



Prototipo de manual virtual interactivo para sistemas de red contra incendios

Nicolás Mesa Ramírez

Informe de práctica presentado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Asesores

Ricardo Moreno Sánchez, Doctor (PhD) en Mecatrónica

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Mecánica
Medellín, Antioquia, Colombia
2023

Referencia

- [1] N. Mesa Ramírez, “Prototipo de Manual virtual interactivo para sistemas de red contra incendios”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Mecánica, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2023.

Estilo IEEE (2020)



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Julio César Saldarriaga Molina.

Jefe departamento: Pedro León Simanca.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Dedico este título de manera especial a mis padres Jorge Iván y María Delia, ya que fueron un apoyo incondicional en todo este proceso de aprendizaje, han sido unos padres extraordinarios y el cumplir este objetivo no es únicamente un logro para mí, también lo es para ustedes. Espero estén orgullosos de su hijo convirtiéndose en profesional.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecerle a mi familia, ya que me han brindado todo lo que he necesitado a la hora de afrontar este proceso, doy gracias a la universidad y los compañeros que pude conocer en su campus ya que sin ellos no habría alcanzado mis objetivos, por otro lado, quiero agradecerles a mis profesores por compartir su conocimiento conmigo y convertirme en el profesional que soy hoy. Finalmente, quiero agradecerle a la empresa Arquitectura y Concreto S.A.S y mis compañeros de trabajo por haberme brindado la oportunidad de desarrollarme como profesional y adquirir nuevos conocimientos cogiéndole más amor a mi carrera.

TABLA DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	9
II.	OBJETIVOS	11
	Objetivo general	11
	Objetivos específicos	11
III.	MARCO TEÓRICO	12
IV.	METODOLOGÍA	15
	A. Creación de modelos 3D	15
	B. Importación modelo BIM	17
	C. Texturizado de modelos	18
	D. Importación Unity	20
	E. Sistema de movimiento y de información	21
V.	RESULTADOS	27
VI.	ANÁLISIS	28
VII.	CONCLUSIONES	29
VIII.	REFERENCIAS	30
IX.	ANEXOS	31

LISTA DE TABLAS

TABLA I DESCRIPCIONES ELEMENTOS CUARTO DE BOMBAS	21
--	----

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Triángulo del fuego.....	12
Fig. 2. Sistema de distribución de agua RCI.	13
Fig. 3. Tipos de bomba en sistemas RCI.....	14
Fig. 4. Librería GrabCad Community.	16
Fig. 5. Modelos Victaulic.....	16
Fig. 6. Ensamble cuarto de bombas – Inventor.	17
Fig. 7. Terrazas del Río - Revit	18
Fig. 8. Terrazas del Río - Unity (nuevas texturas).	18
Fig. 9. Ensamble cuarto de bombas sin texturas.	19
Fig. 10. Ensamble cuarto de bombas con texturas.	19
Fig. 11. Elementos sin textura.	20
Fig. 12. Elementos con textura.....	20
Fig. 13. Cuarto de Bombas – Unity.....	21
Fig. 14. Interfaz de descripciones #1.....	25
Fig. 15. Interfaz de descripciones #2.....	26
Fig. 16. Zona modelada para el manual	27

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

cm.	Centímetros
Esp.	Especialista
ERIC	Education Resources Information Center
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
MP	Magistrado Ponente
MSc	Magister Scientiae
Párr.	Párrafo
PhD	Philosophiae Doctor
PBQ-SF	Personality Belief Questionnaire Short Form
PostDoc	PostDoctor
UdeA	Universidad de Antioquia
RCI	Red Contra Incendios

RESUMEN

El conservar las vidas humanas y sus bienes es un reto que debe cumplir cualquier obra civil, es por esto que, las redes contra incendios son uno de los sistemas implementados en las edificaciones para controlar ciertas tragedias ocasionadas por el fuego, generalmente se lleva a cabo una red compleja de tuberías, rociadores, tomas de bomberos y mangueras para proteger tanto las vidas humanas como los bienes materiales. Toda la información de dicha red se encuentra contenida en un manual que se le entrega a administración, en el presente trabajo se exhibe una alternativa a este tipo de manuales, creando un prototipo de manual virtual interactivo donde el usuario pueda navegar dentro del entorno de toda la red contra incendios y pueda obtener información básica sobre el funcionamiento y manejo de la misma. En el aplicativo se modeló el cuarto de bombas del conjunto residencial Terrazas del Río de Arquitectura y Concreto S.A.S, se implementaron distintos softwares CAD para el modelado de los elementos, todo el manual fue desarrollado con el motor gráfico de *Unity* creando una experiencia inmersiva para el usuario.

Palabras clave — Red contra incendios, NFPA, bombas estacionarias, aspersores, fuego, agente extintor, manual, interactivo, Unity.

ABSTRACT

Preserving human lives and property is a challenge that any civil construction has to do, that is why, fire protection systems are one way that buildings implement to control certain types of hazards occasioned by fire, normally it is used a complex pipe network, sprinklers, fire hydrants, and hoses protect human lives and estates. All information about this network is inside a manual that is given to the administration, this work has exhibited an alternative to this kind of manual, creating a prototype of an interactive virtual manual where the user can explore the environment where the pipe network is situated and can get basic information about its functioning and use. In the application was shaped the engine room of the residential complex Terrazas del Río by Arquitectura y Concreto S.A.S implemented different CAD software for design, and all the manual was developed with the graphics engine of Unity creating an immersive experience for the user.

Keywords — **Fire network, NFPA, stationary pumps, sprinklers, fire, extinguish agent, manual, interactive, Unity.**

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el ser humano ha vivido diferentes catástrofes generadas por el fuego, este elemento, a pesar de que ha sido útil para el avance de las civilizaciones, también ha sido el retroceso para muchas otras [1]. Es por esto, que hace algunos años debido a trágicos accidentes ocasionados por el fuego, se han desarrollado sistemas que controlen o extingan este tipo de emergencias, conocidos como *Redes Contra Incendios (RCI)* o su análogo en inglés *Fire Protection System*, donde las tecnologías han evolucionado desde sistemas manuales de supresión como mantas ignífugas, extintores y mangueras, hasta sistemas automáticos de supresión como sistemas de rociadores, extinción de fuego con gas y sistema automático de espuma contra incendio [2].

