

Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña
Facultad de Ciencias y Tecnología
Escuela de Informática

Diseño y desarrollo de un simulador de conducción del Metro Santo
Domingo para fines de entrenamiento



Trabajo de Grado presentado por:

Ashley Iamdra Tavarez Caraballo

Edwin Javier Samboy Marte

Para la obtención del grado:

Ingeniero en Sistemas Computacionales

Santo Domingo, D.N.

2023

DEDICATORIAS

A mis padres, Kelvin Tarez y Lissette Gómez:

Quiero dedicarles este trabajo de grado como muestra de mi profundo agradecimiento por su constante guía, apoyo y amor incondicional a lo largo de mi vida. Gracias a su ejemplo y aliento, he encontrado el camino hacia el crecimiento personal y académico. Este logro no hubiera sido posible sin su constante apoyo y confianza en mí. Espero que estén tan orgullosos de mí como yo lo estoy de este proyecto.

A mi compañero, Edwin Samboy:

Agradezco tu apoyo y compañía a lo largo de todo este proceso. Tu presencia y trabajo en equipo han sido fundamentales para alcanzar nuestros objetivos. Sigamos avanzando juntos hacia nuevas metas y éxitos.

Ashley Iamdra Tarez Caraballo

DEDICATORIAS

A mi Madre, Rosa Digna Marte:

Quiero dedicar este trabajo a mi madre, quien ha sido mi fuente de inspiración y apoyo incondicional a lo largo de mi vida. Su amor, sacrificio y ejemplo de perseverancia me han guiado en cada paso que he dado. Esta dedicatoria es un pequeño gesto para expresar mi eterno agradecimiento y reconocimiento a una mujer extraordinaria. Tu amor incondicional y tu presencia constante han sido la base de mi fortaleza y determinación. Todo lo que he logrado hasta ahora es gracias a ti.

A mi Padre, Javier Samboy:

Quiero dedicar este trabajo a mi padre, Javier Samboy, quien ha sido un ejemplo de fuerza, sabiduría y generosidad en mi vida. Su amor incondicional y su apoyo constante han sido pilares fundamentales en mi desarrollo personal y profesional. Tu presencia ha sido fundamental en mi vida y siempre estaré agradecido por todo lo que has hecho por mí. Tu sabiduría y consejos siempre han sido un faro en momentos de duda y dificultad.

A mi Compañera, Ashley Tvarez:

Esta dedicatoria es un recordatorio de nuestra experiencia y de cómo juntos logramos superar obstáculos. quiero resaltar los aspectos positivos de nuestra colaboración y el aprendizaje que obtuvimos en el camino. Espero que esta dedicación refleje la perseverancia y el compromiso que ambos pusimos en este trabajo. Aprecio la oportunidad de trabajar contigo y valoro la amistad que hemos construido.

Edwin Javier Samboy Marte

AGRADECIMIENTOS

A mi familia:

Mi más sincero agradecimiento a mi querida familia, la cual ha desempeñado un papel fundamental en mi vida. Agradezco a cada uno de ustedes por su apoyo incondicional a lo largo de mi trayectoria y por estar siempre presentes para mí. Especialmente, quiero dedicar un profundo agradecimiento a mi hermano menor, **Kevin Tvarez**, por brindarme la motivación constante para ser su ejemplo a seguir.

A mis amigos:

Deseo expresar agradecimiento a mis amigos, aquellos que han permanecido a mi lado y han demostrado una lealtad inquebrantable. Agradezco de corazón por escuchar mis sueños, brindarme aliento en cada paso que he dado y ser cómplices en mis aventuras.

A mi pareja, Víctor Gordón:

Quiero dedicar un agradecimiento especial a quien ha sido mi roca en los momentos más difíciles. Estoy sinceramente feliz de que nuestras vidas se hayan cruzado y agradezco por el amor y conexión que compartimos.

A mi asesor, Ing. José Ramón Romero:

Su constante motivación y orientación han sido fundamentales para sacar lo mejor de nosotros mismos. Apreciamos enormemente su dedicación tanto en las clases como en nuestro trabajo. Gracias por su invaluable apoyo y por ser una inspiración para nuestro crecimiento académico y profesional.

Ashley Iamdra Tvarez Caraballo

AGRADECIMIENTOS

A mi familia:

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia por su constante apoyo y amor incondicional. En especial, quiero agradecer a mi tío, **Roberto Samboy** por despertar en mí la motivación y la curiosidad por la innovación. Sus palabras de aliento y su ejemplo han sido una fuente de inspiración para mí a lo largo de este proyecto.

También quiero agradecer a mi hermana, **Jadelin Samboy** por brindarme apoyo emocional en todo momento. Sus palabras de aliento y su presencia han sido fundamentales para superar los desafíos y mantenerme enfocado en mis metas.

A mis amigos:

Quiero dedicar un especial agradecimiento a mis amigos, quienes han sido una parte invaluable de mi vida y han estado a mi lado en los momentos buenos y difíciles. Agradezco especialmente a **Juan Castro, Malena Colón, Raiza Polanco y Elvin Reyes** por su constante apoyo, amistad y compañía a lo largo de los años.

A todos ustedes, mis queridos amigos, quiero agradecerles por su amistad genuina y por ser parte de mi vida. Sus palabras de aliento y su presencia significan mucho para mí. No puedo expresar con palabras lo agradecido que estoy por tenerlos en mi vida.

A mis mentores:

Ing. José Ramón Romero:

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento, ya que siempre ha mostrado disposición para escucharme y brindarme valiosos consejos, lo cual ha sido de gran ayuda en mi carrera. Agradezco profundamente su confianza en mí y por inspirarme a alcanzar mis metas. Estoy sinceramente agradecido por su mentoría.

Miguel Capellán:

Me complace expresar mi sincero agradecimiento por ser un líder excepcional y por brindarme oportunidades de crecimiento en mi carrera. Gracias por creer en mi

potencial y por ser un mentor ejemplar. Estoy verdaderamente agradecido por tu influencia positiva en mi trayectoria profesional.

A Francisco Miguel García Peralta:

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento por su ejemplaridad y dedicación constante. Su compromiso y pasión por su trabajo son una fuente de inspiración para mí. Su destacada trayectoria y profesionalismo son un verdadero modelo a seguir. Agradezco sinceramente su influencia positiva en mi vida y su constante apoyo y orientación.

A mi pareja, Lía Nicole Diloné:

Quiero dedicarte estas palabras de agradecimiento y amor profundo. Desde el momento en que entraste en mi vida, has iluminado mi mundo y has llenado cada día con tu amor y presencia. Eres la persona que siempre soñé tener a mi lado, mi compañera de vida y mi confidente más cercana.

Edwin Javier Samboy Marte

RESUMEN

El proceso de entrenamiento actual para conductores en el Metro de Santo Domingo presenta desafíos significativos. El entrenamiento se lleva a cabo utilizando una composición designada en vías especiales, lo cual tiene limitaciones en términos de seguridad y recursos operativos. Existe una necesidad reconocida de mejorar la eficiencia y efectividad del entrenamiento de nuevos conductores.

En respuesta a estos desafíos, este trabajo de grado propone el desarrollo de un Simulador de Conducción de Trenes para el Metro de Santo Domingo. Este simulador virtual proporcionará un entorno de práctica realista y seguro para los conductores en formación. El proyecto adopta una metodología ágil de desarrollo para una gestión eficiente y una colaboración efectiva entre el equipo de desarrollo y los usuarios finales.

El simulador ofrecerá un entorno interactivo tridimensional que replicará las cabinas de los trenes del Metro de Santo Domingo, utilizando tecnología Arduino para simular los controles. Los conductores podrán practicar en situaciones reales de conducción, mejorar su capacidad de respuesta y toma de decisiones, y adquirir experiencia en un entorno controlado.

El proceso de desarrollo del simulador se basó en entrevistas con actores clave y visitas a diferentes estaciones del Metro. Estos datos, junto con fotografías detalladas, guiaron el diseño y modelado del simulador, asegurando precisión y fidelidad a la realidad.

El desarrollo del Simulador de Conducción de Trenes para el Metro de Santo Domingo representa una solución innovadora y efectiva para mejorar el entrenamiento de conductores. El simulador proporcionará un entorno seguro y realista, permitiendo a los conductores practicar y perfeccionar sus habilidades antes de operar en condiciones reales. Se espera que este proyecto tenga un impacto significativo en la formación de nuevos conductores, mejorando la eficiencia y seguridad del sistema de transporte en el Metro de Santo Domingo.

Palabras clave: simulador, conducción de trenes, Metro de Santo Domingo, entorno tridimensional, tecnología Arduino, entrenamiento de conductores, Unity.

ABSTRACT

The current training process for drivers in the Santo Domingo Metro presents significant challenges. Training is conducted using a designated composition on special tracks, which has limitations in terms of safety and operational resources. There is a recognized need to improve the efficiency and effectiveness of driver training.

In response to these challenges, this thesis proposes the development of a Train Driving Simulator for the Santo Domingo Metro. This virtual simulator will provide a realistic and safe practice environment for trainee drivers. The project adopts an agile development methodology for efficient management and effective collaboration between the development team and end-users.

The simulator will offer an interactive three-dimensional environment that replicates the train cabins of the Santo Domingo Metro, using Arduino technology to simulate the controls. Drivers will be able to practice in real driving situations, enhance their responsiveness and decision-making skills, and gain experience in a controlled environment.

The development process of the simulator was based on interviews with key stakeholders and visits to different Metro stations. These data, along with detailed photographs, guided the design and modeling of the simulator, ensuring accuracy and fidelity to reality.

In conclusion, the development of the Train Driving Simulator for the Santo Domingo Metro represents an innovative and effective solution to improve driver training. The simulator will provide a safe and realistic environment, allowing drivers to practice and refine their skills before operating under real conditions. This project is expected to have a significant impact on the training of new drivers, improving the efficiency and safety of the transportation system in the Santo Domingo Metro.

Keywords: train driving, simulator, Santo Domingo Metro, three-dimensional environment, Arduino technology, driver training, Unity.

TABLA DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN 1- CICLO DE VIDA SCRUM.....	37
ILUSTRACIÓN 2 - CRONOGRAMA DE TAREAS.	50
ILUSTRACIÓN 3- DIAGRAMA DE ARQUITECTURA.	52
ILUSTRACIÓN 4- CASO DE USO INICIO DE SESIÓN Y REGISTRO.	52
ILUSTRACIÓN 5- CASO DE USO REALIZAR MANIOBRAS.	53
ILUSTRACIÓN 6- DIAGRAMA ENTIDAD-RELACIÓN.	54
ILUSTRACIÓN 7- FLUJO DE NAVEGACIÓN DEL INSTRUCTOR.	56
ILUSTRACIÓN 8- FLUJO DE NAVEGACIÓN DEL CONDUCTOR PARTE 1.	57
ILUSTRACIÓN 9- FLUJO DE NAVEGACIÓN DEL CONDUCTOR PARTE 2.	57
ILUSTRACIÓN 10- PANTALLA DE INICIO.	59
ILUSTRACIÓN 11- PANTALLA DE REGISTRO DEL CONDUCTOR.	61
ILUSTRACIÓN 12- PANTALLA DE REGISTRO DEL INSTRUCTOR.....	63
ILUSTRACIÓN 13- PANTALLA DE ADMINISTRAR PERFIL.....	64
ILUSTRACIÓN 14- PANTALLA DE ELEGIR NIVEL.	65
ILUSTRACIÓN 15- PANTALLA DE MENÚ PRINCIPAL DE INSTRUCTORES.....	67
ILUSTRACIÓN 16- PANTALLA DE MENÚ PRINCIPAL DE CONDUCTORES.	67
ILUSTRACIÓN 17- PANTALLA DE CONSULTAR SIMULACIÓN.....	68
ILUSTRACIÓN 18- PANTALLA DE ADMINISTRAR CORREOS.....	69
ILUSTRACIÓN 19- SPLINE COMPARADO CON LA RUTA REAL.	76
ILUSTRACIÓN 20- PUNTOS DEL SPLINE.....	76
ILUSTRACIÓN 21- MODELO SIN MATERIALES DE LA ESTACIÓN MÁXIMO GÓMEZ.	77
ILUSTRACIÓN 22- MODELO SIN MATERIALES DEL TREN.....	78
ILUSTRACIÓN 23- MODELO CON MATERIALES DE LA ESTACIÓN MÁXIMO GÓMEZ.	78
ILUSTRACIÓN 24- MODELO CON MATERIALES DEL TREN.	78
ILUSTRACIÓN 25- VENTANA DE MAPEO DE TEXTURAS A MATERIALES.	79
ILUSTRACIÓN 26- TkINTER OVERLAY.	82
ILUSTRACIÓN 27- DDU FISICO.	83
ILUSTRACIÓN 28- ARDUINO MEGA 2560 REV3.	85
ILUSTRACIÓN 29- DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CONEXIÓN DE LOS SLIDERS POTENCIOMETERS.....	86
ILUSTRACIÓN 30- DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CONEXIÓN DE LA PANTALLA LCD 16x2.	87
ILUSTRACIÓN 31 - DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CONEXIÓN DE LOS BOTONES.....	88
ILUSTRACIÓN 32 - CREANDO EL MUEBLE DE MDF.	89
ILUSTRACIÓN 33- MEDIDAS PARA REALIZAR LOS AGUJEROS.....	89
ILUSTRACIÓN 34- MDF CON AGUJEROS.	90
ILUSTRACIÓN 35- MDF CON DISPOSITIVOS.....	90
ILUSTRACIÓN 36- MODELO EN MAYA DEL ANDÉN.....	95
ILUSTRACIÓN 37- MODELO EN MAYA DE LAS VÍAS.	95
ILUSTRACIÓN 38- MODELO EN MAYA DE LAS ESCALERAS.....	96
ILUSTRACIÓN 39- MODELO EN MAYA DEL SEMÁFORO.	96
ILUSTRACIÓN 40- MODELO EN MAYA DE LAS VENTANAS DE LA ESTACIÓN MÁXIMO GÓMEZ.	96
ILUSTRACIÓN 41- MODELO EN MAYA DEL TECHO DE LA ESTACIÓN MÁXIMO GÓMEZ.	97
ILUSTRACIÓN 42- MODELO EN MAYA DE LOS MUROS DE LA ESTACIÓN MÁXIMO GÓMEZ.	97
ILUSTRACIÓN 43- MODELO EN MAYA DE LOS ARCOS DEL TECHO DE LA ESTACIÓN MÁXIMO GÓMEZ.	97
ILUSTRACIÓN 44- MODELO EN MAYA DE LA PARED DE LA ESTACIÓN MÁXIMO GÓMEZ.	98
ILUSTRACIÓN 45- MODELO EN MAYA DE LOS SOPORTES DE LA ESTACIÓN MÁXIMO GÓMEZ.	98
ILUSTRACIÓN 46- MODELO EN MAYA DE LOS CRISTALES DE VENTANA DE LA ESTACIÓN MÁXIMO GÓMEZ.....	98
ILUSTRACIÓN 47- MODELO EN MAYA DEL PUENTE DE LA ESTACIÓN MÁXIMO GÓMEZ.	99
ILUSTRACIÓN 48- MODELO EN MAYA DE LAS COLUMNAS DE LA ESTACIÓN MÁXIMO GÓMEZ.	99
ILUSTRACIÓN 49- MODELO EN MAYA DE LAS COLUMNAS DE LA ESTACIÓN PEDRO LIVIO CEDEÑO.	99
ILUSTRACIÓN 50- MODELO EN MAYA DE LOS CRISTALES DE LA ESTACIÓN PEDRO LIVIO CEDEÑO.	100

ILUSTRACIÓN 51– MODELO EN MAYA DEL ESTANTE DE BOLETERÍA DE LA ESTACIÓN PEDRO LIVIO CEDEÑO.	100
ILUSTRACIÓN 52– MODELO EN MAYA DE LAS PAREDES DE LA ESTACIÓN PEDRO LIVIO CEDEÑO.	100
ILUSTRACIÓN 53– MODELO EN MAYA DE LAS PAREDES Y COLUMNAS DE LA ESTACIÓN PEDRO LIVIO CEDEÑO.	101
ILUSTRACIÓN 54– MODELO EN MAYA DE LAS ESCALERAS DE LA ESTACIÓN PEDRO LIVIO CEDEÑO.	101
ILUSTRACIÓN 55– MODELO EN MAYA DE LOS TORNQUETES DE LA ESTACIÓN PEDRO LIVIO CEDEÑO.	101
ILUSTRACIÓN 56– MODELO EN MAYA DEL TECHO DE LA ESTACIÓN PEDRO LIVIO CEDEÑO.	102
ILUSTRACIÓN 57– MODELO EN MAYA DE LA ESTACIÓN MÁXIMO GÓMEZ POR FUERA.	102
ILUSTRACIÓN 58– ESTACIÓN MÁXIMO GÓMEZ POR FUERA.	102
ILUSTRACIÓN 59– INTERIOR DE LA ESTACIÓN MÁXIMO GÓMEZ.	103
ILUSTRACIÓN 60– MODELO EN MAYA DEL INTERIOR DE LA ESTACIÓN MÁXIMO GÓMEZ.	103
ILUSTRACIÓN 61– TORNQUETES DE LA ESTACIÓN PEDRO LIVIO CEDEÑO.	103
ILUSTRACIÓN 62– MODELADO EN MAYA DE LOS TORNQUETES COMPLETOS DE LA ESTACIÓN PEDRO LIVIO CEDEÑO.	104
ILUSTRACIÓN 63– PARTE DE INFERIOR DE LA ESTACIÓN PEDRO LIVIO CEDEÑO.	104
ILUSTRACIÓN 64– MODELADO EN MAYA DE LA PARTE DE INFERIOR DE LA ESTACIÓN PEDRO LIVIO CEDEÑO.	104
ILUSTRACIÓN 65– PARTE DE INFERIOR DE LA ESTACIÓN PEDRO LIVIO CEDEÑO PARTE 2.	105
ILUSTRACIÓN 66– MODELADO EN MAYA DE LA PARTE DE INFERIOR DE LA ESTACIÓN PEDRO LIVIO CEDEÑO PARTE 2.	105
ILUSTRACIÓN 67– MODELADO EN MAYA DEL POSADOR.	105
ILUSTRACIÓN 68– MODELADO EN MAYA DE LAS BARRAS.	106
ILUSTRACIÓN 69– MODELADO EN MAYA DE LAS BATERÍAS.	106
ILUSTRACIÓN 70– MODELADO EN MAYA DE LA PARTE FRONTAL DEL ENCAJE.	106
ILUSTRACIÓN 71– MODELADO EN MAYA DE LAS RUEDAS Y MOTORES.	107
ILUSTRACIÓN 72– MODELADO EN MAYA DE LA UNIÓN DE VAGONES.	107
ILUSTRACIÓN 73– MODELADO EN MAYA DE LAS PAREDES Y VENTANAS.	107
ILUSTRACIÓN 74– MODELADO EN MAYA DE LOS PANTÓGRAFOS.	108
ILUSTRACIÓN 75 – MODELADO EN MAYA DE LOS ASIENTOS.	108
ILUSTRACIÓN 76– MODELADO EN MAYA DEL METRO DE SANTO DOMINGO.	108
ILUSTRACIÓN 77– MODELADO EN MAYA DEL METRO DE SANTO DOMINGO.	109
ILUSTRACIÓN 78– VÍAS.	205
ILUSTRACIÓN 79– VÍAS PARTE 2.	205
ILUSTRACIÓN 80– INTERIOR DEL METRO.	206
ILUSTRACIÓN 81– PASILLO INTERIOR DEL METRO.	206
ILUSTRACIÓN 82– DDU 1.	207
ILUSTRACIÓN 83– PUERTA DE CABINA.	207
ILUSTRACIÓN 84– PARTE TRASERA DEL TREN.	208
ILUSTRACIÓN 85– TABLERO DE CABINA.	208
ILUSTRACIÓN 86- PARTE FRONTAL DEL TREN.	209
ILUSTRACIÓN 87– UNIÓN DE VAGONES.	209
ILUSTRACIÓN 88– ENTRADA DE LA ESTACIÓN MÁXIMO GÓMEZ.	210
ILUSTRACIÓN 89- ENTRADA DE LA ESTACIÓN MÁXIMO GÓMEZ PARTE 2.	210
ILUSTRACIÓN 90– ESCALERAS DE LA ESTACIÓN MÁXIMO GÓMEZ.	210
ILUSTRACIÓN 91– TECHO DE LA ESTACIÓN MÁXIMO GÓMEZ.	211
ILUSTRACIÓN 92– VÍAS DE LA ESTACIÓN PEDRO LIVIO CEDEÑO.	211
ILUSTRACIÓN 93– PASILLO ESTACIÓN PEDRO LIVIO CEDEÑO.	211
ILUSTRACIÓN 94– PASILLO ESTACIÓN PEDRO LIVIO CEDEÑO PARTE 2.	212
ILUSTRACIÓN 95– PASILLO ESTACIÓN PEDRO LIVIO CEDEÑO PARTE 3.	212

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1 ANTECEDENTES	15
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	18
1.3.1 ORIGINALIDAD	18
1.3.2 PROFUNDIDAD	19
1.3.3 IMPACTO.....	20
1.4 OBJETIVO GENERAL.....	21
1.4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
1.5 ALCANCES	22
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	24
2.1 DESARROLLO DE SOFTWARE Y PROGRAMACIÓN.....	24
2.1.1 UNITY.....	24
2.1.2 C#	24
2.1.3 C++	25
2.1.4 SERIALIZED FIELD	25
2.1.5 OOP	25
2.1.6 SCRIPTS.....	26
2.1.7 SMTP	26
2.1.8 MICROSOFT SQL SERVER.....	26
2.1.9 UML.....	27
2.1.10 PYTHON.....	27
2.1.11 TKINTER.....	27
2.1.12 STORED PROCEDURES.....	28
2.1.13 SHA 256	28
2.2 GRÁFICOS Y MODELADO 3D.....	28
2.2.1 MAYA	28
2.2.2 FBX.....	29
2.2.3 MATERIALES	29
2.3 DISPOSITIVOS Y ELECTRÓNICA	29
2.3.1 ARDUINO	29
2.3.2 POTENCIÓMETRO.....	30
2.3.3 MONITOR SERIAL.....	30
2.3.4 PUERTOS COM	30
2.3.5 INPUT-PULLUP.....	31
2.4 MOTOR GRÁFICO.....	31
2.4.1 ESCENAS	31
2.4.2 GAMEOBJECTS.....	31
2.4.3 SCRIPTS.....	31
2.4.4 PREFAB	32
2.4.5 SPLINES.....	32

