autor, manifiesto que el trabajo de grado o tesis objeto de la presente autorización, es original y se realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros; por tanto, la obra es de mi exclusiva autoría y poseo la titularidad sobre la misma; en caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, como autor, asumiré toda la responsabilidad, y saldré en defensa de los derechos aquí autorizados, para todos los efectos la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia, se firma el presente documento en dos (2) ejemplares del mismo valor y tenor en Villavicencio - Meta, a los 15 días del mes de marzo del dos mil Diecinueve (2019).

ANDRÉS LEONARDO CADENA QUIROGA

Firma: _____

Nombre: _____

C.C. No. _____ de _____