Colombia no es un país ajeno a este tipo de sistemas, en el rige la ley **NSR 10, en sus títulos J y K** [3 ,4], la cual define los estándares de trabajo de instalación de este tipo de sistema, por lo que es muy común en las nuevas construcciones civiles encontrar como mínimo extintores y gabinetes contra incendios, hasta sistemas completos de rociadores e incluso en otros casos, sistemas de secos de extinción de incendios. En este orden de ideas, cuando la obra civil finaliza, esta le hace entrega de un manual con información básica sobre el sistema de RCI para que las personas a cargo tengan conocimiento de cómo manipular los diferentes dispositivos que componen el sistema, así como identificar cual es el funcionamiento de cada uno de estos.

Este tipo de manuales escritos, generalmente son poco utilizados, debido al exceso de información que pueden contener y los encargados prefieren optar por no implementarlos, es por esto que debido a los avances tecnológicos y el auge de la realidad virtual se plantea como una alternativa a este tipo de manuales físicos una versión virtual, donde el usuario pueda navegar en un entorno simulado y observar los principales componentes de la RCI obteniendo información simple y concisa de su manejo y funcionamiento.

En este orden de ideas este trabajo tiene como objetivo crear un prototipo de manual virtual para el sistema de RCI de la obra *Terrazas del Río* de Arquitectura y Concreto S.A.S, dicho manual debe tener un modelado 3D de algunos de los principales componentes del sistema de red contra incendios, donde cada uno posee una descripción corta sobre su funcionamiento, junto a esto, el usuario puede moverse con libertad dentro del mundo virtual. Este mundo virtual fue modelado mediante el software *Unity* en el cual se ingresaron todos los modelos 3D de diferentes componentes de la red, algunos de estos fueron tomados de la librería de libre acceso *GrabCad*,

otros son modelos diseñados por *Victaulic* y el resto diseñados desde cero mediante el software *Autodesk Inventor*, todos los modelos fueron exportados a *Blender* para allí darles texturas realistas y hacer más inmersivo el manual, finalmente estos modelos fueron importados desde *Unity* para crear la aplicación; la información obtenida para el manual sobre el funcionamiento y algunas indicaciones de los elementos fue tomada directamente de las recomendaciones de los proveedores.

Para concluir, se logró crear el prototipo del manual interactivo, donde el usuario puede navegar dentro del espacio y observar el objeto del cual desee obtener información, sin embargo, debido a las limitaciones de hardware, no se pudo modelar todo el conjunto residencial de Terrazas del Río, por lo que se optó únicamente modelar el cuarto de bombas, sitio que podría considerarse el corazón de todo el sistema de RCI.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

- Crear un prototipo de manual virtual para el sistema de RCI de la obra *Terrazas del Río* de Arquitectura y Concreto S.A.S.

Objetivos específicos

- Modelar los diferentes componentes del sistema contra incendios en 3D para incluirlos en el manual virtual
- Crear descripciones cortas sobre funcionamiento de algunos componentes de la RCI.
- Crear sistema de navegación para generar un manual más interactivo.

III. MARCO TEÓRICO

El fuego es la representación más básica de un proceso de combustión, la cual es la interacción química de los elementos carbono e hidrógeno con el oxígeno generando una reacción en cadena dando como resultado calor y productos de combustión [5]. Este proceso solo se genera si existen 3 componentes al mismo tiempo, combustible, oxígeno y calor, tal y como se puede observar en la Fig. 1, si uno de estos componentes es removido o lo suficientemente reducido el fuego cesará.

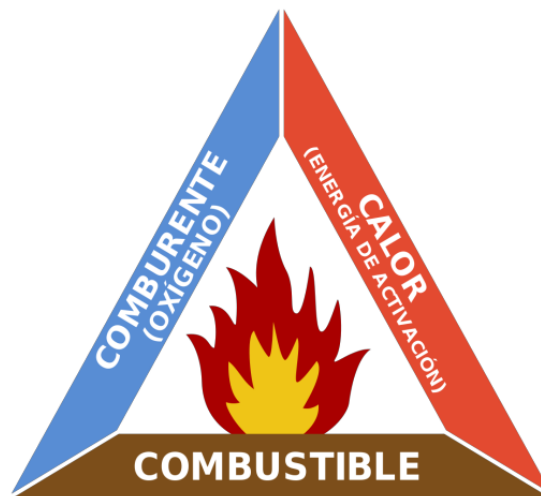


Fig. 1. Triángulo del fuego.

Nota. Fuente <http://www.aelaf.es/el-triangulo-del-fuego/> (AELAF).

Como se mencionó anteriormente los sistemas de red contra incendios fueron desarrollados como solución a catástrofes generadas por el fuego, en palabras simples este tipo de sistemas tienen como objetivo detectar el fuego y proteger la edificación junto sus ocupantes, el cual posee dos variables esenciales, el *agente extintor* y el *sistema o proceso para aplicar dicho agente* y así reducir uno de los componentes del triángulo del fuego, extinguiéndolo. Existen diferentes agentes extintores, entre estos están: agua, agua con modificadores, dióxido de carbono, Halón, agentes químicos secos y agentes químicos húmedos [6]

Este trabajo se centrará en los sistemas de distribución de agua para extinguir el fuego, debido a que son los más utilizados en las edificaciones de vivienda y comercio. En este caso de manera simplificada se puede decir que estos sistemas lo componen bombas hidráulicas, sistema

de tuberías, válvulas, y conexiones de protección contra el fuego, como rociadores, mangueras o tomas de bomberos. En la Fig. 2 se puede observar un esquema de este tipo de sistemas.

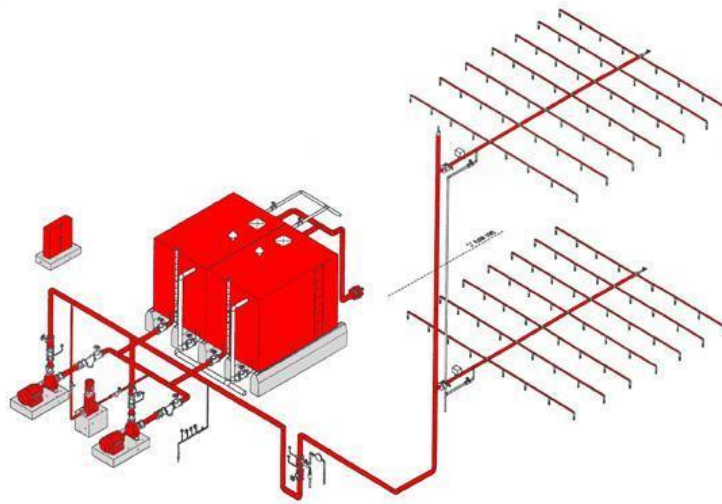


Fig. 2. Sistema de distribución de agua RCI.