2.4.6	COLLIDERS.....	32
2.5	SIMULACIÓN POR COMPUTADORA	32
2.5.1	SIMULACIÓN POR COMPUTADORA	32
2.5.2	SIMULACIÓN DE TRENES.....	33
2.5.3	SIMULACION ESTOCÁSTICA.....	34
2.6	SISTEMAS DE CONTROL Y SEGURIDAD	34
2.6.1	PANTÓGRAFOS.....	34
2.6.2	DDUS (DRIVER DISPLAY UNIT):	34
2.6.3	AGUJAS.....	35
2.6.4	ATP (AUTOMATIC TRAIN PROTECTION):	35
2.6.5	LLAVE DE GOBIERNO.....	35
2.6.6	SELECTOR DE MODOS	35
2.7	ROLES DE USUARIO.....	36
2.7.1	ROL DE CONDUCTOR.	36
2.7.2	ROL DE INSTRUCTOR.....	36

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO..... 37

3.1	METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	37
3.2	CICLO DE VIDA.....	37
3.3	FASES DEL CICLO DE VIDA.....	38
3.3.1	INICIO Y PLANIFICACIÓN.....	38
3.3.2	FASES DE SPRINTS.....	38
3.3.3	REUNIONES DIARIAS DE SCRUM	38
3.3.4	REVISIÓN DEL SPRINT	38
3.3.5	RETROSPECTIVA DEL SPRINT.....	38
3.3.6	ITERACIONES Y MEJORAS CONTINUAS	38
3.4	RECOPIACIÓN DE DATOS.....	39
3.4.13	ENTREVISTAS.....	39
3.4.2	OBSERVACIÓN.....	39
3.4.3	ENCUESTAS.....	40

CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN..... 41

4.1	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.	41
4.1.1	FACTIBILIDAD TÉCNICA.	41
4.1.2	FACTIBILIDAD OPERACIONAL.	42
4.1.3	FACTIBILIDAD ECONÓMICA.	43
4.2	PRESUPUESTO.	45

CAPÍTULO 5: ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA..... 48

5.1	REQUERIMIENTOS.....	48
5.1.1	REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	48
5.1.2	REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES	49
5.2	CRONOGRAMA	50

5.3	ARQUITECTURA	51
5.3.1	CAPA DE PRESENTACIÓN	51
5.3.2	CAPA DE LÓGICA DE NEGOCIO.....	51
5.3.3	CAPA DE ACCESO A DATOS.....	51
5.3.4	CAPA DE INTEGRACIÓN DE HARDWARE	51
5.3.5	DIAGRAMA DE ARQUITECTURA	52
5.4	DIAGRAMAS UML	52
5.4.1	DIAGRAMAS DE CASO DE USO.	52
5.5	DISEÑO DE BASE DE DATOS.....	54
5.5.1	DIAGRAMA ENTIDAD-RELACIÓN	54
5.5.2	DICCIONARIO DE DATOS	54
5.5.3	FLUJO DE NAVEGACIÓN	56

CAPÍTULO 6: DESARROLLO DEL SISTEMA. 58

6.1	UNITY.....	58
6.1.1	UI NAVEGACIÓN.....	58
6.1.2	NIVELES	70
6.1.3	ENVÍO DE CORREOS Y REGISTRAR SIMULACIONES.....	73
6.1.4	LÓGICA DE LÍNEA	74
6.1.5	SPLINES.....	75
6.1.6	IMPORTAR MODELOS Y MATERIALES	77
6.1.7	FÍSICA DE TRENES.....	80
6.1.8	AUDIO	81
6.2	PYTHON	82
6.2.1	OVERLAY DE TKINTER	82
6.2.2	COMUNICACIÓN CON UNITY.....	83
6.3	ARDUINO	84
6.3.1	ARDUINO MEGA 2560 REV3	84
6.3.2	SENSORES Y COMPONENTES	85
6.3.3	CABINA A ESCALA.....	89
6.3.4	COMUNICACIÓN DEL ARDUINO CON UNITY	91
6.4	SQL Y BASE DE DATOS.....	91
6.4.1	CONEXIÓN CON UNITY.....	92
6.4.2	STORED PROCEDURES (PROCEDIMIENTOS ALMACENADAS).....	92
6.5	MODELADO EN MAYA.....	93
6.5.1	ESTACIÓN MÁXIMO GÓMEZ & ESTACIÓN PEDRO LIVIO CEDEÑO	94
6.5.2	PARTES METRO	105
6.5.3	METRO	108

CAPÍTULO 7: RESULTADOS..... 110

7.1	CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS.	110
7.1.1	ANALIZAR Y PROPONER MEJORAS AL PROCEDIMIENTO Y HERRAMIENTAS INVOLUCRADAS EN LA CAPACITACIÓN DE CONDUCTORES DE METRO DE SANTO DOMINGO.	110
7.1.2	REALIZAR Y DOCUMENTAR RECORRIDOS POR LAS DIFERENTES ESTACIONES PARA ADQUIRIR INFORMACIÓN ACERCA DE SUS ESTRUCTURAS PARA GARANTIZAR LA EXACTITUD DEL SIMULADOR.....	110

7.1.3	DISEÑAR Y DESARROLLAR UN AMBIENTE DE GESTIÓN DEL SIMULADOR, QUE PERMITA SELECCIONAR LOS POSIBLES ESCENARIOS PARA FINES DE PRÁCTICA DEL CONDUCTOR.	111
7.1.4	CREAR UN AMBIENTE TRIDIMENSIONAL INTERACTIVO PARA EL ENTRENAMIENTO DE CONDUCTORES DE TRENES UTILIZANDO TECNOLOGÍA ARDUINO PARA REPLICAR LOS CONTROLES DE LAS CABINAS. AL COMBINAR ESTAS TÉCNICAS, SE BUSCA MEJORAR LA CAPACITACIÓN DE LOS CONDUCTORES MEDIANTE UNA EXPERIENCIA REALISTA Y SEGURA DE MANEJO DE TRENES.	111
7.1.5	DOCUMENTAR EL USO DEL SIMULADOR POR USUARIOS FAMILIARIZADOS CON ESTE TIPO DE ENTRENAMIENTO PARA GARANTIZAR LA FUNCIONALIDAD Y UTILIDAD.....	112
7.1.6	IMPLEMENTAR EL USO DE RÚBRICAS PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO DE LOS NUEVOS CONDUCTORES EN EL SIMULADOR DE TRENES. ADEMÁS, SE REMITIRÁ LA INFORMACIÓN DE DESEMPEÑO A LOS ENTRENADORES VÍA CORREO ELECTRÓNICO, LO QUE PERMITIRÁ UN SEGUIMIENTO Y RETROALIMENTACIÓN EFICIENTE DE LA CAPACITACIÓN.	113
<u>CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES.</u>		<u>114</u>
<u>CAPÍTULO 9: RECOMENDACIONES.</u>		<u>115</u>
<u>CAPÍTULO 10: REFERENCIAS.....</u>		<u>118</u>
<u>ANEXO A: TAREAS DEL SPRINT.....</u>		<u>121</u>
<u>ANEXO B: DEFINICIONES DE CASOS DE USO.</u>		<u>123</u>
<u>ANEXO C: DEFINICIONES DE CASOS DE PRUEBA.</u>		<u>137</u>
<u>ANEXO D: ENTREVISTAS.....</u>		<u>162</u>
<u>ANEXO E: MANUAL DE USUARIO.....</u>		<u>179</u>
<u>ANEXO F: IMÁGENES DEL RECORRIDO.</u>		<u>205</u>

INTRODUCCIÓN

En un mundo donde la tecnología avanza de manera vertiginosa, la simulación se ha convertido en una herramienta invaluable para el entrenamiento y la formación de profesionales en diversos campos. En particular, en el ámbito del transporte público, los simuladores de conducción juegan un papel fundamental en la preparación de conductores, brindando un ambiente seguro y realista para adquirir habilidades y conocimientos cruciales.

El presente trabajo de grado se centra en el diseño y desarrollo de un simulador de conducción del Metro Santo Domingo, con el objetivo de proporcionar una solución efectiva y avanzada para el entrenamiento de conductores en este sistema de transporte. A través de una investigación aplicada y la implementación de tecnologías de vanguardia, se busca crear un simulador que permita a los conductores adquirir destrezas esenciales, mejorar su capacidad de respuesta y toma de decisiones, y enfrentarse a diversas situaciones de conducción en un entorno controlado.

El simulador estará específicamente diseñado para representar fielmente las cabinas de trenes y los escenarios de conducción del Metro Santo Domingo, proporcionando una experiencia inmersiva y altamente realista. Además, se contempla la integración de funcionalidades avanzadas, como sistemas de señalización para enriquecer aún más la experiencia de entrenamiento.

Con este proyecto, se busca elevar los estándares de capacitación de los conductores, promover la seguridad y eficiencia en la operación del metro, y contribuir al mejoramiento del transporte público en la República Dominicana. A través de la creación de este simulador de conducción, se sientan las bases para una formación continua y actualizada de conductores, fomentando la excelencia en el servicio y la satisfacción de los usuarios del Metro Santo Domingo.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1 Antecedentes

El proyecto del Metro de Santo Domingo fue presentado por el expresidente brasileño Lula da Silva al entonces mandatario dominicano Hipólito Mejía, quien lo rechazó. Sin embargo, en el año 2005, durante la presidencia de Leonel Fernández y con una inversión de más de 700 millones de dólares, se iniciaron los trabajos para construir el primer sistema de ferrocarril urbano subterráneo en Santo Domingo y en la República Dominicana.

El primer recorrido oficial se llevó a cabo con éxito el 27 de febrero de 2008, en presencia de las autoridades dominicanas y con la asesoría y supervisión de expertos del Metro de Madrid. (OPRET)

El uso de sistemas de simulación para la capacitación de conductores en sistemas de transporte público no es un tema nuevo. Existen anteriormente sistemas de simulación que se utilizan para la formación de conductores de trenes, metro y autobuses en diferentes partes del mundo.

En el país, se utiliza el simulador de manejo de Simumak para el examen práctico de obtención de licencia de conducir. Este sistema virtual permite a los aspirantes practicar situaciones de manejo realistas, evaluar su capacidad para tomar decisiones seguras y medir habilidades de control del vehículo, respeto a las normas de tránsito y reacción ante situaciones de riesgo. (Diario Libre, 2021)

También tenemos los simuladores ferroviarios de Lander que son herramientas de instrucción y entrenamiento que se utilizan para mejorar la destreza y seguridad de los operadores de trenes. Estos simuladores utilizan tecnología que logra replicar con precisión el comportamiento y características de los trenes reales. Se pueden personalizar para satisfacer las necesidades de cada cliente y simular distintos tipos de trenes y sistemas ferroviarios, y contar con características como el monitoreo de rendimiento, simulación de fallas, retroalimentación en tiempo real y gestión del tráfico ferroviario. (Lander Simulation, 2022)

En Barcelona, la empresa Alstom ha desarrollado un simulador de conducción de metro, el cual cuenta con una pantalla de visualización envolvente de 180 grados y tecnología de simulación de movimiento, el cual permite a los conductores practicar escenarios de conducción y mejorar sus habilidades en un entorno seguro y controlado. El mismo también ofrece la opción de simular situaciones de emergencia y proporcionar retroalimentación en tiempo real para ayudar a los conductores a tomar decisiones correctas en situaciones críticas. (La Vanguardia, 2020)

En cuanto al Metro de Santo Domingo, aunque no se tienen antecedentes específicos sobre el uso de sistemas de simulación para el adiestramiento de conductores, se sabe que se han implementado diversas iniciativas para mejorar la calidad del servicio, como la modernización de los trenes y la ampliación de las líneas.

Actualmente, el proceso de entrenamiento de conductores del Metro de Santo Domingo en República Dominicana consta de varias etapas, las cuales son las siguientes:

- En primer lugar, los candidatos a conductores deben cumplir con ciertos requisitos, como tener al menos 25 años, tener una educación secundaria completa, tener experiencia en manejo de vehículos, y pasar un examen médico y psicológico.
- Una vez que se cumplen estos requisitos, los candidatos pasan por una serie de evaluaciones de habilidades y conocimientos técnicos, incluyendo la familiarización con el sistema de trenes, la seguridad en el sistema, el funcionamiento del sistema de señalización y los procedimientos de emergencia.
- Después de completar estas evaluaciones, los candidatos son sometidos a un entrenamiento práctico en un set de vías especiales para entrenamiento, durante este proceso son supervisados por conductores experimentados, para este entrenamiento se saca un tren de producción y lo utilizan con este fin, al terminar este proceso este tren debe ser llevado a su estación regular antes de la hora pico para evitar congestionamiento de personas. Luego del entrenamiento en las vías especiales, los conductores pasan de 20 a 25 días practicando en las vías operativas normales acompañados por otro conductor, esto específicamente en horas de la noche y madrugada. Para culminar con el

entrenamiento, los nuevos conductores tardan 6 meses en periodo de prueba, donde conducen los trenes de manera normal y sin acompañamiento.

Una vez que los candidatos han completado satisfactoriamente todo el proceso de entrenamiento, se les otorga la licencia de conductor y pueden empezar a trabajar en el sistema real.

Cabe destacar que el proceso actual de entrenamiento de conductores del Metro de Santo Domingo en República Dominicana es riguroso y cumple con los estándares internacionales de seguridad y calidad. Sin embargo, el desarrollo de un sistema de simulación para la capacitación de conductores podría complementar este proceso y mejorar aún más la preparación de los conductores.

1.2 Definición del problema.

Basándonos en la entrevista llevada a cabo con Ernesto de León Sánchez, quien es el Encargado de Línea e instructor de OPRET, podemos identificar el problema como la necesidad de mejorar el proceso de entrenamiento de los conductores recién contratados en el Metro de Santo Domingo. En la actualidad, este entrenamiento se realiza utilizando un sistema de vías especiales donde se utiliza una composición designada que se saca de producción y se habilita en dichas vías. Sin embargo, este enfoque plantea preocupaciones en términos de seguridad, ya que implica utilizar una composición real en un entorno de entrenamiento, y también afecta el tiempo de los operarios que deben dedicarse a operar las vías especiales.

Además, se ha observado que los entrenamientos se llevan a cabo en horarios no convencionales, lo cual conlleva costos adicionales relacionados con el recurso humano necesario y el consumo de energía eléctrica. Estos costos adicionales se deben a la necesidad de asignar personal y utilizar energía fuera de los horarios normales de operación del metro, lo que representa un desafío económico para la organización.

Por lo tanto, surge la necesidad de diseñar y desarrollar un simulador de conducción para el Metro Santo Domingo que permita un entrenamiento más seguro y eficiente para los nuevos conductores, evitando así los riesgos asociados con el uso de una

composición real en su capacitación. Mediante el uso de un entorno virtual, este simulador permitirá llevar a cabo los entrenamientos en horarios convenientes sin incurrir en costos adicionales de personal y energía eléctrica fuera de los horarios habituales de operación. (Ernesto De León Sánchez, 2023)

1.3 Justificación.

La formación de conductores de trenes es de vital importancia para garantizar la seguridad de los pasajeros y el funcionamiento efectivo del sistema de transporte público. En este sentido, la implementación de un sistema de simulación específicamente diseñado para la instrucción de conductores de trenes en el Metro de Santo Domingo se presenta como una estrategia clave para mejorar la calidad de dicha preparación.

Dicho sistema de simulación brindaría un ambiente controlado y seguro en el cual los conductores podrían practicar y enfrentarse a distintas situaciones, permitiéndoles mejorar sus habilidades y destrezas en un entorno virtual. Esta práctica constante y repetitiva en situaciones específicas contribuiría a fortalecer su preparación y capacidad de tomar decisiones efectivas, con el objetivo de prevenir accidentes y salvaguardar la integridad de los pasajeros.

La implementación de un sistema de simulación para la capacitación de conductores de trenes en el Metro de Santo Domingo no solo mejoraría la seguridad y eficiencia del sistema de transporte público, sino que también generaría conocimiento y experiencia aplicable en otras redes de transporte. Este enfoque brindaría un entorno seguro y controlado para que los conductores mejoren sus habilidades, reduciendo el tiempo y los costos de instrucción. Además, impulsa la reputación y la satisfacción de los usuarios, sentando las bases para futuras mejoras e innovaciones en el campo del transporte público.

1.3.1 Originalidad

Aunque existen sistemas de simulación para el entrenamiento de operadores en otros sistemas de transporte público en diferentes partes del mundo, la creación de un

sistema de simulación específico para el Metro de Santo Domingo sería una iniciativa innovadora y única en la región. Esto podría generar conocimiento y experiencia en el campo de la simulación y el aprendizaje de operadores no solo en República Dominicana, sino en toda Latinoamérica, lo que podría ser aplicable en otros sistemas de transporte público en la región.

La implementación de un sistema de simulación para la formación de personal en el Metro de Santo Domingo es innovadora y tiene como objetivo mejorar la seguridad y eficiencia del sistema de transporte público. Además de ofrecer un ambiente seguro, intuitivo y controlado para que los choferes practiquen situaciones variadas, este sistema podría resultar más económico a largo plazo que la capacitación en un tren real, lo que lo hace más accesible para el personal que necesita formación.

Con la ayuda de Arduino en los controles para que sean altamente personalizables, este sistema proporciona un ambiente seguro, intuitivo y controlado para que los conductores practiquen, lo que podría mejorar su preparación y reducir el riesgo de accidentes, resultando en una reducción de los costos y del tiempo de formación del personal.

1.3.2 Profundidad

Para desarrollar un sistema de simulación efectivo para la capacitación de conductores, es necesario considerar la tecnología necesaria, como el software y hardware de simulación, así como los datos y parámetros necesarios para simular de manera realista el sistema de transporte público. Además, es necesario considerar las situaciones que los conductores enfrentan en el desempeño de su trabajo, y cómo estas situaciones pueden ser simuladas de manera efectiva en el sistema.

La seguridad es otro aspecto fundamental a considerar en la elaboración de un sistema de simulación para la formación de conductores. El sistema debe ser capaz de simular situaciones críticas y distintas, pero siempre en un ambiente controlado y seguro para los conductores en formación y el equipo del sistema. La precisión y la eficacia del sistema deben ser probadas y validadas para garantizar que los conductores estén bien

preparados para desempeñar correctamente su función en la operación real del sistema de transporte.

El aspecto operativo es también importante en el desarrollo de un sistema de simulación para la orientación de conductores. El sistema debe ser capaz de simular el funcionamiento y las características específicas del sistema de transporte público, para que los conductores estén preparados para operar efectivamente en el sistema real. Además, el sistema debe ser integrado y coordinado con el sistema de entrenamiento existente en el Metro de Santo Domingo, para garantizar una formación coherente y efectiva.

Por último, el aspecto de capacitación es fundamental para el éxito del sistema. El sistema debe ser diseñado y estructurado para permitir a los conductores en formación practicar escenarios de la vida real de manera repetitiva y mejorar sus habilidades y decisiones en situaciones de emergencia. Además, la efectividad del sistema de instrucción debe ser monitoreada y evaluada para garantizar una educación efectiva y de alta calidad.

1.3.3 Impacto

El desarrollo de un sistema de simulación para la capacitación de conductores de trenes en el Metro de Santo Domingo tendría un impacto significativo al mejorar la seguridad del sistema de transporte público. Proporcionando un entorno seguro y controlado, permitiría a los conductores practicar situaciones del día a día y perfeccionar sus habilidades, lo que los preparará de manera efectiva para tomar decisiones y prevenir accidentes.

Además, este sistema de simulación aumentaría la eficiencia de la instrucción profesional al permitir que los conductores practiquen situaciones específicas repetidamente sin afectar la operación del servicio, además de tener capacidad para entrenar más conductores simultáneamente. Esto reduciría el tiempo y los costos asociados con la capacitación, optimizando los recursos y mejorando la productividad en el proceso.

También, la implementación de un sistema de simulación para el desarrollo de aptitudes de los conductores de trenes podría reducir los costos asociados con la orientación de nuevos choferes. La educación en un ambiente simulado es mucho más eficiente y menos costosa que el entrenamiento en el sistema real.

Otro impacto importante sería el incremento de la reputación y la satisfacción de los usuarios del Metro de Santo Domingo. Al contar con conductores mejor preparados y entrenados, se brindaría un servicio más seguro y confiable, lo que generaría confianza entre los pasajeros y mejorarían su experiencia general.

1.4 Objetivo General

Desarrollar un sistema de simulación para la capacitación de conductores de trenes en el Metro de Santo Domingo que permita mejorar la calidad y eficacia del proceso de formación y por medio de escenarios brindar habilidades operativas a los conductores.

1.4.1 Objetivos específicos

1. Analizar y proponer mejoras al procedimiento y herramientas involucradas en la capacitación de conductores del Metro de Santo Domingo.
2. Realizar y documentar recorridos por las diferentes estaciones para adquirir información acerca de sus estructuras para garantizar la exactitud del simulador.
3. Diseñar y desarrollar un ambiente de gestión del simulador, que permita seleccionar los posibles escenarios para fines de práctica del conductor.
4. Crear un ambiente tridimensional interactivo para el entrenamiento de conductores de trenes utilizando tecnología Arduino para replicar los controles de las cabinas. Al combinar estas técnicas, se busca mejorar la capacitación de los conductores mediante una experiencia realista y segura de manejo de trenes.
5. Documentar el uso del simulador por usuarios familiarizados con este tipo de entrenamiento para garantizar la funcionalidad y utilidad.

6. Implementar el uso de rúbricas para evaluar el desempeño de los nuevos conductores en el simulador de trenes. Además, se remitirá la información de desempeño a los entrenadores vía correo electrónico, lo que permitirá un seguimiento y retroalimentación eficiente de la capacitación.

1.5 Alcances

El alcance del trabajo de grado es desarrollar un simulador de trenes para el metro de Santo Domingo utilizando Maya para el modelado de los elementos visuales, Arduino para los controles físicos y Unity para el desarrollo de la simulación.

Para lograr este objetivo, el trabajo de grado se enfocará en los siguientes aspectos:

- Investigación y análisis de las necesidades de entrenamiento de los conductores de trenes en el Metro de Santo Domingo.
- Desarrollo de los modelos 3D de los elementos visuales, como los trenes, las estaciones y los objetos relacionados con la operación del tren, utilizando Maya.
- Desarrollo de los sistemas de control físico utilizando Arduino, que permitan al conductor interactuar con la simulación de una manera realista y precisa.
- Integración de los modelos 3D y los sistemas de control en Unity para crear una simulación realista del funcionamiento del tren en la línea del Metro de Santo Domingo.