Nota. Fuente <https://www.fireknock.com/fire-sprinklersystem.html> (Fire Knock)

En los sistemas de distribución de agua se implementan 2 bombas, una principal la cual maneja altos caudales y una secundaria que se encarga simplemente de compensar ciertas caídas de presión que puedan presentarse en el sistema para mantenerlo equilibrado sin generar consumos altos de energía. La bomba principal, puede ser de tipo carcasa partida, succión lineal, bomba en línea y vertical tipo turbina [7], esta bomba es accionada mediante un motor Diesel o eléctrico, debido a las altas potencias requeridas para cumplir con los caudales de diseño; por otro lado, la bomba secundaria se le conoce como Jockey la cual como se mencionó se encuentra conectada a la línea de suministro de agua para mantener la presión dentro de toda la red de tuberías. Ambas bombas se encienden de manera automática según los rangos de presión de trabajo establecidos, si la presión cae a tal punto que la Jockey no es capaz de alcanzar el rango de presión solicitado es un indicio de que puede haberse provocado un incendio y el agua está siendo liberada, lo que le indica a la bomba principal encenderse y suministrar el agua dentro de toda la red. En la Fig. 3 se puede observar los dos tipos de bomba.



a) Bomba estacionaria accionada por motor Diesel.

Nota. Fuente <https://bit.ly/3Xd1w2L> (MasterSI Blog)



b) Bomba Jockey. Tomado de [11]

Nota. Fuente <https://bit.ly/3IFTSd4> (RuhrPumpen)

Fig. 3. Tipos de bomba en sistemas RCI.

Finalmente, en Colombia rige una ley que evalúa este tipo de montajes en las distintas obras civiles, sin embargo, dicha ley se encuentra basada en leyes internacionales de la NFPA (*National Fire Protection Association*), una organización internacional la cual fue establecida en 1896, dedicada a eliminar muertes, lesiones, pérdidas económicas y de vivienda debido a peligros ocasionados por el fuego y la electricidad [8], algunas de las más referenciadas en este tipo de sistemas podrían ser la NFPA 13 y la NFPA 20, que corresponden a la instalación de sistema de aspersores y a la instalación de bombas estacionarias para la protección contra incendios respectivamente.

IV. METODOLOGÍA

El proyecto es netamente cualitativo debido a que no se realiza la optimización de un proceso sino que únicamente se buscó crear un producto más interactivo que los manuales convencionales y así facilitar su uso en caso de que se necesite, el manual es un prototipo debido a que el sistema final será instalado en febrero del 2023 por un contratista, en dicho momento ya las prácticas de industria habrían finalizado, por lo que no es posible conocer cuál será la distribución de los dispositivos antes de dicha fecha.

Para construir este manual se implementaron diferentes softwares de modelado, *Unity* fue el motor gráfico que se utilizó para ubicar los modelos, mostrar la información y crear el sistema de navegación, *Revit* se utilizó para exportar el archivo BIM de la obra Terrazas del Río, *Inventor* funcionó como un taller de trabajo, donde se creó el ensamble final de todo el cuarto de bombas, finalmente *Blender* o *3ds Max* fueron útiles para trabajar las texturas de los modelos del sistema en general y hacerlo lucir más realista.

A. Creación de modelos 3D

Se presentaron 3 vías diferentes para la creación de los modelos 3D de cada uno de los componentes de la RCI. En primer lugar, se ingresó en la librería de *GrabCad* (ver Fig. 4) donde la comunidad comparte sus modelos de forma gratuita, para ser utilizados de manera libre, dichos modelos fueron adaptados y modificados para que encajaran en el ensamble final creado en *Inventor* ya que muchos de los modelos poseían dimensiones fuera de la escala utilizada y piezas en algunos casos innecesarias.

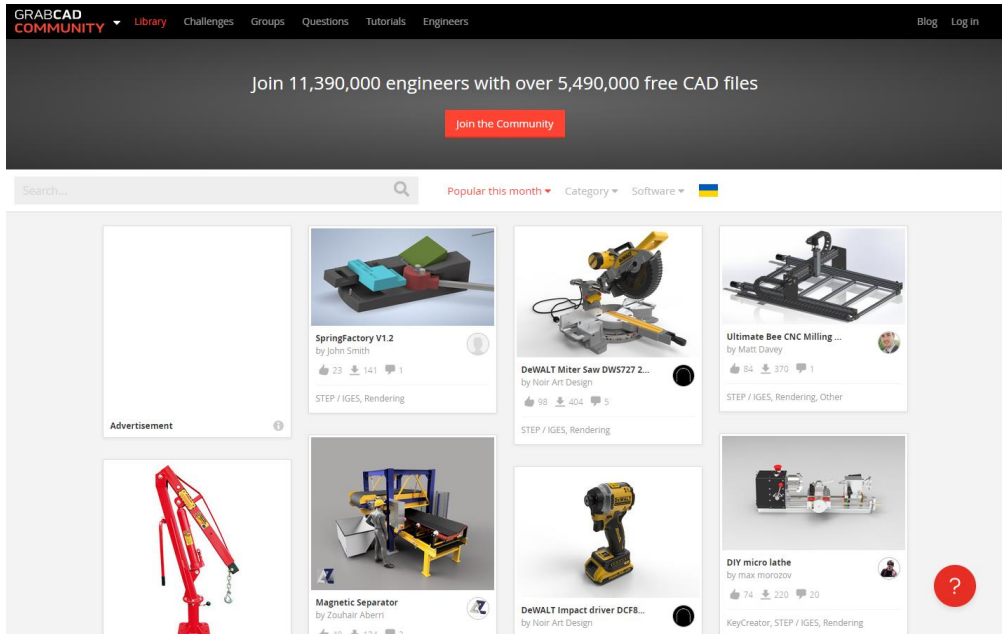


Fig. 4. Librería GrabCad Community.

Nota. Fuente <https://grabcad.com/library> (GrabCad Community)

Por otro lado, el fabricante de sistemas mecánicos de unión de tuberías *Victaulic* posee una librería de modelos creados específicamente para el software *Inventor* (dicha librería se puede acceder mediante el enlace: <https://www.victaulic.com/resource-software/>). De esta librería se extrajeron especialmente accesorios, tales como, codos, acoples, reducciones, Tee – mecánicas, cheques, entre otros (ver Fig. 5)

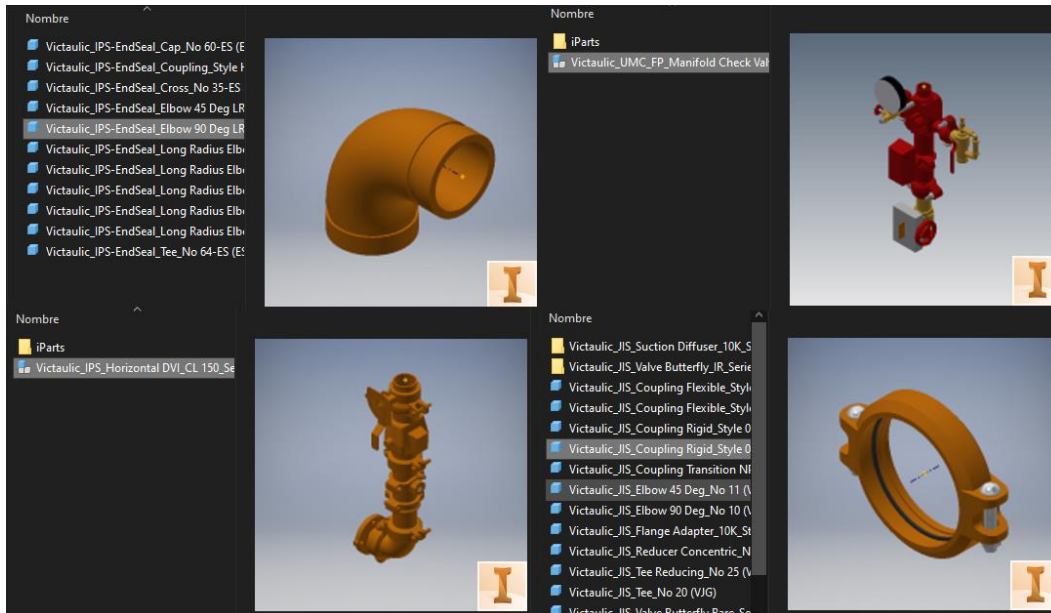


Fig. 5. Modelos Victaulic.

Finalmente, el resto de los objetos fueron modelados directamente en *Inventor*, el cual funcionó como taller de trabajo para integrar todas las partes y exportar una sola pieza a modo de ensamble. El ensamble del cuarto de máquinas se distribuyó en un espacio que corresponde a las dimensiones reales que poseerá el cuarto de bombas en el conjunto residencial Terrazas del Río logrando de esta manera que lo que vea el usuario sea lo más parecido a la realidad posible, en la Fig. 6 se puede observar el montaje del ensamble final que luego fue exportado a *Blender*.

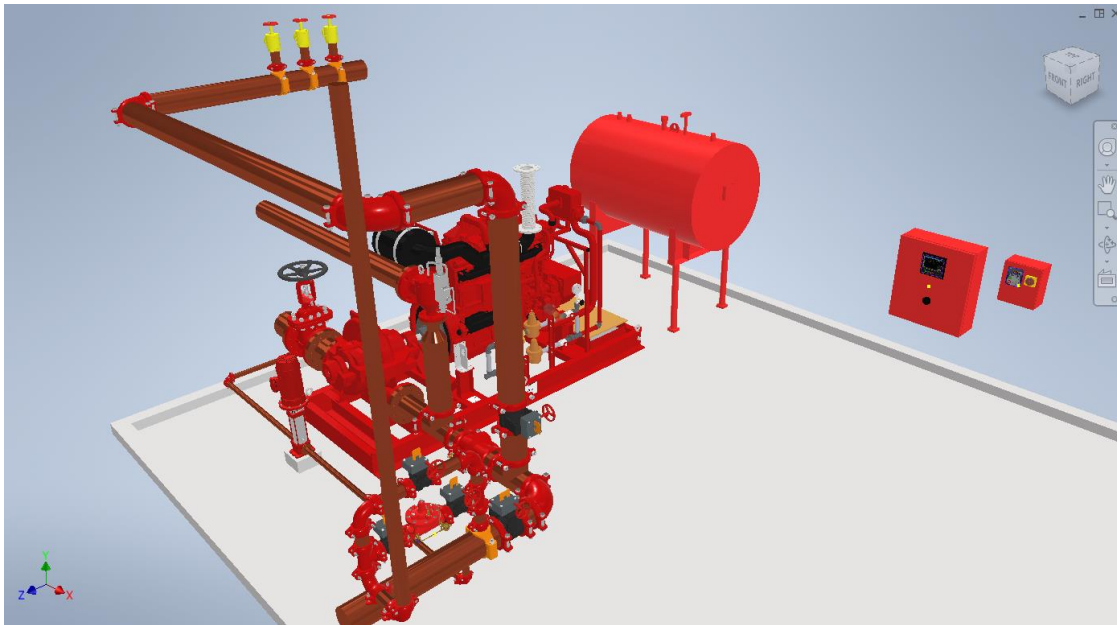


Fig. 6. Ensamble cuarto de bombas – Inventor.

B. Importación modelo BIM

Desde Arquitectura y Concreto S.A.S facilitaron el modelo BIM de la obra de Terrazas del Río, el cual se encuentra modelado con el software *Revit* (ver Fig. 7), a dicho modelo se le realizaron algunas simplificaciones, eliminando elementos innecesarios y con *3ds Max* se redujo el número de polígonos para que la malla de renderizado tuviera menos peso computacional. A dicho modelo se le aplicaron texturas realistas directamente desde *Unity* (ver Fig. 8) para hacer más inmersiva la navegación del usuario.



Fig. 7. Terrazas del Río - Revit

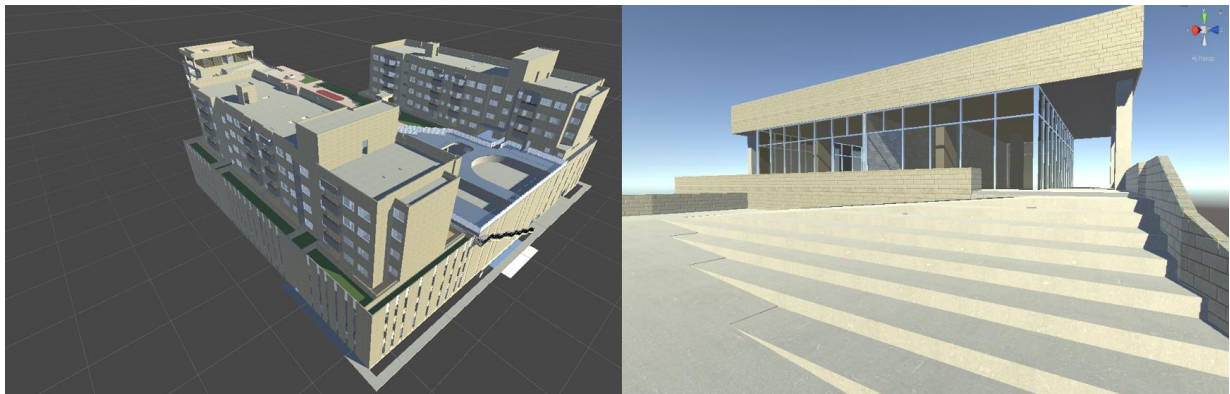


Fig. 8. Terrazas del Río - Unity (nuevas texturas).