El resultado esperado de la tesis es un simulador de trenes que permita a los aspirantes a conductores adquirir habilidades y conocimientos de manera segura y efectiva, y reducir los riesgos asociados con la formación en situaciones reales. Además, el simulador puede ser utilizado como una herramienta de capacitación continua para mejorar la eficiencia operativa y la seguridad en la operación del Metro de Santo Domingo.

Además del alcance ya mencionado, se pueden considerar las siguientes limitaciones:

- Limitaciones en la simulación de situaciones reales: Aunque el simulador busca proporcionar una experiencia realista, es posible que existan limitaciones en la

simulación de ciertos aspectos de la operación del tren y las interacciones con otros elementos del entorno, como la presencia de personas en el metro, la operación de otras líneas del metro o la gestión de la reportería y eventos inesperados.

- Acceso limitado a información y datos: La recopilación de información detallada sobre el funcionamiento del Metro de Santo Domingo, incluyendo aspectos técnicos y operativos, puede ser un desafío debido a la disponibilidad limitada de datos o a la confidencialidad de cierta información relacionada con la seguridad y operación del sistema.

Es importante tener en cuenta estas limitaciones durante el desarrollo del simulador de trenes y considerar cómo mitigar sus impactos en la efectividad y alcance del trabajo de grado.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.

2.1 Desarrollo de software y programación.

2.1.1 Unity

Unity es un motor de videojuegos multiplataforma desarrollado por Unity Technologies. Según Chen y Zhang (2020), Unity es uno de los motores de videojuegos más populares y ampliamente utilizados en la industria, con una amplia gama de herramientas para la creación de mundos virtuales, la implementación de mecánicas de juego y la renderización de gráficos en 2D y 3D.

Según Salter (2018), Unity es un motor de videojuegos altamente accesible y fácil de usar, lo que lo convierte en una opción popular para desarrolladores independientes y pequeños estudios de desarrollo. La plataforma también cuenta con una amplia comunidad de usuarios y una gran cantidad de recursos en línea, lo que facilita el aprendizaje y la solución de problemas.

Unity es compatible con una amplia variedad de plataformas, incluyendo PC, consolas de juegos, dispositivos móviles y realidad virtual y aumentada. Según Gama y Vermeulen (2021), Unity ofrece herramientas de desarrollo específicas para cada plataforma, lo que permite a los desarrolladores crear y optimizar sus juegos para una experiencia de usuario óptima en cada dispositivo.

2.1.2 C#

C# (C sharp) es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por Microsoft. Es un lenguaje popular para el desarrollo de aplicaciones de escritorio, aplicaciones web y videojuegos, y es ampliamente utilizado en conjunto con Unity para el desarrollo de videojuegos.

Según Krouse y Castillo (2018), C# Es el lenguaje de programación predeterminado para el desarrollo de videojuegos en Unity, y es utilizado por los desarrolladores para implementar la lógica del juego, la inteligencia artificial, la gestión de recursos y la interacción del usuario.

Además, según Muszynski (2021), Unity tiene una API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) completa en C#, lo que permite a los desarrolladores acceder a las funciones de Unity y crear scripts personalizados para el comportamiento del juego.

2.1.3 C++

C++ es un lenguaje de programación de alto nivel, que se utiliza ampliamente para desarrollar aplicaciones de software y videojuegos. Según Schildt (2017), C++ es uno de los lenguajes de programación más populares y se utiliza en una variedad de aplicaciones, incluyendo aplicaciones de escritorio, servidores web y sistemas embebidos.

En el contexto de Arduino, C++ se utiliza para programar el microcontrolador que se encuentra en la placa de Arduino. Según Monk (2016), el IDE de Arduino utiliza una versión simplificada de C++ para programar el microcontrolador, que se ejecuta en el chip AVR que se encuentra en la placa de Arduino.

Además, según Murgia et al. (2019), C++ es el lenguaje de programación más utilizado en el desarrollo de sistemas embebidos, que es un área de aplicación común para Arduino.

2.1.4 Serialized Field

En Unity, un Serialized Field es un atributo utilizado en la programación para exponer una variable privada en el Inspector de Unity. Al marcar una variable con el atributo Serialized Field, se puede acceder y modificar su valor directamente desde el Inspector, lo que facilita el ajuste y configuración de propiedades en tiempo de diseño. Esto es especialmente útil al trabajar con componentes personalizados, ya que permite una fácil modificación de variables sin tener que modificar el código fuente.

2.1.5 OOP

La Programación Orientada a Objetos (OOP, por sus siglas en inglés) es un paradigma de programación que se basa en el concepto de "objetos" y su interacción para modelar y resolver problemas. En la OOP, los objetos son instancias de clases que encapsulan datos

(atributos) y comportamientos (métodos). Se enfoca en la reutilización de código, la modularidad y el concepto de herencia, polimorfismo y encapsulamiento. Unity utiliza el enfoque de la OOP para la creación de juegos y aplicaciones interactivas.

2.1.6 Scripts

Los Scripts en Unity son programas escritos en un lenguaje de programación, como C# o JavaScript, que se adjuntan a los GameObjects para controlar su comportamiento y lógica de juego. Los Scripts permiten definir interacciones, movimiento, colisiones, animaciones y cualquier otro aspecto programable del juego. Los Scripts se utilizan para agregar funcionalidad a los GameObjects y definir cómo interactúan con otros elementos del juego.

2.1.7 SMTP

SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) es un protocolo estándar utilizado para enviar correos electrónicos a través de Internet. Permite que los servidores de correo se comuniquen entre sí y transmitan mensajes de un remitente a un destinatario. El remitente utiliza un cliente de correo electrónico para enviar el mensaje al servidor de correo saliente (SMTP) designado, que se encarga de transmitir el mensaje al servidor de correo entrante (SMTP) del destinatario. El destinatario finalmente recibe el mensaje en su bandeja de entrada.

El funcionamiento de SMTP se basa en comandos y respuestas intercambiados entre el cliente y el servidor de correo. Estos comandos incluyen la identificación del remitente y del destinatario, el envío del contenido del mensaje y la finalización de la transacción.

2.1.8 Microsoft SQL Server

SQL Server es un sistema de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS, por sus siglas en inglés) desarrollado por Microsoft. Proporciona un entorno de administración de bases de datos robusto y escalable, diseñado para almacenar, recuperar y administrar grandes volúmenes de datos. SQL Server utiliza el lenguaje de consulta

estructurado (SQL) para realizar operaciones de manipulación de datos, consultas y administración de bases de datos.

2.1.9 UML

El Lenguaje de Modelado Unificado (UML, por sus siglas en inglés) es un estándar de modelado visual utilizado en el campo del desarrollo de software y la ingeniería de sistemas. Proporciona una notación gráfica para representar los diferentes aspectos de un sistema, incluyendo su estructura, comportamiento, interacciones y relaciones con otros sistemas. UML es utilizado como una herramienta de comunicación entre los miembros del equipo de desarrollo y como una guía para el diseño, implementación y documentación del software.

2.1.10 Python

Python es un lenguaje de programación de alto nivel, interpretado y de propósito general. Es conocido por su sintaxis clara y legible, lo cual facilita el desarrollo de aplicaciones y el aprendizaje de programación. Python se destaca por su enfoque en la legibilidad del código y su filosofía de "baterías incluidas", que significa que proporciona una amplia biblioteca estándar con módulos y herramientas para diversas tareas, lo que hace que sea fácil de aprender y utilizar para una variedad de aplicaciones. Es ampliamente utilizado en diferentes campos, como desarrollo web, ciencia de datos, inteligencia artificial y automatización de tareas.

2.1.11 Tkinter

Tkinter es una biblioteca estándar de Python que permite la creación de interfaces gráficas de usuario (GUI, por sus siglas en inglés). Proporciona un conjunto de widgets y herramientas que permiten el diseño y desarrollo de interfaces gráficas interactivas de forma sencilla y eficiente. Tkinter se basa en la biblioteca Tcl/Tk y proporciona una capa de enlace entre Python y la biblioteca Tcl/Tk, lo que permite crear aplicaciones con ventanas, botones, campos de entrada y otros elementos visuales. Es una herramienta ampliamente utilizada para el desarrollo de aplicaciones de escritorio en Python, ya que ofrece una interfaz gráfica amigable para el usuario.

2.1.12 Stored Procedures

En bases de datos relacionales, una stored procedure (procedimiento almacenado) es un bloque de código SQL que se almacena en el sistema de gestión de bases de datos y se puede llamar y ejecutar posteriormente. Estos procedimientos se utilizan para realizar operaciones complejas, procesamiento de datos y lógica de negocio en la base de datos. Al ser almacenados en el servidor de la base de datos, las stored procedures ofrecen ventajas como la reutilización de código, mejora del rendimiento, seguridad y control de acceso a los datos.

2.1.13 SHA 256

SHA-256 es una función hash criptográfica que toma una cadena de bits de cualquier longitud y produce una cadena de 256 bits como salida. Las funciones hash criptográficas se utilizan para la seguridad criptográfica porque son unidireccionales, lo que significa que no es posible invertir la función y obtener la entrada a partir de la salida. También son únicas, lo que significa que es muy poco probable que dos entradas diferentes generen el mismo hash.

Cuanto mayor sea la longitud de los hashes posibles, menor será la probabilidad de que dos valores creen el mismo hash. SHA-256 tiene 2^{256} posibles hashes, lo que lo hace muy difícil de romper.

2.2 Gráficos y modelado 3D

2.2.1 Maya

Maya es una popular herramienta de software utilizada en la industria del cine, la animación y los videojuegos para la creación de modelos 3D, animaciones y efectos visuales. Desarrollado por Autodesk, Maya proporciona a los artistas y animadores una amplia gama de herramientas y funcionalidades para la creación de contenido digital.

Maya se destaca por su versatilidad y su capacidad para crear imágenes y animaciones de alta calidad. Permite la creación y manipulación de modelos tridimensionales detallados, la aplicación de texturas y materiales realistas, la animación de personajes y

objetos, así como la simulación de fenómenos físicos y efectos especiales. Además, ofrece potentes herramientas de renderizado que permiten generar imágenes y animaciones finales de alta calidad.

2.2.2 FBX

FBX (Filmbox) es un formato de archivo desarrollado por Autodesk utilizado para el intercambio de datos de modelos 3D, animaciones y escenas entre diferentes aplicaciones de gráficos por computadora. El formato FBX es compatible con una amplia gama de software de diseño y animación 3D, lo que permite la transferencia de modelos y animaciones entre diferentes plataformas y programas. Es ampliamente utilizado en la industria de los videojuegos, el cine y la animación.

2.2.3 Materiales

En el contexto de la creación de gráficos 3D, los materiales se refieren a las propiedades visuales aplicadas a los objetos para simular su apariencia y textura. Los materiales definen cómo interactúa la luz con la superficie de un objeto 3D, incluyendo características como el color, brillo, opacidad, textura, reflexión y refracción. Los materiales permiten crear efectos realistas y detallados en los modelos 3D, y se utilizan para proporcionar una apariencia convincente a los objetos en entornos virtuales.

2.3 Dispositivos y electrónica

2.3.1 Arduino

Arduino es una plataforma de prototipado electrónico de código abierto, diseñada para ser fácil de usar por usuarios sin experiencia previa en electrónica o programación. Según Banzi y Shiloh (2014), Arduino es un hardware de computadora y software de código abierto diseñado para interactuar con el mundo físico a través de sensores y actuadores.

La plataforma Arduino incluye una placa con un microcontrolador, un entorno de desarrollo integrado (IDE) y una biblioteca de código que simplifica la programación del microcontrolador. Según Knudsen (2019), los usuarios pueden programar el

microcontrolador utilizando una versión simplificada de C++ en el entorno de desarrollo integrado de Arduino.

Arduino ha ganado popularidad en una variedad de aplicaciones, desde la creación de prototipos de dispositivos IoT (Internet de las cosas) hasta la creación de obras de arte interactivas. Según Dziewonski y Rozenberg (2018), la plataforma Arduino es ampliamente utilizada en la educación para enseñar electrónica y programación a estudiantes.

2.3.2 Potenciómetro

Un potenciómetro es un componente electrónico ajustable que se utiliza para controlar la resistencia eléctrica en un circuito. Consiste en una resistencia variable y un cursor móvil que se desplaza a lo largo de la resistencia. Al girar el eje del potenciómetro, se ajusta la posición del cursor, lo que cambia la resistencia eléctrica y, por lo tanto, puede controlar el nivel de voltaje o corriente en un circuito.

2.3.3 Monitor Serial

El Monitor Serial es una herramienta proporcionada por el entorno de desarrollo de Arduino que permite la comunicación entre un Arduino y un dispositivo externo, como un ordenador, a través del puerto serie. Permite enviar y recibir datos de forma bidireccional, lo que resulta útil para depurar y mostrar información durante la ejecución de un programa en Arduino. Se utiliza para imprimir mensajes, depurar problemas y monitorear el comportamiento del programa.

2.3.4 Puertos COM

Los puertos COM (Communication) son interfaces de comunicación serie utilizadas para conectar dispositivos periféricos, como Arduino, a un ordenador. Estos puertos permiten la transferencia de datos en serie, un bit a la vez. Los puertos COM se identifican mediante números, como COM1, COM2, etc., y se utilizan para establecer la comunicación entre el ordenador y el dispositivo conectado, como un Arduino.

2.3.5 Input-PullUp

La configuración Input-PullUp es una técnica utilizada en Arduino para habilitar una resistencia interna de pull-up en los pines de entrada digital. Cuando se configura un pin como Input-PullUp, se activa una resistencia pull-up interna que conecta el pin a un voltaje alto (5V en Arduino Uno) cuando no se aplica una señal externa. Esto ayuda a mantener el pin en un estado lógico alto (HIGH) y evita que se flote o quede en un estado indefinido.

2.4 Motor Gráfico

2.4.1 Escenas

En Unity, una escena es un entorno o nivel dentro de un proyecto de juego donde se desarrolla una parte específica del juego. Una escena puede contener elementos como terrenos, objetos, luces, cámaras y otros elementos de juego. Las escenas se utilizan para organizar y controlar la estructura del juego, permitiendo la transición entre diferentes partes de este, como menús, niveles y secuencias.

2.4.2 GameObjects

En Unity, un GameObject es un elemento básico y fundamental que representa un objeto en el espacio 3D o 2D de la escena del juego. Puede ser cualquier cosa en el juego, como personajes, obstáculos, terrenos, cámaras, luces, partículas, etc. Los GameObjects actúan como contenedores para los componentes que definen su apariencia, comportamiento y funcionalidad en el juego.

2.4.3 Scripts

Los Scripts en Unity son programas escritos en un lenguaje de programación, como C# o JavaScript, que se adjuntan a los GameObjects para controlar su comportamiento y lógica de juego. Los Scripts permiten definir interacciones, movimiento, colisiones, animaciones y cualquier otro aspecto programable del juego. Los Scripts se utilizan para agregar funcionalidad a los GameObjects y definir cómo interactúan con otros elementos del juego.

2.4.4 Prefab

Un Prefab (prefabricado) en Unity es una estructura reutilizable que contiene un conjunto de GameObjects y componentes preconfigurados. Los Prefabs permiten crear instancias de objetos con configuraciones predefinidas, lo que facilita la creación y gestión de elementos del juego. Los cambios realizados en un Prefab se reflejan automáticamente en todas las instancias de este en la escena, lo que simplifica la actualización y edición de elementos del juego.

2.4.5 Splines

En informática gráfica y matemáticas, un spline es una curva suave definida por una serie de puntos de control. Se utiliza para representar y manipular curvas y superficies en aplicaciones como diseño asistido por ordenador (CAD), animación por computadora y modelado 3D. Los splines son especialmente útiles para crear curvas suaves y continuas que se ajustan a los puntos de control de manera precisa.

2.4.6 Colliders

En el contexto de los motores de física y los gráficos en 3D, un collider (colisionador) es un componente utilizado para detectar y gestionar las colisiones entre objetos en un entorno virtual. Un collider define la forma y el tamaño de un objeto y permite realizar cálculos de colisión para determinar si dos objetos se intersecan en el espacio 3D. Esto es fundamental para aplicaciones como videojuegos, simulaciones y realidad virtual, donde se requiere una interacción precisa entre objetos.

2.5 Simulación por computadora

2.5.1 Simulación por computadora

La simulación por computadoras es una herramienta de modelado y análisis que utiliza la capacidad de procesamiento de las computadoras para imitar el comportamiento de sistemas complejos en un entorno controlado y seguro.

Según Abar et al. (2020), la simulación por computadoras es una técnica que permite estudiar el comportamiento y las interacciones de un sistema complejo mediante la creación de un modelo matemático y su implementación en un software de simulación.

La simulación por computadoras es ampliamente utilizada en diversas disciplinas, como la ingeniería, la física, la biología y las ciencias sociales. Según Lee y Laroche (2019), la simulación por computadoras se utiliza en la ingeniería para evaluar el rendimiento de sistemas complejos, como la producción de energía eléctrica y la logística de la cadena de suministro. En biología, se utiliza para simular la dinámica de poblaciones y la evolución de especies. En las ciencias sociales, se utiliza para modelar el comportamiento de sistemas económicos y políticos.

2.5.2 Simulación de trenes

La simulación de trenes es una técnica de modelado y análisis que se utiliza para evaluar el rendimiento y la eficiencia de los sistemas ferroviarios. Según Huang et al. (2021), la simulación de trenes se basa en la creación de un modelo matemático que representa la dinámica del sistema ferroviario, incluyendo la infraestructura de la vía, los trenes y los sistemas de señalización y control.

La simulación de trenes se utiliza comúnmente en la planificación y el diseño de sistemas ferroviarios, así como en la evaluación del rendimiento de los sistemas existentes. Según Guo et al. (2019), la simulación de trenes permite evaluar el impacto de diferentes escenarios operativos, como cambios en la frecuencia de los trenes, la capacidad de la infraestructura y el comportamiento de los pasajeros.

La simulación de trenes también se utiliza para evaluar el impacto de las condiciones climáticas y otros eventos externos en el rendimiento del sistema ferroviario. Según Chen et al. (2020), la simulación de trenes se ha utilizado para evaluar el impacto de eventos climáticos extremos, como tormentas de nieve y lluvias intensas, en el rendimiento del sistema ferroviario.

2.5.3 Simulación Estocástica

La simulación estocástica es una técnica utilizada para modelar y analizar sistemas complejos en los que intervienen variables aleatorias. En este contexto, la simulación estocástica se refiere a la generación de múltiples escenarios o experimentos basados en la aleatoriedad de los datos de entrada, lo que permite evaluar el comportamiento del sistema en diferentes condiciones y obtener estimaciones estadísticas de su rendimiento.

La simulación estocástica se basa en el uso de métodos probabilísticos y estadísticos para modelar la incertidumbre y la variabilidad de los datos. Los modelos de simulación estocástica pueden incluir distribuciones de probabilidad para representar la variación en los datos de entrada, así como reglas de transición que determinan cómo evoluciona el sistema a lo largo del tiempo.

2.6 Sistemas de control y seguridad

2.6.1 Pantógrafos

Los pantógrafos son dispositivos mecánicos montados en la parte superior de los vehículos ferroviarios eléctricos, como trenes y metros. Su función es proporcionar una conexión eléctrica segura y estable entre el vehículo y la catenaria (cable aéreo) que suministra la energía eléctrica al tren. Los pantógrafos constan de brazos extensibles que se levantan y mantienen en contacto con la catenaria, permitiendo la transferencia de energía para la tracción del vehículo.

2.6.2 DDUs (Driver Display Unit):

Los DDUs son unidades de visualización instaladas en la cabina de conducción de un tren o metro. Proporcionan información en tiempo real al conductor, como velocidad, estado de las señales, indicadores de puertas, alertas y cualquier otra información relevante para la operación del tren. Los DDUs permiten al conductor monitorear y controlar de manera eficiente el funcionamiento del tren, brindando una interfaz intuitiva y clara.

2.6.3 Agujas

Las agujas, también conocidas como desvíos o cambios de vía, son dispositivos utilizados en las vías férreas para permitir que los trenes cambien de carril. Consisten en secciones móviles de rieles que se desplazan lateralmente para guiar la rueda del tren en la dirección deseada. Las agujas son controladas por mecanismos accionados manualmente o mediante sistemas automatizados, y su correcta operación es fundamental para permitir el paso seguro de los trenes por diferentes rutas.

2.6.4 ATP (Automatic Train Protection):

El ATP es un sistema de protección automática de trenes que garantiza la seguridad y el control de la velocidad en la operación ferroviaria. El ATP supervisa continuamente la velocidad del tren y, en caso de exceder los límites establecidos, aplica automáticamente los frenos para evitar situaciones peligrosas. También puede proporcionar señales y advertencias al conductor sobre condiciones de la vía y la proximidad de otros trenes.

2.6.5 Llave de gobierno

La llave de gobierno es un dispositivo de seguridad que se encuentra en la cabina de conducción de un tren o metro. Su función principal es permitir al conductor activar o desactivar ciertas funciones críticas del tren, como abrir y cerrar puertas, activar frenos de emergencia o habilitar sistemas de seguridad. La llave de gobierno garantiza que solo personal autorizado pueda realizar ciertas acciones en el vehículo, lo que contribuye a la seguridad operativa.

2.6.6 Selector de modos

El selector de modos es un control ubicado en la cabina de conducción de un tren o metro que permite al conductor seleccionar el modo de operación del vehículo. Dependiendo del sistema ferroviario, el selector de modos puede incluir opciones como "conducción manual", "conducción automática", "modo de mantenimiento" u otras configuraciones. El selector de modos determina cómo se controla el tren y qué funciones están activas durante la operación.

2.7 Roles de usuario.

2.7.1 Rol de conductor.

Los conductores son los principales beneficiarios del sistema de simulación de conducción. Su rol consiste en utilizar el simulador para practicar y mejorar sus habilidades de conducción. Los conductores pueden acceder al sistema, iniciar sesiones, realizar entrenamientos en diferentes escenarios y recibir retroalimentación sobre su desempeño.

2.7.2 Rol de instructor.

Los instructores son responsables de supervisar y guiar el proceso de entrenamiento de los conductores. Su rol implica monitorear el desempeño de los conductores, proporcionar retroalimentación y evaluar su progreso. Los instructores también tienen acceso al sistema para revisar los informes de entrenamiento.

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO.

3.1 Metodología del proyecto

El presente proyecto de grado tiene como objetivo principal el diseño y desarrollo de un simulador de conducción del Metro Santo Domingo, con el propósito de brindar un entorno virtual realista para el entrenamiento de conductores. Para lograr este objetivo, se está llevando a cabo una investigación aplicada, donde se aplican los conocimientos teóricos existentes en el desarrollo del simulador para resolver problemas específicos.

En este caso, se está utilizando la metodología ágil Scrum, que permite gestionar de manera eficiente el desarrollo del simulador. Mediante el enfoque iterativo e incremental de Scrum, se promueve la colaboración entre el equipo de desarrollo y los usuarios finales, con el fin de obtener un producto de alta calidad que satisfaga las necesidades y expectativas de los conductores y demás involucrados en el proceso de entrenamiento.

La investigación aplicada nos permite aplicar los conocimientos teóricos en la práctica y buscar soluciones prácticas para resolver problemas reales. En este proyecto, se busca generar un simulador de conducción que sea efectivo y útil para el entrenamiento de conductores del Metro Santo Domingo.

3.2 Ciclo de vida.

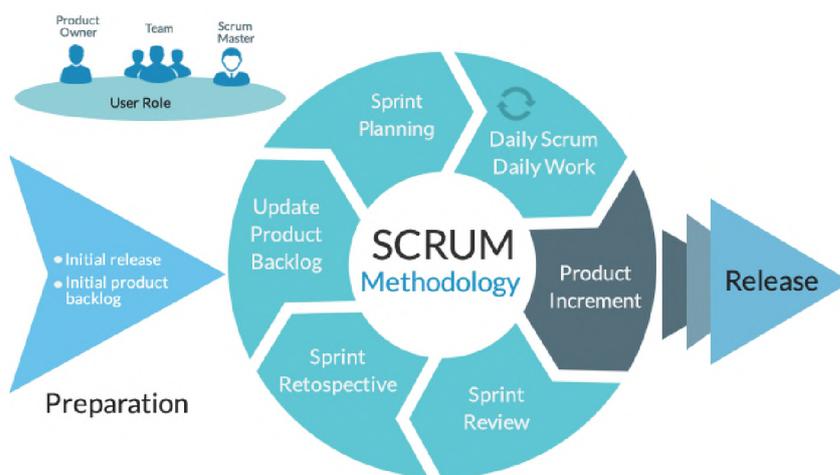


Ilustración 1- Ciclo de vida Scrum.

3.3 Fases del ciclo de vida.

3.3.1 Inicio y Planificación

En esta fase, se establecerán los objetivos del proyecto y se definirán los requerimientos y características del simulador de conducción. Se realizará una planificación inicial que incluirá la identificación de los roles y responsabilidades del equipo de desarrollo, la definición del backlog del producto y la elaboración del plan de sprints.

3.3.2 Fases de Sprints

El desarrollo del simulador se llevará a cabo en ciclos de trabajo llamados sprints. Cada sprint tiene una duración específica y durante este período se desarrollarán y probarán las funcionalidades del simulador. Al inicio de cada sprint, se seleccionarán las tareas prioritarias del backlog para ser desarrolladas en ese periodo.

3.3.3 Reuniones Diarias de Scrum

Durante cada sprint, se llevarán a cabo reuniones diarias de Scrum, conocidas como Daily Stand-ups. En estas reuniones, el equipo de desarrollo revisará el progreso, compartirá el estado de las tareas y discutirá los posibles obstáculos. Estas reuniones fomentan la colaboración y permiten tomar decisiones rápidas para mantener el ritmo de trabajo.

3.3.4 Revisión del Sprint

Al finalizar cada sprint, se realizará una revisión del sprint con los usuarios finales y otras partes interesadas. Durante esta revisión, se demostrarán las funcionalidades desarrolladas durante el sprint y se recogerá el feedback para realizar ajustes o mejoras.

3.3.5 Retrospectiva del Sprint

También al finalizar cada sprint, se llevará a cabo una retrospectiva del sprint, en la cual el equipo de desarrollo analizará el proceso de trabajo y buscará oportunidades de mejora. Se identificarán las lecciones aprendidas y se definirán acciones para incrementar la eficiencia y calidad en los siguientes sprints.

3.3.6 Iteraciones y Mejoras Continuas

El proceso de desarrollo se repetirá en múltiples iteraciones, con nuevos sprints que se planificaron y ejecutaron de manera sucesiva. Cada iteración se basará en el feedback

recibido y las lecciones aprendidas de las iteraciones anteriores, permitiendo así una mejora continua del simulador de conducción.

3.4 Recopilación de datos

En este subcapítulo se describe el proceso de recopilación de datos para el presente proyecto, en el cual se utilizaron diferentes técnicas, incluyendo entrevistas y recorridos por las diferentes estaciones. Estas técnicas permitieron obtener información relevante sobre el sistema de evaluación de nuevos conductores y el entrenamiento actual.

3.4.13 Entrevistas

Durante las entrevistas realizadas, se formularon una serie de preguntas para recopilar datos importantes. Algunas de las preguntas clave incluyen:

1. ¿Mediante qué reglamento o manual se evalúan los nuevos conductores?
2. ¿En qué consiste el sistema actual de entrenamiento?
3. ¿Cuáles son los criterios utilizados para evaluar el desempeño de los conductores durante el entrenamiento?
4. ¿Existen etapas específicas en el proceso de entrenamiento? ¿Cuáles son y qué se aborda en cada una?
5. ¿Qué tipo de capacitación se proporciona a los conductores en relación con las normas de seguridad y regulaciones?
6. ¿Cómo se evalúa el conocimiento teórico de los conductores en relación con las reglas de tránsito y los procedimientos de emergencia?
7. ¿Cuáles son los métodos utilizados para evaluar las habilidades prácticas de los conductores, como la capacidad de maniobra y la respuesta a situaciones de tráfico?
8. ¿Cuáles son los criterios para determinar si un conductor es considerado apto para operar en todas las estaciones o si se limita a ciertas rutas?
9. ¿Se lleva a cabo alguna evaluación periódica del desempeño de los conductores una vez que están en servicio? ¿En qué consiste y con qué frecuencia se realiza?

3.4.2 Observación

Además de las entrevistas y los recorridos realizados por las diferentes estaciones, también se tomaron fotografías como parte del proceso de recopilación de datos. Estas

fotografías tienen como objetivo proporcionar una representación visual detallada de las estaciones, lo cual será útil para el modelado y la recreación de estas en el simulador.

Al tomar las fotografías, se enfocó en capturar diversos aspectos de las estaciones, como la arquitectura y diseño de los edificios, las áreas de acceso y salida, las plataformas, los andenes, los letreros informativos, las señales de seguridad, los sistemas de transporte, entre otros elementos relevantes.

La fotografía proporciona una perspectiva visual precisa y detallada que permite capturar la apariencia y los detalles físicos de las estaciones. Estas imágenes se utilizarán como referencia durante el proceso de modelado en el simulador, lo que permitirá recrear con mayor precisión la apariencia y la disposición espacial de las estaciones en el entorno virtual.

El uso de las fotografías en el modelado de las estaciones en el simulador garantizará que los aspectos visuales sean fieles a la realidad, lo que contribuirá a crear una experiencia inmersiva y realista para los usuarios del simulador. Siempre teniendo en cuenta la calidad y resolución de las fotografías para asegurar que se capturen todos los detalles necesarios. Además, de tomar imágenes desde diferentes ángulos y perspectivas para obtener una visión completa de las estaciones y su entorno.

3.4.3 Encuestas

Debido a la población reducida de usuarios estimada para el sistema propuesto, se consideró innecesario realizar encuestas formales. En cambio, nos enfocamos en llevar a cabo entrevistas en profundidad con actores clave del Metro Santo Domingo. A través de estas entrevistas, pudimos obtener una comprensión sólida de los procesos de evaluación y entrenamiento existentes, así como las necesidades y expectativas de los conductores. Aunque nos vimos limitados por las huelgas laborales y la crisis en la OPRET, adaptamos nuestra metodología de investigación y nos esforzamos por obtener datos relevantes y valiosos. Estas entrevistas nos permitieron obtener una visión completa de los desafíos y oportunidades asociados con el entrenamiento de conductores en el Metro Santo Domingo, asegurando así la efectividad del simulador de conducción propuesto.

CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN.

4.1 Estudio de factibilidad.

En el siguiente capítulo, explicaremos el estudio de factibilidad para el proyecto Diseño y desarrollo de un simulador de conducción del Metro Santo Domingo para fines de entrenamiento, el cual se dividirá en 3 partes: factibilidad técnica, factibilidad operacional y factibilidad económica.

4.1.1 Factibilidad Técnica.

El proyecto de simulador de conducción de trenes utilizando Unity, Python, Arduino y Microsoft SQL Server presenta una sólida factibilidad técnica. Estas tecnologías y herramientas han sido seleccionadas estratégicamente para permitir una integración efectiva de los diferentes componentes del sistema y lograr los objetivos propuestos.

En primer lugar, Unity, un motor de juego ampliamente utilizado, nos ofrece un buen entorno de desarrollo para la creación de simulaciones interactivas en 3D. Su capacidad para renderizar gráficos de alta calidad, gestionar la física del tren y controlar la lógica del juego lo convierte en una elección adecuada para el desarrollo del simulador.

Python, junto con la biblioteca Tkinter, se ha utilizado para el overlay táctil en las pantallas secundarias. Esta combinación nos permite controlar la entrada táctil en las pantallas y proporcionar una interfaz interactiva que simula la experiencia de interactuar con los botones físicos de los DDU en un entorno real.

Arduino desempeña un papel importante en la incorporación de las funcionalidades físicas y control en la simulación. Mediante la conexión de sensores, botones, luces y pantallas LCD a la placa Arduino, se logra una experiencia más realista y práctica para los usuarios del simulador. La comunicación bidireccional entre el Arduino y Unity a través del puerto COM permite sincronizar las acciones físicas con la simulación virtual, brindando una experiencia inmersiva y realista.

La elección de Microsoft SQL Server como base de datos se basa en su compatibilidad con Unity y su capacidad para manejar eficientemente grandes volúmenes de datos. Esto facilita la gestión y almacenamiento de información relevante, como los datos de los usuarios, los registros de simulación y las infracciones cometidas durante la conducción.

Además, la implementación de stored procedures proporciona funcionalidades como el inicio de sesión y el registro de usuarios, mejorando la seguridad y la eficiencia en el acceso a la base de datos.

Para garantizar un funcionamiento adecuado del sistema, se deben cumplir ciertos requerimientos técnicos adicionales:

- **Espacio libre en el disco:** Se requiere un mínimo de 15 GB de espacio libre en el disco para el almacenamiento de los archivos del software de simulación.
- **Memoria RAM:** Se recomienda contar con al menos 8 GB de memoria RAM para garantizar un rendimiento óptimo del sistema y una experiencia fluida para los usuarios.
- **Procesador:** Se requiere un procesador Intel i5 de 7ma generación o superior para asegurar un rendimiento eficiente y rápido del sistema. Este tipo de procesador proporciona la potencia de procesamiento necesaria para ejecutar la lógica del simulador y garantizar una experiencia de simulación sin problemas.
- **Sistema operativo:** El sistema de simulación es compatible con Windows 10 o una versión superior. Es necesario tener instalado uno de estos sistemas operativos para garantizar la compatibilidad y funcionalidad del software.
- **Tarjeta gráfica:** Se recomienda contar con una tarjeta gráfica INTEL HD GRAPHICS 4000 o superior para asegurar una representación visual de alta calidad y un rendimiento óptimo del simulador.

Cumplir con estos requerimientos técnicos adicionales garantizará un rendimiento adecuado del sistema y proporcionará una experiencia óptima para los usuarios. Es importante considerar estos requisitos al planificar la implementación del simulador de conducción de trenes.

4.1.2 Factibilidad operacional.

El análisis de factibilidad operacional del sistema de simulación del Metro Santo Domingo demuestra que la implementación de este sistema es viable desde el punto de vista operativo. Para operar y mantener el sistema, no será necesario contratar personal adicional, ya que se utilizará el personal existente, incluyendo instructores y conductores

experimentados. Esto garantiza que el conocimiento y la experiencia necesarios para operar el sistema estén disponibles dentro de la organización.

El personal requerirá habilidades y conocimientos específicos en la operación de trenes, protocolos de seguridad y manejo de los equipos y sistemas del simulador. Aunque algunas habilidades se adquieren durante el entrenamiento, el personal actual ya cuenta con experiencia en la operación del sistema real. Esto facilitará su adaptación al sistema de simulación y acelerará el proceso de capacitación.

En términos de infraestructura, se requerirá una adecuada infraestructura tecnológica que incluya servidores para alojar la base de datos y el software de simulación, así como equipos de red para la comunicación entre los componentes del sistema. Además, será necesario contar con hardware específico para los simuladores, como pantallas táctiles, controles y auriculares. Esta infraestructura tecnológica asegurará un entorno propicio para la operación del sistema de simulación.

La implementación del sistema de simulación del Metro Santo Domingo tendrá un impacto significativo en el entorno operativo existente. Por un lado, se reducirá la curva de aprendizaje de los conductores, ya que podrán adquirir y aplicar conocimientos de manera más eficiente y efectiva. Además, se reducirán los costos asociados con la práctica en situaciones reales, ya que las simulaciones permitirán realizar entrenamientos sin la necesidad de utilizar recursos adicionales, como energía eléctrica y desgaste de los trenes.

Si bien existen riesgos y desafíos identificados, como posibles tiempos de inactividad y problemas de compatibilidad con hardware, estos pueden ser abordados mediante un adecuado plan de mantenimiento y actualización del sistema. Además, se debe garantizar un alto nivel de seguridad y confidencialidad de los datos, especialmente por parte de los instructores que tendrán acceso a información sensible.

4.1.3 Factibilidad económica.

El análisis de factibilidad económica es esencial para evaluar la viabilidad financiera del proyecto del simulador de conducción del Metro de Santo Domingo. En este análisis se consideraron los siguientes datos:

Según la potencia total del tren citada en fuentes confiables, que es de 2700 kW debido a los motores de modelo trifásicos de corriente alterna tipo 4LCA 2132, se estima que los gastos eléctricos por cada hora de entrenamiento en las composiciones del Metro rondarían los RD\$131,690. Esta estimación se basa en una hora de entrenamiento y en el uso de 4 composiciones diferentes en un entrenamiento reciente llevado a cabo el 21/05/2023, lo que acumuló aproximadamente 13,000 kW/h. Para estimar el costo por hora, se consultó el último informe de la tarifa eléctrica de Edesur, en el último reporte publicado de dirección comercial aplicada a servicio público septiembre 2022 es de RD\$10.13. Cabe mencionar que esta estimación no incluye los gastos de iluminación de las estaciones, señalizaciones y dispositivos de vías, que también contribuirían al consumo eléctrico total del sistema.

Para el desarrollo del simulador, se elaboró un presupuesto detallado que se presentará en la sección **4.2 Presupuesto** de este trabajo de grado. Este presupuesto incluye los costos estimados para el análisis y diseño, el modelado tridimensional, el desarrollo del sistema de gestión, el desarrollo del sistema de simulación, el desarrollo de la cabina interactiva y la documentación, así como los equipos y materiales necesarios para la implementación del simulador.

El ROI (Return on Investment) del proyecto se basa en el reemplazo parcial de ciertas etapas de los recorridos de práctica mediante el uso del simulador. Se espera que el simulador pueda sustituir al menos un 30% de las prácticas con composiciones reales. Según estimaciones anteriores, en la etapa del entrenamiento en las líneas de prueba, el uso de un solo tren implicaría un costo de aproximadamente RD\$27,351.00 por hora de uso. Considerando que estas horas se utilizan durante las horas "valle" o de servicio normal, que comprenden de 3 a 4 horas al día durante 2 semanas de entrenamiento, el gasto estimado en esta etapa sería de aproximadamente RD\$1,312,848.00.

En la etapa de los entrenamientos nocturnos, se utilizan 4 composiciones simultáneamente durante un periodo de 20 a 25 días, desde las 11:00 p.m. hasta las 4:00 a.m. Esto resultaría en un aumento en los costos energéticos de aproximadamente RD\$11,134,800.00.

En total, se espera que el simulador reemplace al menos el 30% de las prácticas, lo que representa un ahorro o rendimiento de RD\$3,734,294.4.

El costo total de desarrollo y adquisición de cuatro unidades del simulador es de RD\$918,391.08.

Por lo tanto, el cálculo del ROI sería el siguiente:

$$\text{ROI} = ((3,734,294.4 - 918,391.08) / 918,391.08) * 100 = 306.613\%$$

Esto indica que el proyecto tiene un retorno de inversión estimado del 306.613%, lo cual indica que es una inversión altamente rentable.

4.2 Presupuesto.

Precio del dólar al momento de hacer el presupuesto = \$54.65.00

El desglose del presupuesto para este proyecto de tesis se ha realizado considerando diversas etapas y tareas clave.

En cuanto al análisis y diseño del sistema, se estiman un total de 50 horas, con un costo de \$1,700, a una tarifa de \$34 por hora. Este proceso es fundamental para establecer las bases del proyecto, determinar los requerimientos, y diseñar la arquitectura y funcionalidades del sistema.

Para el modelado tridimensional, se prevén 82.5 horas de trabajo con un costo de \$2,600, valorado a una tarifa de \$31.5 por hora. Este apartado implica la creación de modelos en 3D que serán utilizados para representar elementos visuales y escenarios dentro del proyecto.

En cuanto al desarrollo del sistema de gestión, se estima un total de 21 horas, con un costo de \$1,200, a una tarifa de \$57 por hora. Esta fase se enfoca en implementar la lógica y funcionalidades del sistema, así como en establecer una estructura de gestión eficiente.

Para la creación del sistema de simulación, se prevén 47.6 horas de trabajo, con un costo de \$2,300, valorado a una tarifa de \$48.3 por hora. Esta etapa abarca la programación y configuración de elementos para permitir la simulación de escenarios y situaciones dentro del proyecto.

Por otra parte, el desarrollo de la cabina interactiva se ha estimado en 20 horas de trabajo, con un costo de \$1,500, a una tarifa de \$75 por hora. En esta fase, se enfoca en la creación de una cabina interactiva que permita una experiencia inmersiva para los usuarios.

Finalmente, para la documentación del proyecto, se calculan 56.5 horas de trabajo, con un costo de \$1,000, a una tarifa de \$17.7 por hora. Esta tarea es esencial para registrar y documentar todos los aspectos del proyecto, incluyendo el análisis, diseño, desarrollo, manuales de usuario y resultados obtenidos.

Presupuesto (Desarrollo)		
Ítems	Costo \$RD	Costo \$USD
Análisis y diseño	RD\$92,905,00	\$1,700.00
Modelado Tridimensional	RD\$142,090,00	\$2,600.00
Desarrollo de sistema de gestión	RD\$65,580,00	\$1,200.00
Desarrollo de sistema de simulación	RD\$125,695,00	\$2,300.00
Desarrollo de cabina interactiva	RD\$81,975,00	\$1,500.00
Documentación	RD\$54,650,00	\$1,000.00
Total	RD\$562,895.00	\$10,300.00

Presupuesto (Unidad)		
Ítems	Costo \$RD	Costo \$USD
Computador (Optiplex 5090)	RD\$41,534.00	\$760.00
Sliders, Botones	RD\$4,645.25	\$85.00
Pantallas LCD	RD\$4,809.20	\$88.00
Cableado	RD\$4,199.85	\$76.85
Mueble	RD\$19,674.00	\$360.00
Monitor(Dell P2219H)	RD\$7,377.75	\$135.00

Audífonos (Logitech G435)	RD\$2,731.95	\$49.99
Arduino Mega 2560 Rev3	RD\$2,634.13	\$48.20
Resistencias y otras partes electrónicas	RD\$1,267.88	\$23.20
Total	RD\$88,874.02	\$1,626.24

CAPÍTULO 5: ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA

5.1 Requerimientos

5.1.1 Requerimientos funcionales

ID	Descripción
RF01	El sistema debe permitir a los conductores nuevos registrarse con sus credenciales.
RF02	El sistema debe permitir a los conductores existentes iniciar sesión con sus credenciales.
RF03	El sistema debe permitir a los usuarios crear perfiles de conductor personalizados.
RF04	Los perfiles de conductor deben incluir campos para ingresar información como nombre, apellido, cédula y teléfono.
RF05	El sistema debe proporcionar una variedad de escenarios de entrenamiento para que los conductores elijan.
RF06	Entre los escenarios de entrenamiento deben incluir diferentes procesos y situaciones de emergencia.
RF07	La interfaz de conducción debe permitir a los conductores interactuar con el simulador como si estuvieran operando un vehículo real.
RF08	El sistema debe implementar algoritmos que simulen el movimiento y la respuesta del tren de acuerdo con las acciones del conductor.
RF09	La simulación debe incluir elementos como aceleración, frenado, cambio de marchas y simulación de la física del tren.
RF10	El sistema debe proporcionar retroalimentación inmediata al conductor sobre su desempeño durante la práctica.
RF11	Los indicadores de velocidad, energía y seguimiento de errores deben estar disponibles para evaluar el desempeño.
RF12	El sistema debe enviar informes de evaluación del desempeño a los instructores a través de correo electrónico.

RF13	El sistema debe registrar y almacenar datos relevantes del entrenamiento de los conductores, como tiempos de práctica, errores cometidos y mejoras realizadas.
RF14	Debe ser capaz de generar informes de entrenamiento basados en los datos recopilados.
RF15	El sistema debe implementar un sistema de gestión de correos electrónicos para administrar la configuración de los correos enviados por el simulador de conducción.
RF16	Los usuarios con credenciales especiales deben tener la capacidad de agregar, modificar o eliminar direcciones de correo electrónico en el sistema de gestión de correos.

5.1.2 Requerimientos no funcionales

ID	Descripción
RNF01	El simulador debe ser intuitivo y fácil de usar.
RNF02	Se requiere una interfaz gráfica de usuario (GUI) clara y bien organizada.
RNF03	Los conductores nuevos deben poder familiarizarse rápidamente con los controles y las funcionalidades del simulador.
RNF04	El simulador debe ofrecer una experiencia realista que reproduzca fielmente los escenarios de conducción del Metro Santo Domingo.
RNF05	Se debe lograr una apariencia de cabina auténtica, con detalles precisos.
RNF06	Los sonidos del tren deben ser realistas y corresponder a las situaciones de conducción.
RNF07	Los controles del simulador deben responder de manera similar a los controles reales del tren.
RNF08	Los sistemas del tren, como frenos y aceleración, deben ser simulados de manera precisa.
RNF09	El simulador debe ejecutarse de manera fluida y sin retrasos significativos.
RNF10	Se requiere una optimización del rendimiento para garantizar una experiencia de simulación sin interrupciones.
RNF11	El sistema debe ser capaz de funcionar eficientemente en computadoras con recursos limitados.