C. Texturizado de modelos

Uno de los objetivos del manual es que este sea una representación real de lo que el usuario puede observar cuando está en frente de una red contra incendios, es por esto que las texturas de los modelos son un factor clave para generar esta característica de realismo en el manual. Las texturas fueron importadas de sitios web como: www.cgbookcase.com/ , www.archinspirations.com/ , <https://ambientcg.com/> y <https://polyhaven.com/> . Dentro de *Blender* los modelos tienen un aspecto plano, es decir no hay diferencias entre los materiales de cada uno de los componentes (ver Fig. 9) siendo un lienzo en blanco donde en este caso las pinturas son cada una de las texturas que fueron aplicadas a cada elemento, en la Fig. 10 se pudo observar el ensamble completamente texturizado

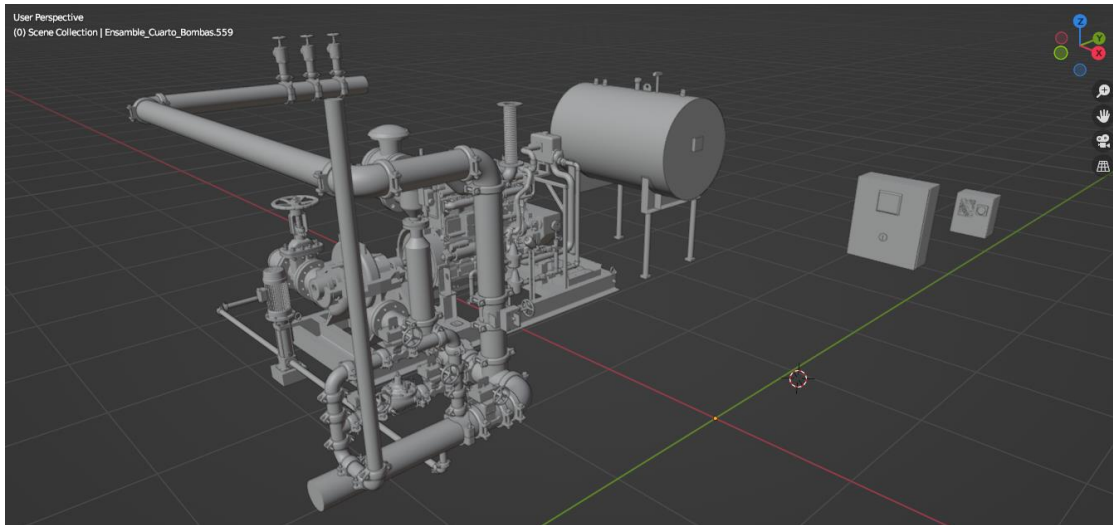


Fig. 9. Ensamble cuarto de bombas sin texturas.

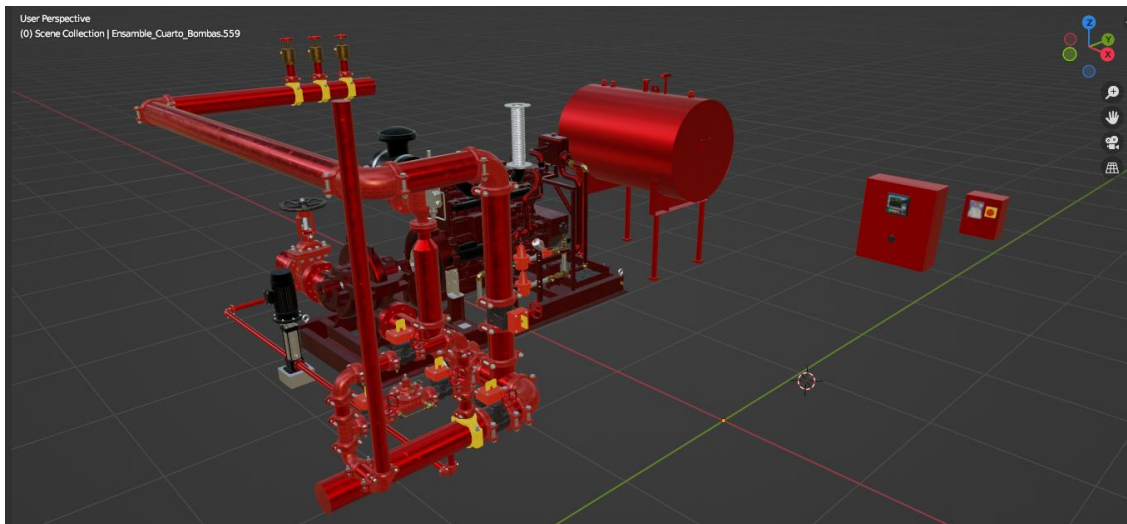


Fig. 10. Ensamble cuarto de bombas con texturas.

En las figuras Fig. 11 y Fig. 12 se puede observar de forma más detallada cómo se consigue tal nivel de realismo gracias a las texturas. Cuando todos los elementos poseen sus texturas correspondientes, el modelo puede ser exportado a *Unity* para continuar con el armado del espacio virtual donde el usuario podrá navegar.

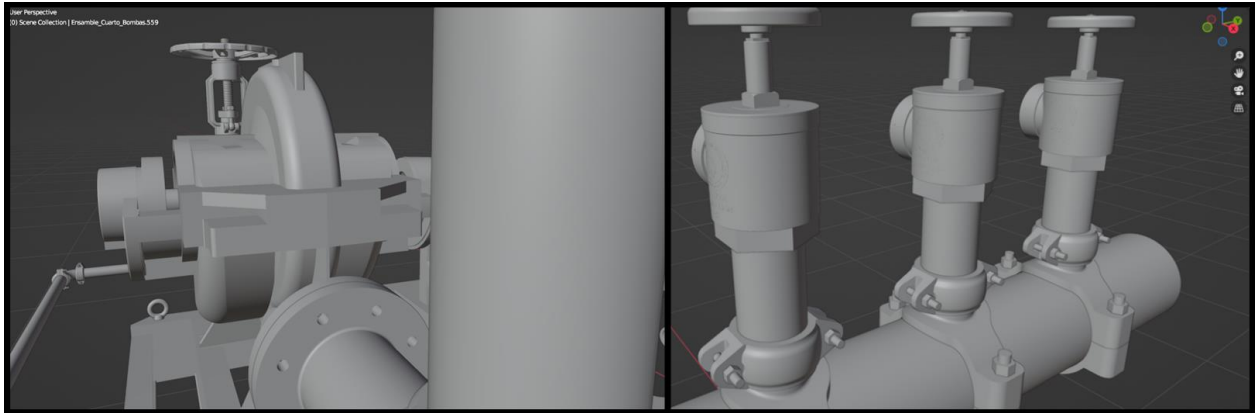


Fig. 11. Elementos sin textura.



Fig. 12. Elementos con textura.

D. Importación Unity

Quando el ensamble poseía todas las texturas en totalidad, este se podía importar directamente desde *Unity*, y así ubicarlo directamente en la zona del cuarto de bombas del conjunto residencial, de esta manera se identificó si existían interferencias del ensamble con las paredes.

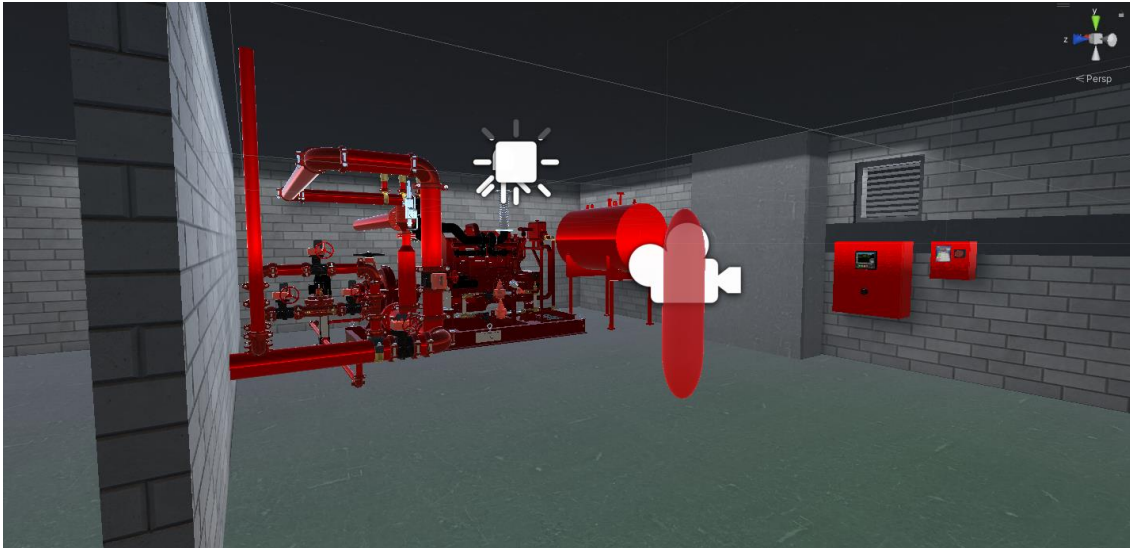


Fig. 13. Cuarto de Bombas – Unity.

E. Sistema de movimiento y de información

Los sistemas de movimiento e información fueron desarrollados mediante *Scripts* en *Unity* implementando lenguaje de código C#, estos códigos se pueden observar en la sección de ANEXOS. Para observar el sistema de movimiento junto con el de información se puede ingresar al siguiente enlace de YouTube: <https://youtu.be/mGqerGzgSmE>. Todos los objetos en su corta descripción poseen un apartado de **Función** y otro de **Indicaciones**. Estas descripciones de cada uno de los objetos se pueden observar en la TABLA I, además en las figuras Fig. 14 y Fig. 15 se puede observar cómo quedó la interfaz para mostrar las descripciones.

TABLA I
DESCRIPCIONES ELEMENTOS CUARTO DE BOMBAS

Elemento		Descripción
Bomba Jockey	Función	Mantiene la presión en la tubería de todo el sistema constante, y así evita que se encienda la bomba principal.
	Indicaciones	Esta bomba se controla desde el panel pequeño ubicado en la pared.
Motor Bomba Principal	Función	Motor Diesel de combustión interna el cual transmite el movimiento a la bomba (en este caso de carcasa partida). Este motor se enciende únicamente cuando la presión del sistema es muy baja, las caídas de presión generalmente se deben a la presencia de un incendio.

	Indicaciones	Este motor se controla desde el panel grande ubicado en la pared, además posee un sistema manual de encendido en el tablero que se encuentra en el motor. Periódicamente se debe revisar el nivel de aceite, líquido refrigerante y que el calentador se encuentre en funcionamiento.
	Función	Esta válvula es tipo compuerta la cual regula el paso de agua desde el tanque hacia la bomba principal.
Válvula OS&Y	Indicaciones	Este dispositivo cumple con la convención de la "mano derecha", es decir para abrir la compuerta, la volante se debe girar en sentido contrario a las manecillas del reloj. Esta válvula debe permanecer abierta a menos que se esté realizando un mantenimiento o reparación en la bomba.
	Función	Esta válvula al igual que la OS&Y restringe el paso de fluido aguas arriba, la volante permite restringir el flujo en diferentes porcentajes.
Válvula Mariposa	Indicaciones	La placa amarilla indica la posición de la compuerta. Si la placa se encuentra en sentido paralelo a la dirección del tubo, existe paso de fluido, si se encuentra perpendicular, la válvula se encuentra cerrada.
	Función	Este arreglo reductor de presión permite obtener la presión necesaria de trabajo para ciertos dispositivos. Cómo pueden llegar a ser los rociadores. Este sistema da salida a los Risers de cada piso de rociadores.
Sistema Reducción de Presión	Indicaciones	Este sistema posee dos manómetros uno antes y otro después de la válvula reductora de presión, los cuales indican el porcentaje de presión reducido, este porcentaje puede ser modificado directamente en la válvula con una perilla.
Pantalla Control	Información adicional	<p>En el panel se encuentra esta pantalla LCD la cual muestra información visual de la bomba, como el estado de funcionamiento, suministro de combustible, baterías, entre otras. Además, se pueden observar gráficos de funcionamiento de la bomba en períodos de tiempo deseados</p> <p>Los botones VERDES corresponden a los arranques que posee el motor, el botón NEGRO permite realiza el encendido de mantenimiento mensual.</p> <p>Por otro lado, en la parte inferior del panel se encuentra una perilla, la cual permite cambiar el tipo de encendido, ya sea manual, automático o apagado.</p>