RNF12	El simulador debe ser adaptable y capaz de crecer a medida que se agreguen nuevas funcionalidades y actualizaciones.
RNF13	Se debe tener en cuenta la capacidad de escalar el sistema para admitir un mayor número de usuarios.
RNF14	El diseño del sistema debe permitir futuras expansiones y mejoras sin comprometer su funcionamiento.
RNF15	El sistema debe desarrollar una interfaz gráfica de usuario (GUI) que simule con precisión los controles y el panel de instrumentos de un tren o metro real.

5.2 Cronograma

OBJETIVOS	ACTIVIDADES POR OBJETIVO	RESULTADOS	SEMANAS														
			0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24			
1. Analizar y proponer mejoras al procedimiento y herramientas involucradas en la capacitación de conductores de Metro de Santo Domingo.	Realizar un análisis de las prácticas actuales de capacitación.	Documento que identifique áreas de mejora y recomendaciones para el procedimiento de capacitación.	●														
	Investigar herramientas y tecnologías utilizadas en la capacitación de conductores.	Informe que detalle las herramientas y tecnologías existentes y posibles mejoras.	●														
	Reuniones con el personal de capacitación y conductores para recopilar información sobre desafíos y necesidades	Resumen de las reuniones y recomendaciones para mejorar el proceso de capacitación.		●													
2. Realizar y documentar recorridos por las diferentes estaciones para adquirir información acerca de sus estructuras para garantizar la exactitud del simulador.	Planificar y coordinar los recorridos por las estaciones del Metro	Programa de visitas a las estaciones y asignación de responsabilidades.		●													
	Realizar los recorridos por las estaciones para documentar sus estructuras.	Informe detallado con fotografías y descripciones de cada estación.		●	●												
	Analizar la información recopilada y validar su exactitud con expertos	Verificación de la precisión de la documentación y ajustes necesarios.			●												
3. Diseñar y desarrollar un ambiente de gestión del simulador, que permita seleccionar los posibles escenarios para fines de práctica del conductor.	Definir los requisitos del sistema de gestión del simulador.	Documento de especificaciones de requisitos.			●												
	Diseñar la arquitectura del sistema de gestión del simulador.	Diagramas de arquitectura del sistema.				●											
	Desarrollar el sistema de gestión del simulador.	Sistema funcional de gestión del simulador.				●	●										
4. Crear un ambiente tridimensional interactivo para el entrenamiento de conductores de trenes utilizando tecnología Arduino para replicar los controles de las cabinas.	Diseñar el entorno tridimensional del simulador.	Modelo 3D del entorno del Metro de Santo Domingo.					●	●	●								
	Integrar tecnología Arduino para replicar los controles de las cabinas.	Sistema funcional que permite interactuar con los controles de la cabina.								●	●	●					
5. Implementar el uso de rúbricas para evaluar el desempeño de los nuevos conductores en el simulador de trenes. Además, se remitirá la información de desempeño a los entrenadores vía correo electrónico, lo que permitirá un seguimiento y retroalimentación eficiente de la capacitación.	Diseñar las rúbricas de evaluación del desempeño.	Rúbricas completas y detalladas.											●				
	Implementar el sistema de evaluación y retroalimentación vía correo electrónico.	Sistema funcional que envía información de desempeño a los entrenadores.													●	●	
	Realizar pruebas y ajustes del sistema de evaluación.	Sistema de evaluación operativo y validado.															●

Ilustración 2 - Cronograma de tareas.

5.3 Arquitectura

Para un proyecto como el simulador de conducción del Metro Santo Domingo, se lleva a cabo la adopción de la arquitectura de software en capas. Esta arquitectura divide el sistema en diferentes capas lógicas, cada una con un propósito específico y responsabilidades claras.

5.3.1 Capa de presentación

Esta capa se encarga de la interfaz de usuario del simulador, incluyendo la representación gráfica de la cabina, controles interactivos y la visualización de la información relevante para el conductor. Se puede utilizar Unity junto con C# para desarrollar la interfaz gráfica.

5.3.2 Capa de Lógica de Negocio

Aquí se encuentra la lógica principal del simulador, que maneja el comportamiento de los trenes, las reglas de conducción, el procesamiento de las interacciones del usuario, y la simulación de los sistemas y componentes del tren. Esta capa puede implementarse utilizando C# y scripts específicos para la simulación de trenes.

5.3.3 Capa de Acceso a Datos

Si es necesario almacenar y gestionar datos relacionados con el simulador, como los registros de entrenamiento de los conductores, se puede utilizar una capa de acceso a datos. Esto permite almacenar y recuperar información de manera eficiente. Se pueden utilizar bases de datos o tecnologías de almacenamiento de datos apropiadas.

5.3.4 Capa de Integración de Hardware

Dado que se utiliza el hardware de Arduino Mega 2560 V3 para controlar los componentes físicos del simulador, como los controles y las luces, se puede implementar una capa de integración que se comunice con el hardware y traduzca las acciones del usuario en señales y comandos para Arduino. Esta capa se puede desarrollar utilizando lenguajes de programación y bibliotecas compatibles con Arduino, como C++.

5.3.5 Diagrama de arquitectura

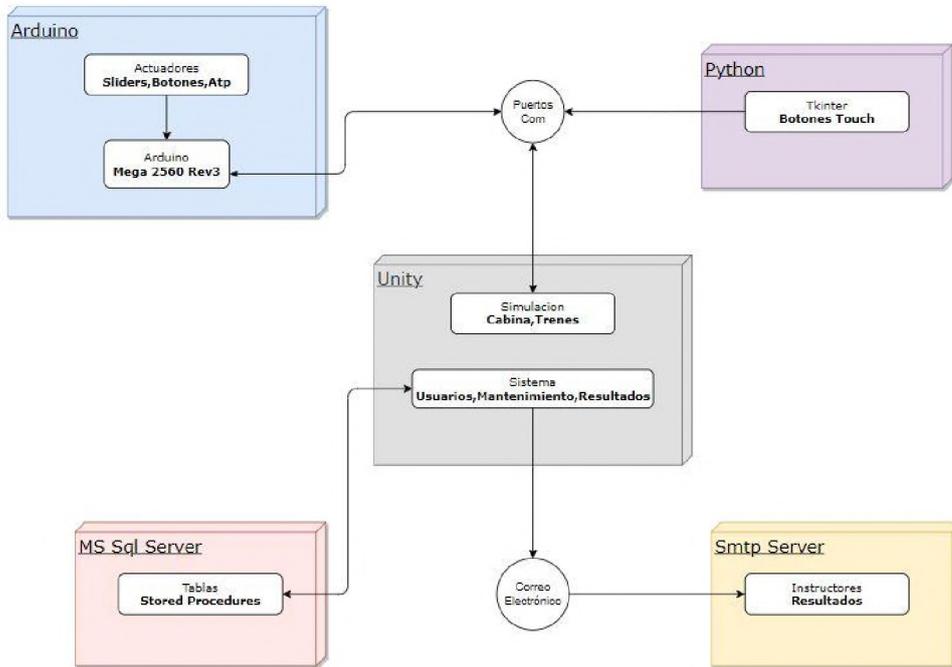


Ilustración 3- Diagrama de arquitectura.

5.4 Diagramas UML

5.4.1 Diagramas de Caso de Uso.

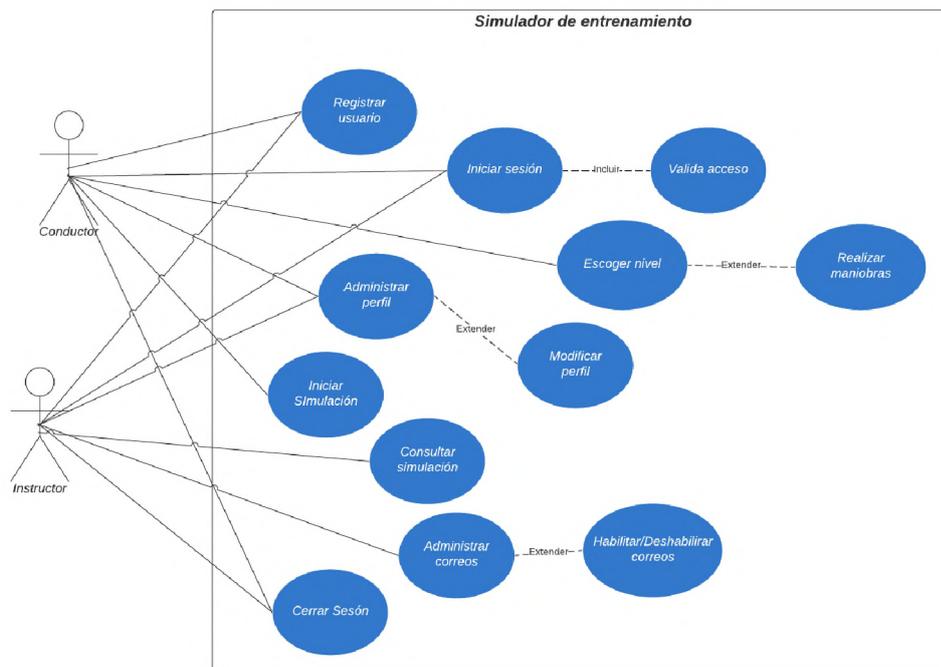


Ilustración 4- Caso de Uso inicio de sesión y registro.

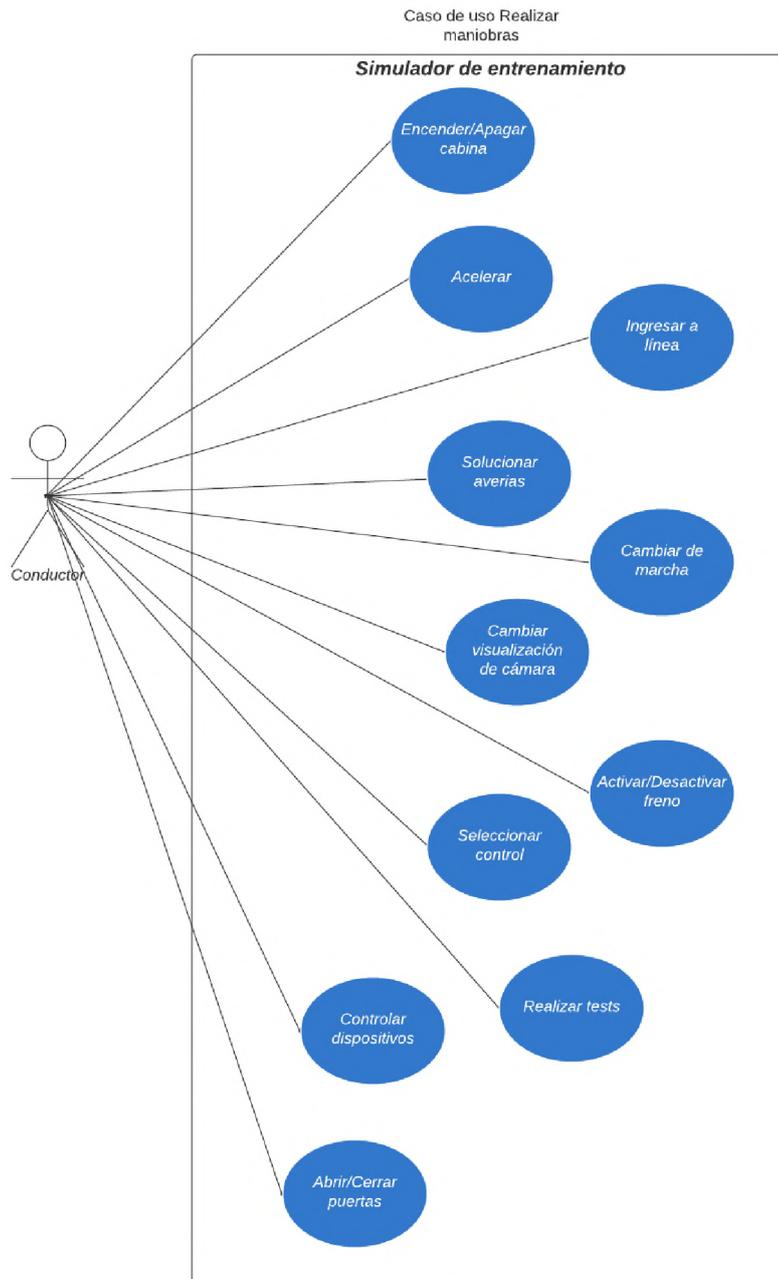


Ilustración 5– Caso de Uso realizar maniobras.

5.5 Diseño de base de datos

5.5.1 Diagrama Entidad-Relación

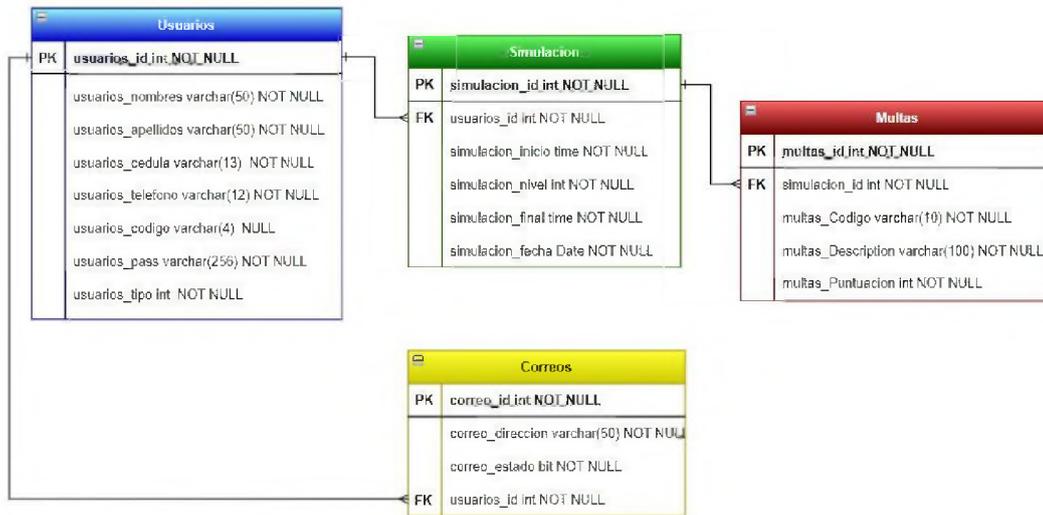


Ilustración 6- Diagrama Entidad-Relación.

5.5.2 Diccionario de datos

Tabla Usuarios		
Campo	Tipo de dato	Descripción
Usuarios_Id	Int	Identificador único del usuario.
Usuarios_nombre	Varchar(50)	Nombre de la persona a la que pertenece el usuario.
Usuarios_apellidos	Varchar(50)	Apellido de la persona a la que pertenece el usuario.
Usuarios_cedula	Varchar(13)	Documento de identificación del usuario.
Usuarios_telefono	Varchar(12)	Número de teléfono del usuario.
Usuarios_código	Varchar(4)	Código de empleado del usuario.
Usuarios_pass	Varchar(256)	Contraseña del usuario.
Usuarios_tipo	Int	Rol o tipo de usuario.

Tabla Simulación		
Campo	Tipo de dato	Descripción
Simulacion_id	Int	Identificador único de la simulación.
Usuarios_id	Int	Identificador único del usuario.
Simulacion_inicio	Time	El momento en el que inicia la simulación.
Simulacion_nivel	Int	El nivel de la simulación que estuvo practicando el usuario.
Simulacion_final	Time	El momento en el que termina la simulación.
Simulacion_fecha	Date	La fecha que se realizó ese intento en la simulación.

Tabla Multas		
Campo	Tipo de dato	Descripción
Multas_id	Int	Identificador único de la multa.
Simulacion_id	Int	Identificador único de la simulación.
Multas_código	Varchar(10)	Código representativo de la multa.
Multas_description	Varchar(100)	Descripción de la multa
Multas_puntuación	int	Valor en puntos de esa multa.

Tabla Correos		
Campo	Tipo de dato	Descripción
Correo_id	Int	Identificador único del correo.
Correo_estado	Bit	Define si el correo está activo o inactivo.
Usuarios_Id	Int	Identificador único del usuario.
Correo_direccion	Varchar(50)	Correo del usuario.

5.5.3 Flujo de navegación

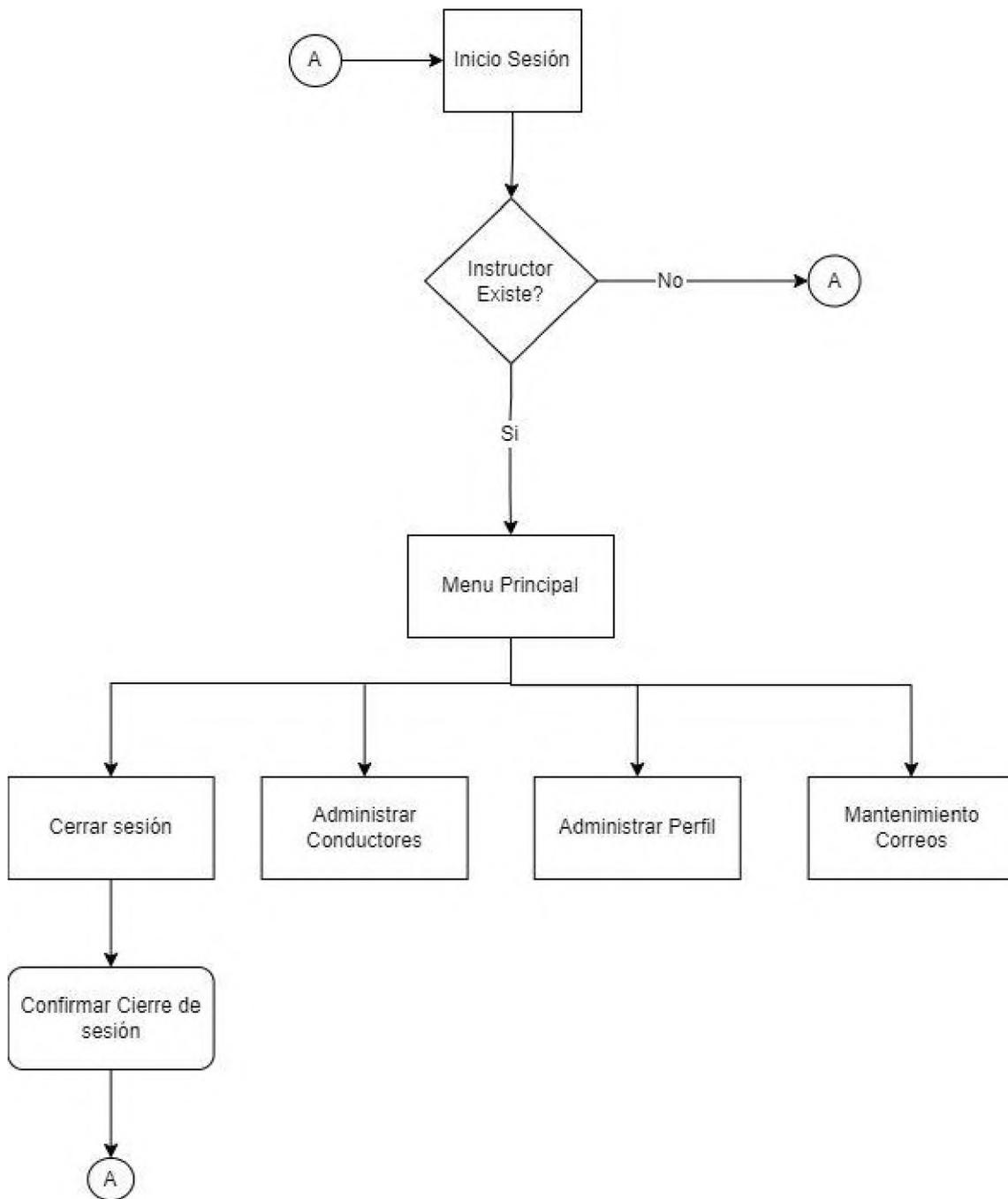


Ilustración 7– Flujo de navegación del Instructor.

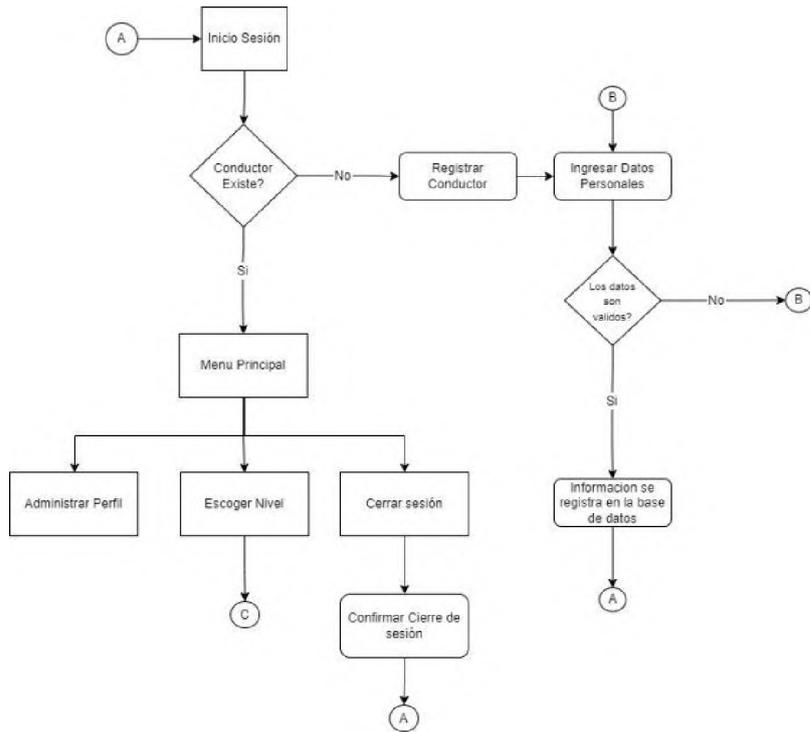


Ilustración 8– Flujo de navegación del conductor Parte 1.