Válvula de Alivio	Función	Esta válvula permite aliviar el sistema debido a altas presiones que se puedan presentar, es decir, esta válvula únicamente se abre cuando la presión de todo el sistema supera un valor en específico, generalmente son 300 psi.
	Indicaciones	Es importante revisar que el manómetro de la válvula se encuentre en buen estado, además no se debe modificar el valor establecido de alivio, ya que esto puede traer como consecuencia desperdicio de agua o por el contrario daños en elementos que no soporten altas presiones.
Panel de Control Bomba Principal	Función	Este panel controla diferentes aspectos de la bomba, tales como, el encendido automático en caso de emergencias, paro de emergencia, encendido mensual automático.
	Indicaciones	En caso de incendios el motor no se apaga automáticamente, por lo que es importante accionar el paro de emergencia desde el panel para que la bomba no trabaje en seco. Para más información sobre el panel, ubique el cursor en la pantalla LCD del panel.
Panel de Control Bomba Jockey	Función	Este panel monitorea la presión general del sistema y hace que la bomba Jockey se encienda cuando la presión es menor a cierto valor indicado, equilibrando así todo el sistema
	Indicaciones	Desde la pantalla se puede observar la misma presión que marca el manómetro que mide la presión de la línea de censado que llega al panel. La Jockey se puede activar y desactivar accionando la perilla roja ubicándola en ON u OFF respectivamente.
Tanque de Combustible.	Función	Almacenamiento de combustible para accionar el motor principal.
	Indicaciones	Debe revisarse periódicamente la línea de suministro de combustible hacia el motor, que no exista ninguna fuga, por otro lado, es importante siempre revisar el nivel de combustible que hay dentro del tanque.
Válvulas de Prueba	Función	Son 3 Válvulas de manguera (toma de bomberos) completamente abiertas las cuales liberan todo el caudal que entrega la bomba. Únicamente se abre este suministro para realizar pruebas y puesta a punto de la bomba.

	<p>Indicaciones La válvula mariposa que cierra el paso a estas válvulas debe mantenerse cerrada y debe abrirse únicamente para la realización de pruebas.</p>
<p>Bomba Carcaza Partida</p>	<p>Función Es el corazón de todo el sistema de extinción de incendios, este elemento bombea toda el agua en todo el sistema en caso de que haya un incendio. Posee dos manómetros los cuales indican la presión antes y después de la bomba.</p>
	<p>Indicaciones En esta bomba es normal que se encuentre un pequeño goteo dentro de la misma, esto sirve como auto lubricación. Por otro lado, es importante revisar que los manómetros se encuentren en correcto estado ya que estos indican las presiones reales que se están manejando.</p>
<p>Baterías</p>	<p>Función Estos dispositivos suministran la energía que necesita el motor para su arranque y funcionamiento en marcha.</p>
	<p>Indicaciones Es importante que estas baterías no tengan contacto con grandes cantidades de agua. Se debe revisar el líquido que estas tienen dentro periódicamente para su cambio oportuno.</p>



Fig. 14. Interfaz de descripciones #1.



Fig. 15. Interfaz de descripciones #2.

V. RESULTADOS

Se logró crear el prototipo de manual interactivo del sistema de la red contra incendios específicamente el cuarto de bombas de la obra Terrazas del Río de Arquitectura y Concreto S.A.S, sin embargo, solo se pudo modelar únicamente el cuarto de bombas con el sótano donde este se encuentra ubicado, debido a la limitación de hardware computacional puesto que esta restricción provoca que no se pueda trabajar con gran cantidad de elementos a renderizar, es por esto que se optó por eliminar las 2 torres y los demás sótanos junto con la red de aspersores, debido a que en estos sitios es mínima la interacción que podrá tener el encargado de la red pues finalmente la parte más importante de todo el sistema es el cuarto de bombas, ya que este es el corazón de toda la red, si algún dispositivo en este sitio falla en caso de una emergencia la red no tendrá cómo afrontar la contingencia, es por esto que se decidió centrarse en el modelado y la navegación solamente de este lugar. En el enlace de YouTube: https://youtu.be/SmVUI_aI9fE se puede observar cómo quedó la versión final del prototipo del manual, donde ya se encuentran integrados todos los componentes, sistema de movimiento, interfaz de información, ensamble modelado 3D. Por otro lado, en la Fig. 16 se puede observar la zona del sótano que fue modelada para el manual.



Fig. 16. Zona modelada para el manual

VI. ANÁLISIS

A pesar de que no se pudo modelar de manera completa todo el sistema de RCI, basta con que el usuario pueda navegar únicamente en el cuarto de bombas, dado que como se mencionó anteriormente, en este lugar es donde se encuentran los dispositivos más importantes de toda la red, además, acceder a la información es mucho más rápido en comparación con un manual físico, puesto que, con un par de *clicks* el usuario puede acceder de manera rápida a información simplificada.

VII. CONCLUSIONES

Se logró crear un prototipo de manual virtual para el sistema de RCI de la obra Terrazas del Río de Arquitectura y Concreto S.A.S, dicho manual posee un entorno inmersivo para que todo lo que el usuario observe sea lo más parecido a la realidad. En dicho manual se logró modelar en 3D mediante diferentes softwares CAD los diferentes elementos que componen el cuarto de bombas de un sistema de RCI convencional, cada uno de estos cuenta con una pequeña ventana de descripción, en donde la persona que está haciendo uso del aplicativo pueda acceder a información básica del componente, como puede ser su funcionamiento y algunas indicaciones para tener en cuenta, además el manual cuenta con un sistema de navegación lo que posibilita que el usuario pueda moverse dentro del espacio y observar los objetos de cerca, haciendo mucho más inmersiva la experiencia.

No obstante, debido a las limitaciones computacionales, no fue posible modelar dentro del manual todo el conjunto residencial, por lo que se optó por eliminar las torres, dos sótanos y la red de rociadores de toda la RCI, ya que estos elementos representaban una mayor carga computacional limitando el trabajo dentro de *Unity*, si bien podría decirse que la red contra incendios no se encuentra completa, los componentes más importantes y que son mayormente manipulados por los encargados si se encuentran modelados dentro del manual, conformando el cuarto de bombas. El poseer mejores características de hardware habría posibilitado modelar por completo todos los componentes del conjunto residencial, esto se puede tener en cuenta en próximas versiones que se deseen desarrollar del manual.

Este tipo de manuales interactivos, puede ser una buena alternativa no solo para este tipo de sistemas, sino que puede ser implementado en cualquier sistema mecánico, médico, industrial, eléctrico, entre otros, donde las personas deban interactuar con los elementos que lo componen, haciendo más fácil acceder a la información y evitar errores que se pueden cometer leyendo instrucciones en un manual físico, adicionalmente, este tipo de aplicativos tiene como ventaja que se puede agregar animaciones o videos haciendo más visual las instrucciones que se deben llevar a cabo, limitante que posee un manual hecho en papel.

VIII. REFERENCIAS

- [1] F. C. Rego, P. Morgan, P. Fernandes, y C. Hoffman, *Fire Science: From Chemistry to Landscape Management*. Cham: Springer International Publishing, 2021. doi: 10.1007/978-3-030-69815-7.
- [2] R. C. Till y J. W. Coon, *Fire Protection: Detection, Notification, and Suppression*. Cham: Springer International Publishing, 2019. doi: 10.1007/978-3-319-90844-1.
- [3] ACIS, *Título J - Requisitos de protección contra incendios en edificaciones*, vol. NSR 10-Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente.
- [4] ACIS, *Título K - Requisitos complementarios*, vol. NSR 10-Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente.
- [5] Á. A. Amell, «Estimación de las propiedades de combustión de combustibles gaseosos», *CESET*.
- [6] Nevada State Fire Marshal, «Introduction to fire inspection principles and practices». Fire Protection Systems.
- [7] L. Ybirma, «Bombas contra incendio, tipos y características», *Contraincendio*, 16 de mayo de 2017. <https://www.contraincendio.com.ve/bombas-contra-incendio/> (accedido 3 de diciembre de 2022).
- [8] NFPA, «NFPA overview». <https://www.nfpa.org/overview> (accedido 3 de diciembre de 2022).

IX. ANEXOS

CARPETA GOOGLE DRIVE - PROTOTIPO MANUAL

En el enlace: https://drive.google.com/drive/folders/1nWzjc6GUEjG-vVMLSNIKN9LXrPVGjvMu?usp=share_link se puede acceder a la carpeta de Google Drive donde se encuentran los archivos del ejecutable del manual. Solo debe descargarse la carpeta y dar click en el ejecutable para poder acceder al manual. A continuación, se presentan algunas indicaciones:

- Teclas de movimiento: A, W, S, D
- Información: Para mostrar información, únicamente se debe dar click izquierdo en el objeto que se esté observando
- Tecla correr: SHIFT IZQ
- Tecla agacharse: CTRL IZQ
- Tecla Saltar: BARRA ESPACIADORA
- Salir: Alt + F4

OBJECT CONTROLLER (Crea celdas para darle información a los objetos)

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;
public class ObjectController : MonoBehaviour
{
    [SerializeField] private string itemName;

    [TextArea] [SerializeField] private string itemExtraInfo;

    [SerializeField] private Sprite itemPortrait;

    [SerializeField] private InspectController inspectController;

    public void ShowObjectName()
    {
        inspectController.ShowName(itemName);
    }

    public void HideObjectName()
    {
        inspectController.HideName();
    }

    public void ShowExtraInfo()
    {
        inspectController.ShowAdditionalInfo(itemExtraInfo,itemPortrait);
    }
}
```


INSPECT RAY CAST (Código de interacción de puntero con objetos)

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

public class InspectRayCast : MonoBehaviour
{
    [SerializeField] private int rayLength = 5;
    [SerializeField] private LayerMask layerMaskInteract;
    private ObjectController raycastedObj;

    [SerializeField] private Image crosshair;
    private bool isCrosshairActive;
    private bool doOnce;

    private void Update()
    {
        RaycastHit hit;
        Vector3 fwd = transform.TransformDirection(Vector3.forward);

        if(Physics.Raycast(transform.position, fwd, out hit, rayLength,
layerMaskInteract.value))
        {
            if(hit.collider.CompareTag("InteractObject"))
            {
                if(!doOnce)
                {
                    raycastedObj =
hit.collider.gameObject.GetComponent<ObjectController>();
                    raycastedObj.ShowObjectName();
                    CrosshairChange(true);
                }

                isCrosshairActive = true;
            }
        }
    }
}

```

```

        doOnce = true;

        if(Input.GetMouseButtonDown(0))
        {
            raycastedObj.ShowExtraInfo();
        }
    }
}
else
{
    if(isCrosshairActive)
    {
        raycastedObj.HideObjectName();
        CrosshairChange(false);
        doOnce = false;
    }
}
}

void CrosshairChange(bool on)
{
    if(on && !doOnce)
    {
        crosshair.color = Color.red;
    }
    else
    {
        crosshair.color = Color.white;
        isCrosshairActive = false;
    }
}
}
}

```

INSPECT CONTROLLER (Código para importar información de elementos y mostrarlos en pantalla)

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

public class InspectController : MonoBehaviour
{
    [SerializeField] private GameObject objectNameBG;
    [SerializeField] private Text objectNameUI;

    [SerializeField] private float onScreenTimer;
    [SerializeField] private Text extraInfoUI;
    [SerializeField] private GameObject extraInfogBG;
    [SerializeField] private Image extraPortrait;
    [HideInInspector] public bool startTimer;
    private float timer;

    private void Start()
    {
        objectNameBG.SetActive(false);
        extraInfogBG.SetActive(false);
    }

    private void Update()
    {
        if(startTimer)
        {
            timer -= Time.deltaTime;
            if (timer <=0)
            {
                timer = 0;
                ClearAdditionalInfo();
                startTimer = false;
            }
        }
    }
}

```

```

        }
    }
}

public void ShowName(string objectName)
{
    objectNameBG.SetActive(true);
    objectNameUI.text = objectName;
}

public void HideName()
{
    objectNameBG.SetActive(false);
    objectNameUI.text = "";
}

public void ShowAdditionalInfo(string newInfo, Sprite newPortrait)
{
    timer = onScreenTimer;
    startTimer = true;
    extraInfogBG.SetActive(true);
    extraInfoUI.text = newInfo;
    extraPortrait.enabled = true;
    extraPortrait.sprite= newPortrait;
}

void ClearAdditionalInfo()
{
    extraInfogBG.SetActive(false);
    extraInfoUI.text = "";
    extraPortrait.enabled = false;
}
}

```