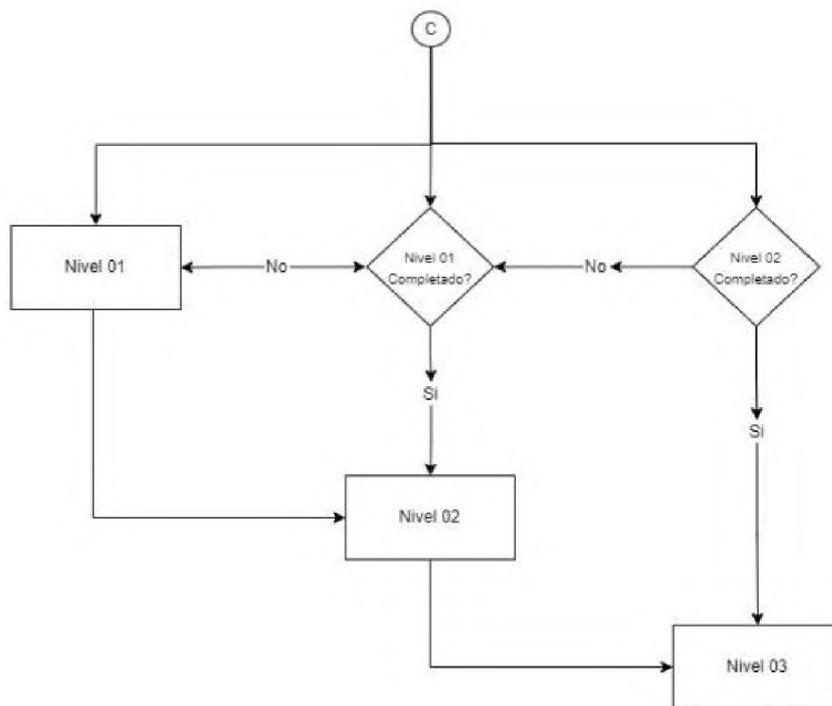


Ilustración 9– Flujo de navegación del conductor Parte 2.

CAPÍTULO 6: DESARROLLO DEL SISTEMA.

6.1 Unity

6.1.1 UI Navegación

En el simulador, las escenas UI se utilizan para crear interfaces de usuario interactivas que permiten al usuario interactuar con el simulador y acceder a diferentes funcionalidades y opciones. Las escenas UI se construyen utilizando el sistema de UI de Unity, que se basa en elementos como Canvas, Text, Buttons e Inputs.

- **Canvas:** El Canvas es el contenedor principal de la escena UI. Contiene todos los elementos UI y define la resolución y el tamaño de la pantalla en la que se mostrará la interfaz. Puede haber varios Canvas en una escena para separar elementos UI específicos.
- **Text:** El elemento Text se utiliza para mostrar texto en la interfaz. Se puede utilizar para mostrar mensajes, etiquetas, títulos, nombres de menús, etc. Puede personalizarse con diferentes fuentes, tamaños, colores y estilos para adaptarse al diseño de la interfaz.
- **Buttons:** Los botones son elementos interactivos que permiten al usuario realizar acciones específicas al hacer clic en ellos. Pueden tener etiquetas de texto o imágenes y se les puede asignar funciones o eventos para ejecutar acciones cuando se hace clic en ellos. Por ejemplo, se pueden crear botones para acceder a diferentes secciones del simulador, como el menú principal del conductor o del instructor.
- **Inputs:** Los inputs se utilizan para permitir al usuario ingresar información, como texto o números. Se pueden usar para campos de inicio de sesión, registros, configuraciones, etc. Por ejemplo, se pueden crear inputs de texto para que los conductores o instructores ingresen sus credenciales de inicio de sesión.

La navegación entre las diferentes escenas UI y menús se pudo implementar utilizando scripts de control de eventos y funciones de transición de escenas. Por ejemplo, se puede cargar la escena de inicio de sesión donde se mostrarán los campos de inicio de sesión y los botones correspondientes. Una vez que se completa el inicio de sesión, se

puede cargar la escena del menú principal del conductor o del instructor, donde se mostrarán las opciones disponibles.

6.1.1.1 Pantalla de inicio

La pantalla de inicio de sesión en el simulador consta de dos campos: Cédula y Contraseña. Estos campos son elementos de input donde el usuario debe ingresar su información de identificación para acceder al simulador. La pantalla también incluye dos botones que brindan opciones adicionales al usuario.

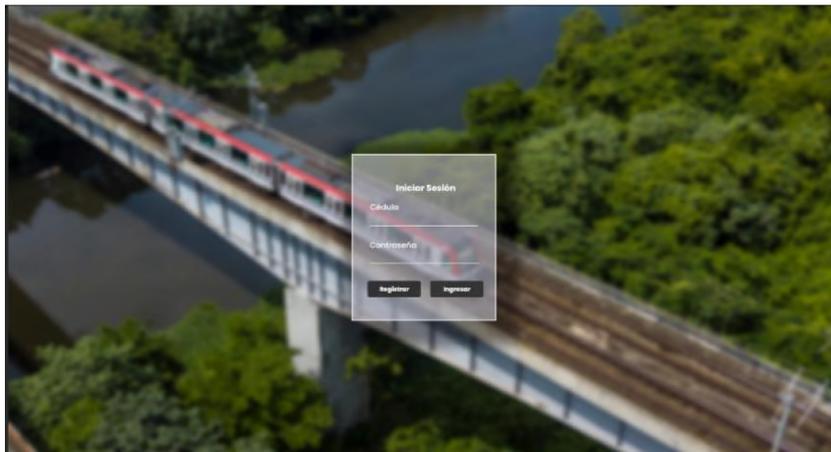


Ilustración 10– Pantalla de inicio.

- Campos de Cédula y Contraseña: Estos campos son elementos de input de texto donde el usuario debe ingresar su cédula y contraseña correspondientes. La validación de los campos se realiza para asegurarse de que se ingresen los datos requeridos y cumplan con ciertas condiciones. En este caso, la validación consiste en verificar que ambos campos contengan caracteres y que la cédula tenga una longitud de 11 caracteres.
- Botón de Registro de Conductores: Este botón redirige al usuario a la pantalla de registro de conductores. Al hacer clic en este botón, se abre una nueva interfaz donde el usuario puede proporcionar sus datos personales y registrarse como conductor en el sistema.
- Botón de Inicio de Sesión: Este botón permite al usuario iniciar sesión como conductor o instructor, dependiendo del tipo de usuario que coincida con las credenciales ingresadas en la base de datos. Al hacer clic en este botón, se realiza

una verificación de las credenciales ingresadas y se verifica si corresponden a un conductor o instructor registrado en el sistema. Si las credenciales son válidas, se permite el acceso al simulador y se redirige al usuario a la pantalla principal correspondiente.

La validación de los campos de cédula y contraseña se implementó utilizando lógica de programación en el código del simulador. Se pueden utilizar funciones y métodos para verificar la presencia de caracteres en los campos y para comprobar la longitud de la cédula. Si alguna de las validaciones no se cumple, se mostrará un mensaje de error al usuario indicando que los campos deben contener datos válidos.

La verificación de las credenciales y el acceso al simulador se realizará consultando la base de datos donde se almacenan los registros de conductores e instructores. Se utilizarán consultas SQL o métodos de acceso a la base de datos para buscar las credenciales ingresadas y determinar el tipo de usuario correspondiente. Es importante destacar que las contraseñas se almacenan y comparan cifradas utilizando el poderoso algoritmo SHA-256. Esto significa que, aunque alguien tenga acceso a la base de datos, no podrá descifrar las contraseñas y, por lo tanto, no podrá ingresar al sistema bajo ninguna credencial. Este enfoque de seguridad garantiza la protección de la información confidencial de los usuarios y brinda tranquilidad tanto a los conductores como a los instructores en cuanto a la seguridad de sus credenciales de acceso.

6.1.1.2 Pantalla de Registro (Conductor)

La pantalla de Registro de conductores es una interfaz diseñada para recopilar información personal y credenciales de los conductores que deseen registrarse en el simulador. Cuenta con diferentes campos que permiten ingresar datos específicos.



Ilustración 11– Pantalla de registro del conductor.

- **Cédula:** Este campo está destinado a ingresar el número de identificación personal del conductor. Es un dato obligatorio para el registro y se verifica que tenga una longitud de 11 caracteres.
- **Código de empleado:** Aquí se ingresa el código asignado al conductor por la empresa o institución para la que trabaja. Es un campo opcional y no se realizan validaciones específicas.
- **Número de teléfono:** Permite ingresar el número de teléfono de contacto del conductor. Es importante para poder comunicarse con el conductor en caso de ser necesario. Se realizan validaciones para asegurar que la longitud del número sea adecuada y que los datos ingresados sean numéricos.
- **Nombres:** En este campo se ingresan los nombres del conductor. Es obligatorio y se verifica que contenga caracteres.
- **Apellidos:** Aquí se ingresan los apellidos del conductor. También es un campo obligatorio y se valida que contenga caracteres.
- **Contraseña:** Este campo se utiliza para ingresar la contraseña deseada para acceder al sistema. Para asegurar la integridad del sistema se cifra utilizando el algoritmo SHA256.
- **Confirmar contraseña:** Este campo solicita al usuario que ingrese nuevamente la contraseña para confirmar que coincide con la anterior. Se realiza una comparación para verificar que las contraseñas coincidan.

Para garantizar la integridad y validez de los datos ingresados, se aplican validaciones en la pantalla de Registro de conductores. Se verifica que todos los campos obligatorios contengan caracteres, evitando así campos vacíos. Además, se realiza una verificación en la base de datos para asegurarse de que la cédula ingresada no esté previamente registrada. Si se encuentra una coincidencia, se muestra un mensaje de error solicitando una cédula válida.

La pantalla de Registro de conductores cuenta con dos botones. El botón de Registro permite enviar la información ingresada y completar el proceso de registro. Si el registro es exitoso, se redirige al usuario al menú de inicio con las credenciales recién creadas. El segundo botón permite regresar a la pantalla de inicio de sesión en caso de que el usuario decida cancelar el registro y volver atrás.

Esta pantalla se desarrolla siguiendo estándares de usabilidad y validación de datos, asegurando así que los conductores puedan registrarse de manera eficiente y segura en el simulador.

6.1.1.3 Pantalla de Registro (Instructor)

La pantalla de registro de instructor es una interfaz en la cual se recopila la información necesaria para registrar a un nuevo instructor en el sistema.

- **Cédula:** Permite ingresar el número de identificación personal del instructor. Es un dato obligatorio para el registro y se utiliza para identificar de manera única al instructor en el sistema.
- **Correo Principal:** Aquí se ingresa el correo electrónico principal del instructor. Es importante para poder comunicarse con el instructor y enviarle notificaciones relevantes. Se verifica que sea una dirección de correo válida.
- **Código de empleado:** Permite ingresar el código asignado al instructor en la empresa o institución. Es un dato opcional y no se realizan validaciones específicas en este campo.
- **Número de teléfono:** En este campo se ingresa el número de teléfono de contacto del instructor. Es importante para poder comunicarse con el instructor en caso de ser necesario. No se realizan validaciones específicas en este campo.

- Nombres y Apellidos: Aquí se ingresan los nombres y apellidos del instructor. Es información básica para identificar al instructor en el sistema.

La pantalla de registro del instructor también cuenta con dos botones. El primero es el botón de registro, el cual permite enviar la información ingresada y completar el proceso de registro del nuevo instructor. Al registrar un nuevo instructor, se asignará una contraseña por defecto, que posteriormente deberá ser cambiada en su primer inicio de sesión por motivos de seguridad.

El segundo botón permite regresar al menú principal del instructor. Si el instructor decide cancelar el registro y volver al menú principal, se descartará la información ingresada en la pantalla de registro.

Para acceder a la pantalla de registro de instructor, es necesario que un usuario con privilegios de instructor se autentique en el sistema utilizando sus credenciales. Una vez autenticado, el usuario puede navegar desde su menú principal hasta el escenario de registro de instructor para agregar un nuevo miembro al equipo.

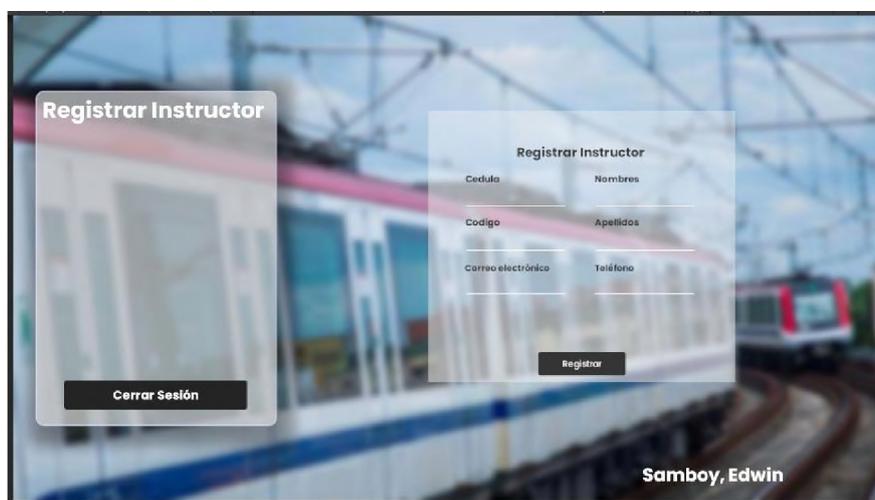


Ilustración 12– Pantalla de registro del instructor.

Esta pantalla de registro de instructor sigue las mejores prácticas de diseño de interfaz y validación de datos, garantizando que los datos ingresados sean precisos y que el registro del instructor se realice de manera eficiente.

6.1.1.4 Pantallas Actualizar Perfil

La pantalla de "Actualizar perfil" es una interfaz que permite a los usuarios realizar diferentes acciones para modificar su información personal y ajustes relacionados.

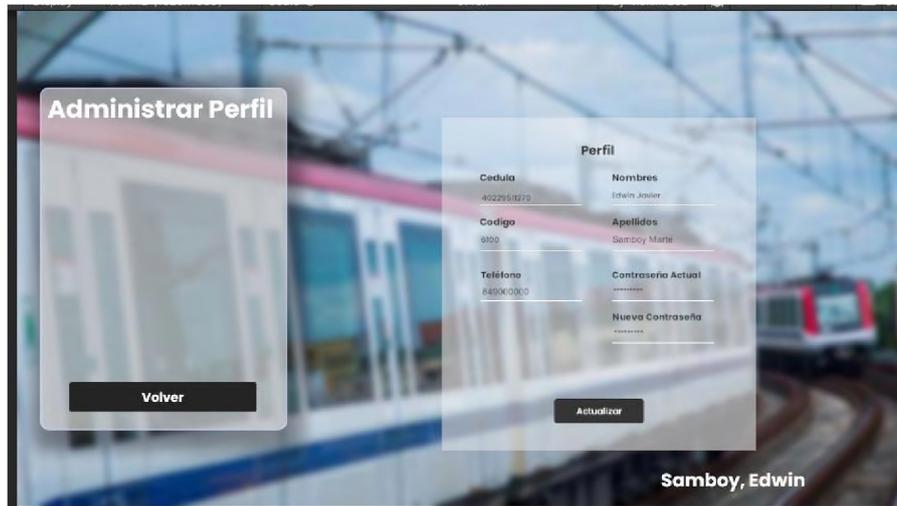


Ilustración 13– Pantalla de administrar perfil.

Estas pantallas incluyen las siguientes funcionalidades:

1. **Cambiar contraseña:** Esta opción permite al usuario cambiar su contraseña actual por una nueva. Se solicita al usuario ingresar su contraseña actual y luego ingresar y confirmar la nueva contraseña. Se realizan validaciones para asegurar que las contraseñas coinciden y cumplan con los requisitos de seguridad establecidos.
2. **Habilitar y Deshabilitar Correos (Solo Instructores):** Esta funcionalidad está disponible solo para los instructores. Permite al instructor habilitar o deshabilitar la recepción de correos electrónicos relacionados con el simulador. Puede ser útil en situaciones en las que el instructor desee pausar temporalmente la recepción de notificaciones por correo electrónico.
3. **Cambiar Información Personal:** En esta sección, el usuario puede actualizar su información personal, como nombres, apellidos y número de teléfono. Se proporcionan campos de texto donde el usuario puede ingresar la nueva información y luego guardar los cambios realizados.

En general, la pantalla de "Actualizar perfil" proporciona opciones convenientes para que los usuarios puedan mantener su información personal actualizada y ajustar la configuración según sus necesidades. Esta interfaz cumple con los estándares de usabilidad al brindar una experiencia intuitiva y fácil de usar para realizar las diferentes acciones de actualización del perfil.

6.1.1.5 Pantalla Elegir Nivel(Conductores)

La pantalla "Elegir Niveles" es una interfaz que permite al usuario seleccionar el nivel de simulación deseado. En esta pantalla se presentan tres botones, cada uno correspondiente a un nivel específico del simulador.



Ilustración 14– Pantalla de elegir nivel.

La condición para habilitar el botón de un nivel en particular es que el nivel anterior haya sido completado con una calificación satisfactoria. Esto significa que el usuario debe haber superado exitosamente el nivel anterior antes de poder acceder al siguiente.

Al hacer clic en uno de los botones de nivel, se verifica si el nivel anterior ha sido completado con éxito. En caso afirmativo, se permite al usuario iniciar la simulación del nivel seleccionado. Si el nivel anterior no ha sido completado satisfactoriamente, se muestra un mensaje indicando que se debe completar el nivel anterior antes de avanzar.

Esta funcionalidad garantiza una progresión ordenada y estructurada en el simulador, donde el usuario debe demostrar su competencia en un nivel antes de poder acceder al siguiente. Esto fomenta un proceso de aprendizaje gradual y asegura que el usuario

adquiera las habilidades necesarias en cada nivel antes de avanzar a niveles más desafiantes.

6.1.1.6 Pantalla menú principal

Las pantallas principales del simulador se encargan de redirigir a los usuarios a las funciones y características específicas según su rol. Para los conductores, se proporcionan las siguientes opciones:

- Elegir Nivel: Permite al conductor seleccionar el nivel de simulación en el que desea participar. Aquí podrá acceder a los escenarios y desafíos correspondientes a cada nivel.
- Administrar Perfil: Proporciona al conductor la capacidad de actualizar su información personal, como nombres, apellidos y número de teléfono. También puede cambiar su contraseña y realizar otras acciones relacionadas con su perfil.

Para los instructores, las pantallas principales ofrecen las siguientes opciones:

- Administrar Perfil: Permite al instructor actualizar su información personal, como nombres, apellidos y número de teléfono. También puede cambiar su contraseña y realizar otras acciones relacionadas con su perfil.
- Administrar Correos: Permite al instructor gestionar las direcciones de correo electrónico asociadas a su cuenta. Aquí puede agregar nuevas direcciones, habilitar o deshabilitar correos electrónicos específicos y realizar otras operaciones relacionadas con la gestión de correos.
- Buscar Simulaciones: Permite al instructor buscar y acceder a información detallada sobre simulaciones específicas realizadas por los conductores. Puede utilizar filtros de búsqueda, como el código de simulación, para recuperar datos relevantes, como multas, resultados y fechas.
- Registrar Instructor: Esta opción está destinada a los administradores o usuarios autorizados. Permite registrar nuevos instructores en el sistema, ingresando su información personal y asignando los permisos correspondientes.
- Estas pantallas principales actúan como puntos de partida para que los conductores e instructores accedan a las funciones y herramientas necesarias para su entrenamiento y gestión en el simulador de trenes.

Instructores.



Ilustración 15– Pantalla de menú principal de instructores.

Conductores.



Ilustración 16– Pantalla de menú principal de conductores.

6.1.1.7 Buscar simulación.

En la pantalla de búsqueda de simulación, se proporcionará al instructor la opción de ingresar el código de simulación correspondiente. Una vez ingresado el código, el sistema realizará una búsqueda en la base de datos para recuperar toda la información relacionada con esa simulación en particular.

Entre los datos que se mostrarán al instructor se encuentran las multas registradas durante la simulación, el resultado obtenido por el conductor, la fecha en que se llevó a cabo la simulación, y cualquier otra información relevante asociada a esa sesión de

entrenamiento. Esta información permitirá al instructor revisar y evaluar el desempeño del conductor durante la simulación.

El sistema presentará los datos de manera clara y organizada en la pantalla de búsqueda de simulación, brindando al instructor una visión completa y detallada de los aspectos relevantes de esa sesión en particular. Esto facilitará la revisión y análisis de los resultados, permitiendo al instructor proporcionar retroalimentación y seguimiento adecuados al conductor.



Ilustración 17– Pantalla de consultar simulación.

6.1.1.8 Pantalla Administrar Correos

La pantalla "Administrar Correos" es una funcionalidad exclusiva para los instructores en el simulador de trenes. Esta pantalla les permite gestionar y controlar los correos electrónicos registrados en el sistema. Los instructores tienen la capacidad de activar y desactivar los correos electrónicos según sea necesario.

En esta pantalla, los instructores pueden ver una lista de las direcciones de correo electrónico registradas en el sistema y su estado actual. Tienen la opción de habilitar o deshabilitar cada correo electrónico, lo que permite controlar qué direcciones de correo electrónico recibirán la información relacionada con las simulaciones.

La función de activar y desactivar correos electrónicos brinda flexibilidad a los instructores, ya que les permite ajustar las notificaciones y comunicaciones de acuerdo con sus necesidades y preferencias. Por ejemplo, pueden desactivar temporalmente un correo electrónico si están de vacaciones o no desean recibir notificaciones en ese

momento. Luego, pueden activarlo nuevamente cuando estén listos para recibir la información.

Esta funcionalidad proporciona a los instructores un mayor control sobre los correos electrónicos que reciben, asegurando que estén actualizados y puedan acceder a la información relevante en el momento adecuado.

Además, los instructores también pueden eliminar correos electrónicos de la lista si ya no son necesarios o si el propietario del correo electrónico ha dejado de estar involucrado en el proceso de entrenamiento.

La capacidad de agregar y eliminar correos electrónicos proporciona flexibilidad a los instructores para administrar y mantener actualizada la lista de destinatarios de las notificaciones. Pueden adaptar la lista de correos electrónicos según los cambios en el personal, las preferencias individuales o cualquier otra necesidad específica del sistema.



Ilustración 18– Pantalla de administrar correos.

6.1.1.9 DDU(Driver Display Unit)

En el simulador, se utilizan cámaras para renderizar imágenes en un plano extrapolado de Unity en tiempo real. Estas cámaras están configuradas para capturar la simulación principal del tren y los datos relevantes del simulador. La información capturada por las cámaras se muestra al conductor a través de dos pantallas táctiles ubicadas en ambos lados de la cabina física.

Estas pantallas táctiles actúan como interfaces de los DDU (Driver Display Unit) y permiten al conductor interactuar con el simulador y acceder a diversas funciones y datos relevantes. A través de estas pantallas, el conductor puede visualizar información

crítica, como velocidades, estado de las puertas, indicadores de fallos o emergencias, y cualquier otra información necesaria para operar el tren de manera segura y eficiente.

La integración de las pantallas táctiles en el simulador permite una experiencia inmersiva para el conductor, ya que proporciona una representación visual realista y en tiempo real de la simulación del entorno del tren. Esto ayuda al conductor a tomar decisiones informadas y a llevar a cabo las funciones del tren de acuerdo con las condiciones y los procedimientos establecidos.

Además, la interactividad de las pantallas táctiles permite al conductor realizar acciones específicas, cómo activar o desactivar dispositivos, seleccionar modos de operación, responder a situaciones de emergencia y realizar cualquier otra acción necesaria durante la simulación.

En resumen, mediante el uso de pantallas táctiles en el simulador, se proporciona al conductor una representación visual y funcional del entorno del tren, permitiéndole interactuar con los datos y las funciones del simulador de manera intuitiva y realista.

6.1.2 Niveles

6.1.2.1 Nivel 01

El nivel 01 del simulador se describe como un "Tour Interactivo de la Cabina". En este nivel, los usuarios son guiados a través de una experiencia virtual en la que pueden explorar y familiarizarse con los diferentes aspectos y dispositivos de la cabina de un tren.

El objetivo principal de este nivel es proporcionar una introducción detallada a la cabina y a sus componentes, permitiendo a los conductores de nuevo ingreso aprender cómo encender y apagar el tren, realizar pruebas utilizando los DDU (Dispositivos de Visualización de Datos), y manipular los diferentes controles físicos presentes en la cabina.

Durante este tour interactivo, los usuarios tienen la oportunidad de encender y apagar los dispositivos de la cabina, como las luces, los sistemas de comunicación, el sistema de frenado, entre otros. También se les enseña cómo utilizar el selector de modos, que

permite cambiar entre los diferentes modos de operación del tren, como el modo de conducción, el modo de prueba, etc.

Este nivel tiene como objetivo brindar a los conductores una experiencia práctica y realista de la cabina, familiarizándose con los dispositivos y controles clave necesarios para operar el tren de manera segura y eficiente. Además, les proporciona la oportunidad de adquirir confianza en el manejo de los equipos y dispositivos antes de pasar a niveles más desafiantes del simulador.

El nivel 01 del simulador es fundamental para establecer una base sólida de conocimientos y habilidades en los conductores, sentando las bases necesarias para el éxito en niveles posteriores y garantizando un entrenamiento completo y efectivo.

6.1.2.2 Nivel 02

El nivel 02 del simulador se centra en la aplicación de los conocimientos adquiridos en el nivel anterior y en la realización de una maniobra específica en línea. En este caso, se llevará a cabo un servicio de una dirección en la línea 1 del Metro Santo Domingo, desde la estación Máximo Gómez (Garaje) hasta la estación Centro de los Héroes.

Durante este nivel, los conductores pondrán en práctica las reglas y normas de conducción aprendidas previamente. Se prestará especial atención al cumplimiento de las señales de tráfico y semáforos, realizando paradas cómodas y adecuadas en cada estación, y siguiendo los procedimientos correctos para el manejo de las puertas y la emisión de avisos sonoros y visuales.

El objetivo principal de este nivel es evaluar la capacidad de los conductores para aplicar correctamente los conocimientos teóricos y las habilidades prácticas en una situación realista. Se medirá su capacidad para cumplir con las normas de conducción, mantener una velocidad adecuada, respetar los tiempos de parada y salida en cada estación, y realizar las maniobras necesarias de manera segura y eficiente.

Durante la ejecución de este nivel, se tendrán en cuenta diversos aspectos para evaluar el desempeño de los conductores. Se registrarán y analizarán acciones como el cumplimiento de los semáforos, el respeto de los tiempos de parada, la apertura y cierre

adecuado de las puertas, la realización de los avisos correspondientes, entre otros. En caso de que se infrinjan las reglas y normas establecidas, se aplicarán multas según lo establecido en la rúbrica del simulador.

El nivel 02 proporciona una experiencia más desafiante y práctica para los conductores, brindándoles la oportunidad de demostrar su competencia en situaciones reales de conducción. Además, permite identificar áreas de mejora y corregir errores para garantizar un desempeño óptimo en niveles posteriores y en el contexto real de la operación del Metro Santo Domingo.

6.1.2.3 Nivel 03

En el nivel 03 del simulador, se simulan situaciones de emergencia o fallas inesperadas que pueden ocurrir durante la operación del tren. Estas situaciones se eligen de manera aleatoria para desafiar al conductor y evaluar su capacidad de respuesta y manejo de emergencias.

En este nivel, se espera que el conductor aplique los conocimientos adquiridos en las etapas anteriores de entrenamiento, donde se les muestra y enseña cómo actuar en diversas situaciones de emergencia. Se pondrá a prueba su habilidad para reconocer y diagnosticar la falla o emergencia, así como su capacidad para ejecutar correctamente los procedimientos de emergencia requeridos.

Es fundamental que el conductor demuestre rapidez y eficiencia en la resolución de la situación de emergencia. El tiempo de resolución se considera un factor importante en la evaluación del desempeño. Los conductores deberán tomar decisiones rápidas y precisas, siguiendo los protocolos y procedimientos establecidos, con el objetivo de restablecer la seguridad y la operatividad del tren.

Durante este nivel, se registrará y analizará el desempeño del conductor en la respuesta a la emergencia. Se evaluará la precisión y la eficacia de las acciones tomadas, así como la aplicación correcta de los procedimientos de emergencia correspondientes. Además, se considerará el tiempo empleado para resolver la situación, ya que la rapidez en la toma de decisiones y en la ejecución de acciones es crucial en situaciones de emergencia.

El nivel 03 tiene como finalidad evaluar la capacidad del conductor para responder adecuadamente ante situaciones críticas, como fallas del tren o emergencias inesperadas. Se busca garantizar que el conductor esté preparado y capacitado para manejar eficientemente cualquier incidente que pueda ocurrir durante la operación del metro.

Este nivel proporciona una experiencia de aprendizaje realista y desafiante, donde los conductores tienen la oportunidad de aplicar sus conocimientos y habilidades en situaciones de emergencia simuladas. Al superar con éxito este nivel, los conductores demuestran su competencia y preparación para enfrentar y resolver eficazmente cualquier situación inesperada que se pueda presentar en la operación del Metro Santo Domingo.

6.1.3 Envío de Correos y Registrar Simulaciones

Para la operación de enviar correos, se utilizará el servidor SMTP de Gmail. El sistema enviará correos electrónicos a todas las direcciones de los instructores que estén activas y registradas en la base de datos. El contenido de estos correos consistirá en tablas HTML que contienen los datos de cada simulación realizada por un conductor.

Cuando un conductor complete un nivel de simulación, se generarán automáticamente los datos correspondientes a esa simulación. Estos datos, como el tiempo de duración, la calificación obtenida y cualquier multa aplicada, se almacenarán en la base de datos del sistema.

Luego, se generará un correo electrónico con una tabla HTML que presenta estos datos de manera clara y organizada. La tabla corresponderá a una simulación específica realizada por un conductor. La tabla incluirá columnas para el nombre del conductor, el nivel de simulación, la duración de la simulación, la calificación obtenida y las multas aplicadas, entre otros datos relevantes.

Una vez que la tabla HTML está generada, el sistema utilizará el servidor SMTP de Gmail para enviar el correo electrónico a todas las direcciones de instructores activos almacenadas en la base de datos. Esto garantiza que los instructores reciban la información actualizada de las simulaciones realizadas por los conductores.

Este proceso de envío de correos electrónicos se realizará de manera automática y programada en el sistema, lo que facilita la comunicación eficiente y oportuna entre los conductores y los instructores. Además, al almacenar la información de las simulaciones en la base de datos, se mantiene un registro detallado de las actividades y el progreso de los conductores en el simulador.

6.1.4 Lógica de línea

En la lógica de la línea del simulador, se utilizan colliders (colisionadores) para gestionar diferentes aspectos del recorrido del tren. Estos colliders se asignan a elementos como el tren mismo, las estaciones y los túneles, y se utilizan para controlar el comportamiento del tren en relación con las señales de tráfico, la velocidad del ATP (Automatic Train Protection), el tiempo de permanencia en la estación y la detección de colisiones precisas.

Cada collider tiene asociadas funciones específicas que permiten detectar y manejar eventos de colisión. Estas funciones pueden incluir:

1. OnTriggerEnter: Se activa cuando el collider del tren o de alguna parte del tren ingresa en la zona de colisión con otro objeto, como una señal de tráfico, una estación o un túnel. Esta función puede desencadenar acciones, como activar o desactivar señales, modificar la velocidad del tren o iniciar un temporizador para controlar el tiempo de permanencia en la estación.
2. OnTriggerStay: Se activa mientras el collider del tren está en contacto con otro objeto. Esta función puede utilizarse para verificar si el tren se encuentra detenido en el lugar adecuado dentro de la estación, asegurándose de que esté alineado correctamente y manteniendo la posición durante el tiempo especificado.
3. OnTriggerExit: Se activa cuando el collider del tren sale de la zona de colisión con otro objeto. Esta función puede utilizarse para realizar acciones adicionales, como restablecer la velocidad del tren, desactivar señales o realizar verificaciones finales antes de abandonar una estación o un túnel.

Al utilizar colliders y estas funciones en la lógica de la línea, se puede controlar de manera precisa el comportamiento del tren en relación con los diferentes elementos del entorno. Esto garantiza que se cumplan las normas de tráfico y seguridad, como detenerse en las estaciones designadas, respetar las señales y mantener velocidades adecuadas en función de las condiciones de la vía.

En resumen, el uso de colliders y las funciones asociadas permite al simulador gestionar de manera efectiva aspectos como las señales de tráfico, la velocidad del ATP, el tiempo de permanencia en la estación y la detección de colisiones. Estas características contribuyen a una simulación precisa y realista del recorrido del tren, brindando al conductor una experiencia auténtica y fomentando el cumplimiento de los procedimientos y reglas de conducción.

6.1.5 Splines

Para crear un spline que se asemeje al recorrido de la línea 1 del Metro Santo Domingo, se siguieron los siguientes pasos:

1. Se obtuvieron los datos del recorrido: Se recopiló información precisa sobre el recorrido de la línea 1 del Metro Santo Domingo, incluyendo la ubicación de las estaciones, los tramos rectos y las curvas, las distancias entre ellos y otros detalles relevantes. Esta información se obtuvo de mapas, planos y fuentes confiables.
2. Se definieron los puntos de control: Utilizando los datos recopilados, se determinaron los puntos de control necesarios para definir la trayectoria de la línea del spline. Estos puntos corresponden a las estaciones, los puntos de inflexión en las curvas y otros puntos significativos en el recorrido.
3. Se utilizó una herramienta de creación de splines basada en curvas Bézier para generar el spline que se asemeja al recorrido de la línea 1 del Metro Santo Domingo. Se ingresaron los puntos de control y se configuraron como puntos de ancla y puntos de control para definir la forma y curvatura de la curva. Se realizaron ajustes en los puntos de control para obtener una representación precisa y suave del recorrido, asegurando transiciones naturales entre segmentos. El uso de curvas Bezier proporciona flexibilidad

y suavidad en la generación del spline, ofreciendo una experiencia visualmente agradable.

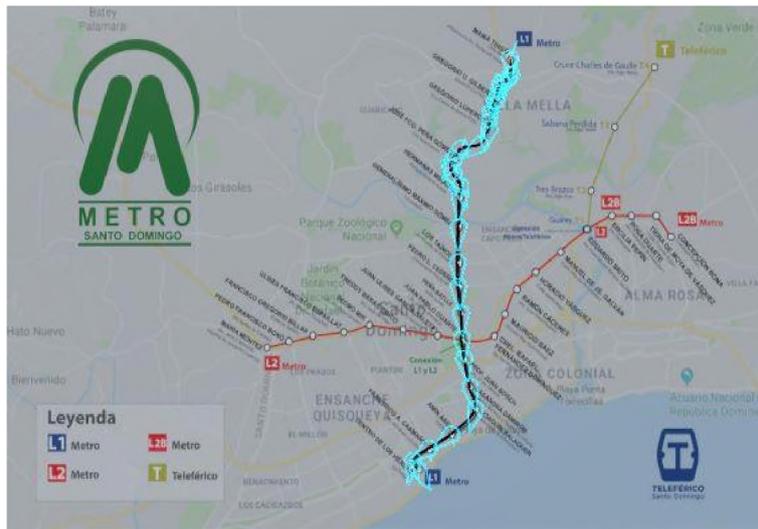


Ilustración 19– Spline comparado con la ruta real.

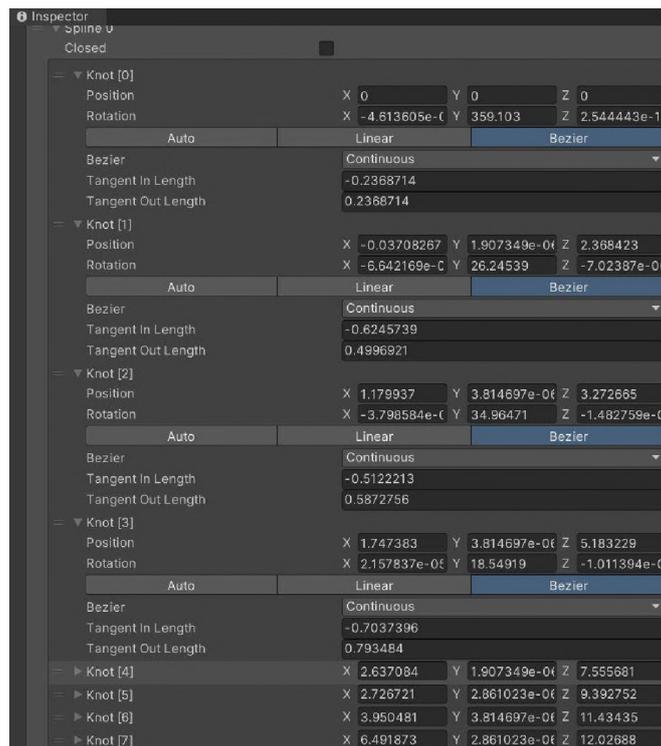


Ilustración 20– Puntos del spline.

4. Se ajustó la forma del spline: Se realizaron ajustes en la forma del spline para que se asemejara aún más al recorrido real de la línea 1 del Metro Santo Domingo. Se modificaron los puntos de control, se agregaron puntos adicionales y se ajustaron los

parámetros del algoritmo utilizado, todo con el objetivo de mejorar la precisión y similitud con el recorrido real.

5. Se visualizó y verificó el spline: El spline creado se visualizó en un entorno de desarrollo o software de simulación para verificar su precisión y compararlo con el recorrido real de la línea 1 del Metro Santo Domingo. Se realizaron ajustes adicionales cuando fue necesario para mejorar la similitud y asegurar una representación fiel del recorrido.

6.1.6 Importar Modelos y Materiales

El proceso de importar modelos de Maya como archivos FBX y luego aplicar texturas de alta resolución a cada objeto implica los siguientes pasos:

- Exportar desde Maya a formato FBX: En Maya, se exporta el modelo deseado como un archivo FBX, que es un formato de intercambio ampliamente utilizado para transferir modelos entre diferentes aplicaciones. Este archivo contendrá la geometría y los datos de mapeo UV del modelo.

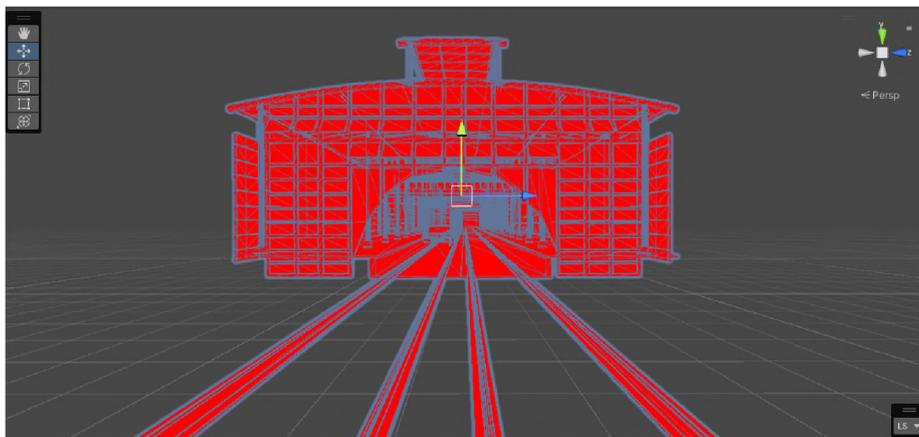


Ilustración 21– Modelo sin materiales de la estación Máximo Gómez.



Ilustración 22– Modelo sin materiales del tren.

- Preparar las texturas de alta resolución: En paralelo al proceso de exportación desde Maya, se deben preparar las texturas de alta resolución en los formatos deseados, como imágenes PNG o JPEG. Estas texturas pueden incluir mapas normales, mapas de albedo, mapas metálicos, mapas de rugosidad, mapas de altura, mapas de emisión, entre otros, dependiendo de los materiales y efectos visuales que se deseen aplicar al modelo.

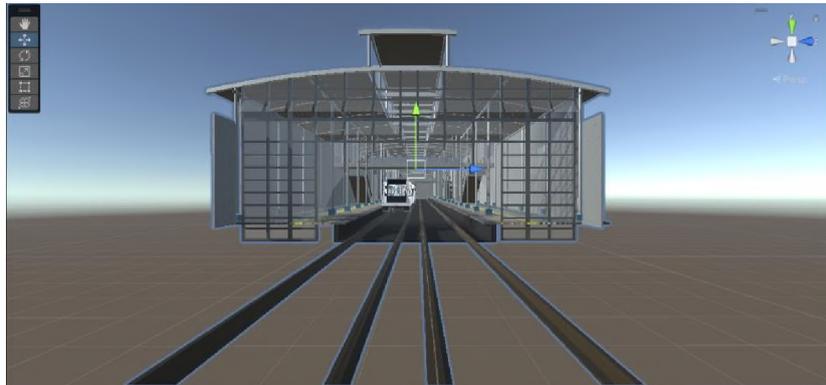


Ilustración 23– Modelo con materiales de la estación Máximo Gómez.



Ilustración 24– Modelo con materiales del tren.

- Asignar texturas a los materiales: En Unity, se selecciona cada objeto del modelo y se crea o asigna un material adecuado. Luego, se accede a la configuración del material y se asignan las texturas de alta resolución correspondientes a los diferentes canales, como el albedo, la rugosidad, la metalicidad, etc. Esto se logra mediante el mapeo de las texturas a los nodos de material y ajustando sus propiedades según sea necesario.

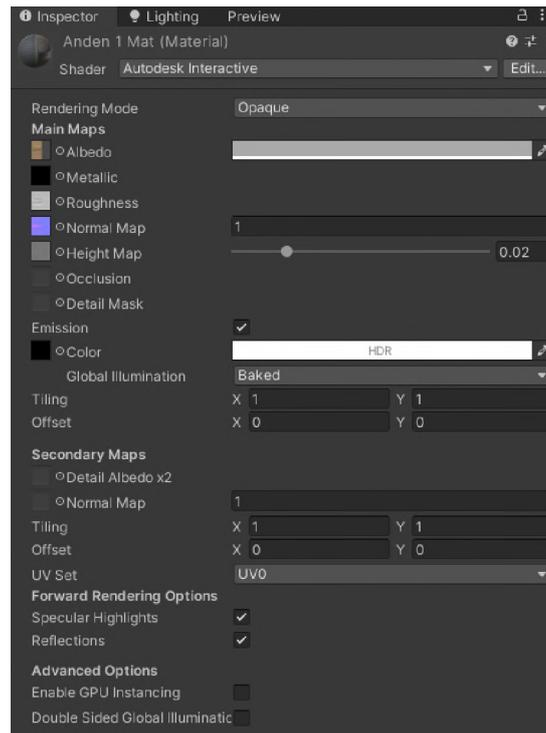


Ilustración 25–Ventana de mapeo de texturas a materiales.

- Ajustar la configuración de mapeo UV: Si es necesario, se pueden realizar ajustes adicionales en la configuración de mapeo UV para optimizar la proyección y repetición de las texturas en los objetos. Esto garantiza que las texturas se apliquen y se vean correctamente en el modelo importado desde Maya.

A través de este proceso, es posible importar modelos de Maya a Unity utilizando el formato FBX y luego aplicar texturas de alta resolución a cada objeto, lo que permite lograr un aspecto visual más realista y detallado en el renderizado final.

6.1.7 Física de trenes

Se crea un Script llamado TrainController que se utiliza para programar la física del tren en un simulador. A continuación, se explican las funciones y variables principales utilizadas en este código:

- `public SplineContainer spline`: Es una variable pública que representa el camino de spline que seguirá el tren. Es una referencia a un objeto SplineContainer que contiene información sobre los puntos de control y las curvas del spline.
- `public float maxSpeed`: Es una variable pública que establece la velocidad máxima del tren en kilómetros por hora.
- `public float acceleration`: Es una variable pública que establece la tasa de aceleración del tren.
- `public float deceleration`: Es una variable pública que establece la tasa de desaceleración del tren.
- `public float friction`: Es una variable pública que establece la cantidad de fricción que ralentiza el tren.
- `private float currentSpeed`: Es una variable privada que representa la velocidad actual del tren en kilómetros por hora.
- `void FixedUpdate()`: Es una función que se ejecuta en cada paso fijo de la física del motor de Unity. Aquí es donde se realiza la lógica principal para calcular y aplicar la física del tren.

Dentro de la función `FixedUpdate()`, se realizan las siguientes acciones:

- Se obtiene la posición actual y la dirección hacia adelante en el spline utilizando la función `spline.Travel()` para calcular la distancia recorrida y las funciones `spline.EvaluatePosition()` y `spline.EvaluateTangent()` para obtener la posición y dirección en el spline en función de esa distancia.
- Se calcula la velocidad objetivo del tren en base a la velocidad actual y la tangente del spline.
- Se calcula la diferencia entre la velocidad objetivo y la velocidad actual del tren.

- Se aplica aceleración o desaceleración a la velocidad actual del tren según la diferencia calculada.
- Se aplica fricción a la velocidad actual del tren para simular la resistencia del aire y la fricción.
- Se limita la velocidad actual a la velocidad máxima establecida.
- Se aplica la nueva velocidad al componente Rigidbody del tren y se actualiza la posición y la dirección del tren en el espacio.

Este código controla la física del tren en el simulador, utilizando un spline como guía para el recorrido y calculando la velocidad, aceleración, desaceleración y fricción necesarias para simular el movimiento realista del tren.

6.1.8 Audio

Se realizaron grabaciones de sonidos reales en el metro, se editaron y procesaron para obtener muestras limpias y de alta calidad. Estas muestras se integraron en el simulador como pistas de audio estéreo, y se implementó la opción de utilizar auriculares para una experiencia más inmersiva. De esta manera, el conductor puede disfrutar de un sonido realista y envolvente durante la simulación del metro de la siguiente manera:

- Grabación de sonidos: Se planificó una sesión de grabación en el metro durante horas menos ocupadas para minimizar la contaminación acústica y obtener muestras de sonidos más limpias. Se utilizaron micrófonos de alta calidad para capturar los diferentes sonidos del entorno, como el ruido del tren en movimiento, las puertas abriéndose y cerrándose, las señales auditivas, los anuncios de la estación y otros sonidos característicos del metro.
- Edición y procesamiento de sonidos: Después de la grabación, los archivos de sonido se importaron a un software de edición de audio, donde se realizaron ajustes y se eliminaron posibles ruidos no deseados. También se aplicaron técnicas de procesamiento de audio para mejorar la calidad y la claridad de las muestras de sonido.
- Creación de pistas de audio estéreo: Para lograr una experiencia de sonido envolvente, se crearon pistas de audio estéreo utilizando las muestras de sonido

procesadas. Se asignaron diferentes sonidos a canales izquierdo y derecho para crear una sensación de dirección y profundidad.

- Integración con el simulador: Los archivos de sonido estéreo resultantes se importaron al simulador y se asignaron a los eventos y acciones correspondientes. Por ejemplo, se reprodujo el sonido de las puertas al abrirse y cerrarse cuando el conductor activa la función de apertura y cierre de puertas.
- Uso de auriculares: Para una experiencia más inmersiva, se implementó la opción de utilizar auriculares. El conductor tiene la posibilidad de conectar sus auriculares al sistema de audio del simulador, lo que le permite escuchar los sonidos con mayor claridad y detalle, aumentando la sensación de realismo y involucramiento.

6.2 Python

6.2.1 Overlay de Tkinter

En este proyecto, se utilizó Python junto con la biblioteca Tkinter para controlar la entrada táctil de las pantallas secundarias, ya que Unity aún no admite nativamente la entrada táctil en este tipo de pantallas.

Se diseñó un overlay utilizando Tkinter, que consiste en una capa gráfica que se superpone a la simulación en Unity. En esta capa se crearon botones táctiles que simulan los botones físicos de los DDU (Driver Display Unit) reales.

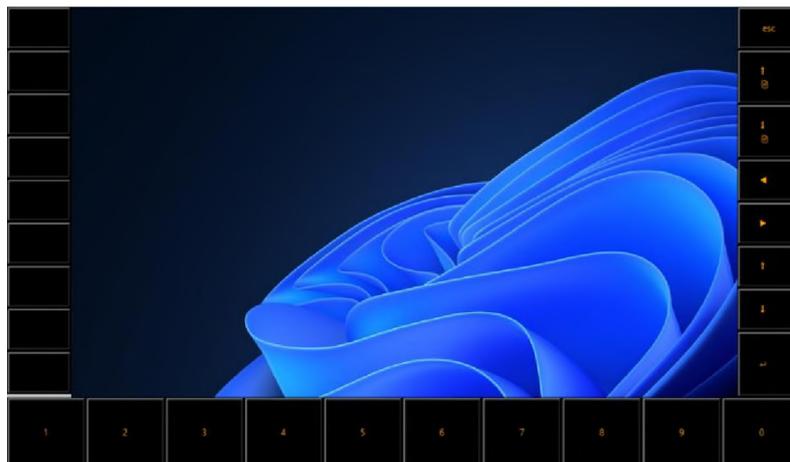


Ilustración 26– Tkinter overlay.

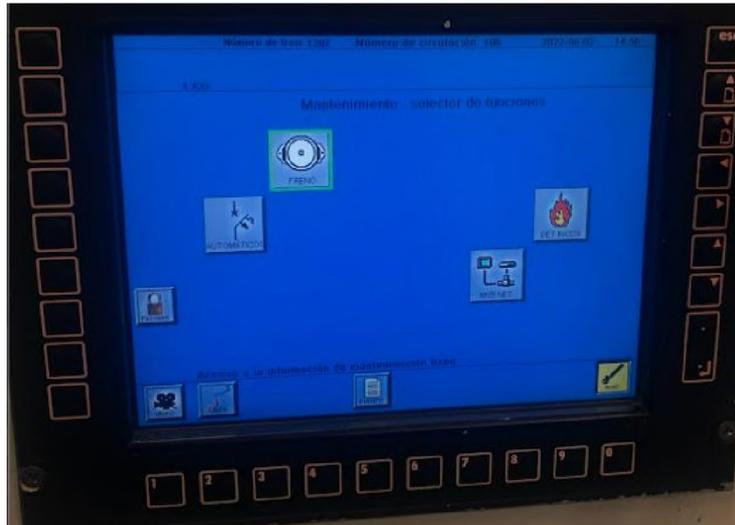


Ilustración 27– DDU físico.

Al interactuar con los botones táctiles en la pantalla secundaria, se utilizó el código Python para capturar y procesar los eventos táctiles. Por ejemplo, al tocar un botón de apertura de puertas, se enviaría una señal al simulador en Unity para activar la acción correspondiente en la simulación.

De esta manera, a través de la combinación de Python y Tkinter, se pudo superar la limitación de Unity en cuanto al soporte de entrada táctil en pantallas secundarias. Esto permitió crear una interfaz táctil interactiva que simula la experiencia de interactuar con los botones físicos de los DDU en el mundo real.

6.2.2 Comunicación con Unity

Se estableció una comunicación en tiempo real entre Python y Unity utilizando un puerto COM. Para lograr esto, se utilizó un monitor serial tanto en Unity como en el lado de Python.

En Unity, se configuró un monitor serial que estaba a la escucha del puerto COM específico para recibir la información enviada desde Python. Este monitor serial se encargaba de recibir los datos y procesarlos dentro de la simulación en tiempo real.

Por otro lado, en el lado de Python, se implementó la lógica para enviar la información relevante al puerto COM correspondiente. Esto se realizó a través de la escritura de datos en el puerto COM, que luego eran recibidos por el monitor serial de Unity.

De esta manera, se estableció una comunicación bidireccional en tiempo real entre Python y Unity a través del puerto COM. Python enviaba la información necesaria al puerto, y Unity la recibía y la utilizaba dentro de la simulación.

Esta integración permitió que los datos generados o procesados en Python se enviaran a Unity en tiempo real, lo que posibilitó la interacción y sincronización fluida entre ambas plataformas en el proyecto.

6.3 Arduino

Arduino fue utilizado para agregar funcionalidad y control físico a la simulación. Arduino es una plataforma de prototipado electrónico que permite interactuar con componentes y sensores en tiempo real.

En el contexto de este proyecto, Arduino se utilizó para simular los controles físicos presentes en una cabina de tren real. Se conectaron diversos sensores y dispositivos físicos a la placa de Arduino, como botones, interruptores, perillas, luces y pantallas LCD. Estos elementos físicos se utilizaron para proporcionar una experiencia más realista y práctica para los usuarios del simulador.

A través de la programación de Arduino, se estableció la comunicación entre la placa y el software de simulación, permitiendo que las acciones físicas realizadas por los usuarios en la cabina se reflejarán en la simulación virtual. Por ejemplo, los botones físicos en la cabina podrían activar eventos en la simulación, como encender o apagar sistemas del tren, abrir y cerrar puertas, o cambiar el estado de los controles.

Además, Arduino también se utilizó para capturar datos en tiempo real de los sensores físicos y enviarlos al software de simulación. Estos datos van a ser utilizados para retroalimentar y ajustar el comportamiento de la simulación, brindando una experiencia más precisa y realista.

6.3.1 Arduino Mega 2560 Rev3

El Arduino Mega 2560 Rev3 fue elegido específicamente debido a la cantidad necesaria de puertos disponibles en la placa. Con la cabina del metro simulada y la variedad de

botones y sensores requeridos, se necesitaba una placa que pudiera soportar y manejar todos estos componentes de forma simultánea. El Arduino Mega 2560 Rev3 proporciona un mayor número de puertos de entrada/salida (E/S), lo que permite conectar y controlar la cantidad requerida de botones y sensores en la cabina del metro sin limitaciones. Su amplia capacidad de expansión y flexibilidad lo convierten en una opción ideal para proyectos que requieren una gran cantidad de conexiones.

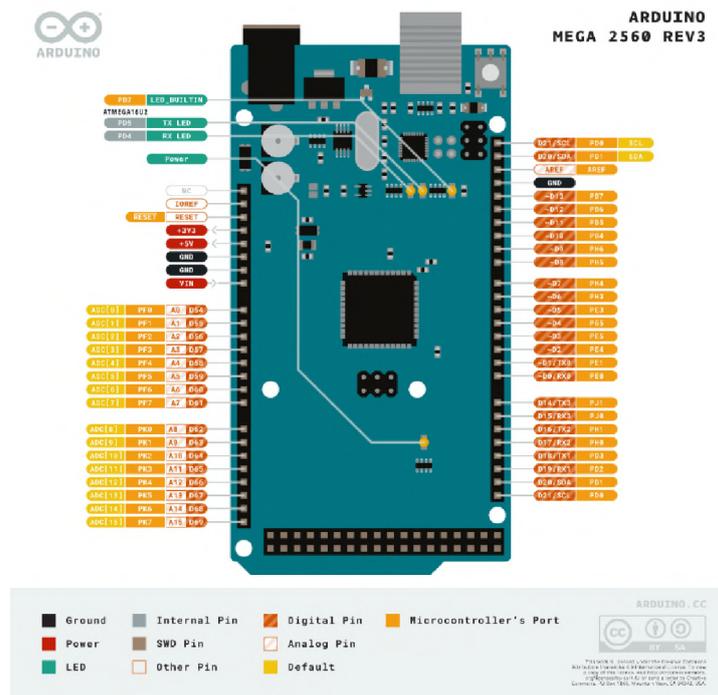


Ilustración 28– Arduino Mega 2560 Rev3 .

6.3.2 Sensores y componentes

Slider Potenciómetros de diferentes tamaños: Estos potenciómetros se utilizan para simular la llave de mando del tren. Cada potenciómetro representaba una posición o función específica en la llave de mando, como acelerar, frenar, control de velocidad, entre otros.

Para los sliders utilizados en los controles, se empleó la función "map" para realizar una conversión de los valores originales del slider, que van de 0 a 1023, a los valores específicos requeridos por cada control. La función "map" es una función comúnmente utilizada en Arduino para mapear o transformar un rango de valores a otro rango deseado.

El uso de la función "map" facilita la adaptación de los valores de entrada de los sliders a los rangos de valores adecuados para cada control en la cabina del metro. Por ejemplo, si un slider se utiliza para controlar la velocidad del tren, se puede utilizar la función "map" para convertir los valores de entrada del slider (0-1023) a un rango de velocidad deseado (por ejemplo, 4-0 y 0-6 para el Manipulador Principal).

- La función "map" toma cuatro argumentos: el valor de entrada a ser mapeado, el rango de valores originales del valor de entrada, el rango de valores deseados y devuelve el valor mapeado correspondiente. En este caso, se utiliza para mapear los valores de los sliders a los valores específicos requeridos por cada control en la cabina del metro.

La función "map" permite una adaptación precisa de los valores de los sliders a los valores necesarios para cada control, brindando una interacción más intuitiva y efectiva con los diferentes elementos de la cabina del metro.

- Selector de modos: Este componente permitía al conductor seleccionar el modo de operación del tren, como el modo automático o manual.
- Control de velocidad: Se utilizó un potenciómetro o un conjunto de botones para controlar la velocidad del tren. El conductor podía ajustar la velocidad deseada mediante estos controles.

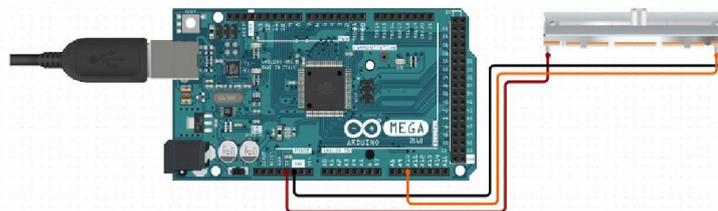


Ilustración 29– Diagrama eléctrico de conexión de los sliders potenciómetros.

- LCD para mostrar velocidad de ATP: Se empleó una pantalla LCD para mostrar la velocidad del sistema de Protección Automática de Trenes

(ATP, por sus siglas en inglés). Esta información era importante para el conductor, ya que le indicaba la velocidad máxima permitida y le ayudaba a cumplir con las regulaciones de seguridad.

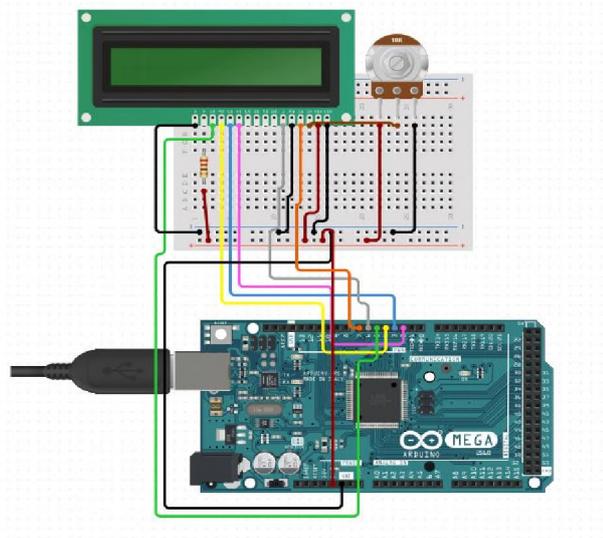


Ilustración 30– Diagrama eléctrico de conexión de la pantalla LCD 16x2.

- Botones de autorizar puertas, abrir puertas generales y cerrar puertas: Estos botones permiten al conductor autorizar la apertura y cierre de las puertas del tren. El conductor podía controlar el proceso de embarque y desembarque de pasajeros mediante estos botones.
- Freno de emergencia y freno de estacionamiento: Estos botones activan los frenos de emergencia y de estacionamiento del tren respectivamente. El conductor podía utilizarlos en situaciones de emergencia o para mantener el tren detenido de manera segura.
- Encender/Apagar Metro y Encender/Apagar Luces: Estos botones controlan el encendido y apagado del sistema del metro y de las luces del tren, respectivamente. Permitían al conductor tener el control total sobre el encendido y apagado de los componentes principales.
- Botones del ATP (liberar, prueba, servicio, anular): Estos botones representan las diferentes acciones o modos del sistema ATP. El conductor podía utilizarlos para realizar pruebas, activar el modo de servicio, liberar bloqueos o anular ciertas funciones, dependiendo de la necesidad.

- Botón de socorro: Este botón estaba destinado a situaciones de emergencia. Al presionarlo, se activaban medidas de seguridad adicionales o se solicitaba asistencia de emergencia.

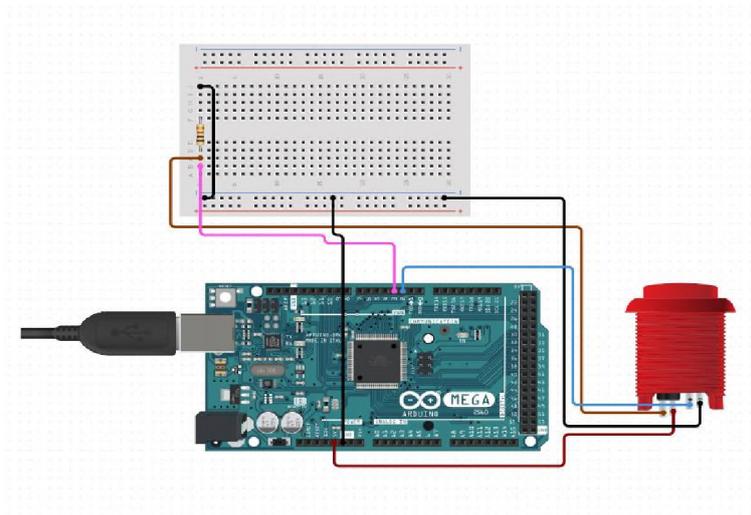


Ilustración 31 – Diagrama eléctrico de conexión de los botones.

6.3.3 Cabina a escala



Ilustración 32 – Creando el mueble de MDF.

Se diseñó y construyó una réplica a escala de la cabina utilizando material MDF (Medium-Density Fiberboard). Esta réplica se creó desde cero, lo que significa que se diseñó y fabricó específicamente para este proyecto.

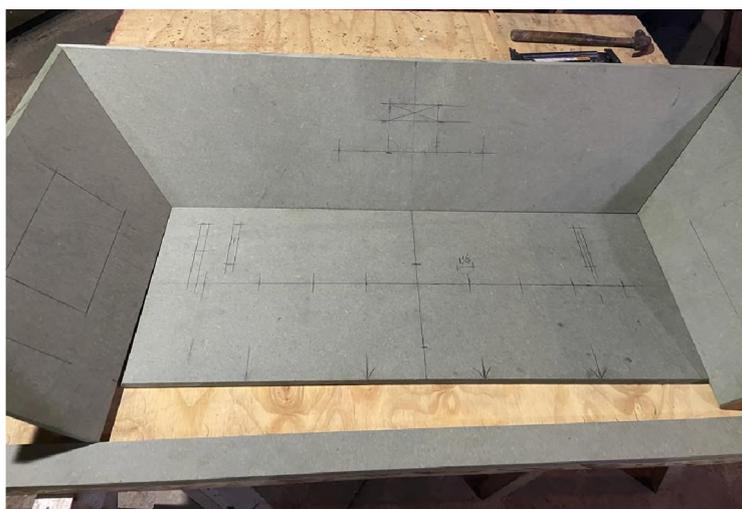


Ilustración 33– Medidas para realizar los agujeros.

El MDF es un material resistente y fácil de trabajar, lo que lo convierte en una elección adecuada para construir la estructura de la cabina. Utilizando herramientas y técnicas adecuadas, se cortaron y ensamblaron las piezas de MDF para dar forma a la cabina en su escala reducida.

Durante el proceso de construcción, se tuvieron en cuenta las dimensiones y ubicaciones precisas de cada botón, slider y pantalla necesarios en la cabina. Se crearon huecos o espacios específicos en la estructura de MDF para alojar cada elemento de control de manera precisa y alineada.



Ilustración 34– MDF con agujeros.

La réplica de la cabina de MDF proporcionó una base sólida y realista para la instalación de los botones, sliders y pantallas necesarios. Esto permitió una experiencia más inmersiva para el conductor al interactuar con los controles, ya que se asemejaba a la disposición y diseño de una cabina real de metro.



Ilustración 35– MDF Con dispositivos.

La creación de la réplica de la cabina desde cero utilizando MDF demostró un enfoque detallado y personalizado para el proyecto, asegurando que cada elemento estuviera

ubicado de manera precisa y proporcionando un entorno de simulación más realista y auténtico para los usuarios.

6.3.4 Comunicación del Arduino con Unity

Para establecer la comunicación entre Arduino y Unity, se utilizó un cable USB tipo B. Este cable se conecta físicamente entre el Arduino y la computadora, permitiendo establecer una conexión directa entre ambos dispositivos.

Una vez que el Arduino está conectado a la computadora, se establece una comunicación bidireccional entre Arduino y Unity a través de los puertos COM. En Unity, se utiliza la funcionalidad de los monitores seriales para enviar y recibir datos desde Arduino.

En la configuración, Unity establece una conexión serial con el puerto COM correspondiente al Arduino. A través de esta conexión serial, Unity envía comandos o datos específicos al Arduino, y el Arduino, a su vez, envía información de vuelta a Unity.

Por ejemplo, para mostrar la velocidad en la pantalla LCD, Unity envía la información de velocidad al Arduino a través del puerto COM. El Arduino recibe esta información y la utiliza para actualizar la pantalla LCD con el valor de velocidad correspondiente.

Gracias a esta comunicación bidireccional entre Arduino y Unity a través del puerto COM y los monitores seriales, podemos intercambiar información y controlar el comportamiento de los dispositivos físicos conectados a Arduino desde el entorno de Unity. Esto brinda la posibilidad de sincronizar y coordinar la simulación virtual en Unity con las acciones y respuestas de los dispositivos físicos controlados por Arduino.

6.4 SQL y Base de datos.

En este proyecto se optó por utilizar la base de datos Microsoft SQL Server debido a su compatibilidad con Unity, ya que este sistema está basado en el framework .NET de Microsoft.

La compatibilidad entre Unity y Microsoft SQL facilitó la conexión y manipulación de la base de datos dentro del proyecto. Al utilizar las capacidades nativas de Unity y su

soporte incorporado para trabajar con bases de datos SQL, evitamos la dependencia de librerías adicionales o de terceros, lo que simplificó el proceso de gestión de la base de datos. El framework .NET permitió acceder y manipular los datos de manera eficiente y segura dentro del proyecto, garantizando una integración fluida entre la lógica del simulador y la gestión de la información almacenada en la base de datos.

6.4.1 Conexión con Unity

La conexión entre Unity y la base de datos se realiza utilizando una instancia de SQL Client, que es una biblioteca de Unity que permite la comunicación con bases de datos. Para establecer la conexión, se utiliza una cadena de conexión que incluye la dirección IP de la base de datos en la red local y las credenciales de un usuario con los derechos necesarios para iniciar sesión en la base de datos.

Una vez establecida la conexión, se pueden ejecutar consultas SQL para realizar operaciones de lectura y escritura en la base de datos. Estas consultas pueden incluir la inserción, actualización o recuperación de datos de las tablas correspondientes.

La comunicación entre Unity y la base de datos se realiza a través de la red local, lo que permite acceder a la información almacenada en la base de datos desde la aplicación Unity. Esto facilita la integración de la información del juego con los datos almacenados en la base de datos, como los registros de simulación, los datos de los usuarios y cualquier otra información relevante para el funcionamiento del simulador.

Es importante asegurarse de que se establezcan las medidas de seguridad adecuadas, como la encriptación de la cadena de conexión y la implementación de permisos y controles de acceso en la base de datos, para garantizar la integridad y confidencialidad de los datos.

6.4.2 Stored Procedures (Procedimientos almacenadas)

Hemos implementado varias funcionalidades utilizando stored procedures en nuestro proyecto. Aquí te presento algunos ejemplos de cómo los hemos utilizado:

- Inicio de sesión: Hemos creado un stored procedure que recibe el nombre de usuario y la contraseña ingresados por el usuario. Este procedimiento verifica la validez de las credenciales al compararlas con los registros almacenados en la

base de datos. De esta manera, hemos asegurado una capa adicional de seguridad al no exponer directamente las credenciales en la lógica de la aplicación.

- **Registro de usuarios:** Para insertar nuevos registros de usuarios en la tabla correspondiente, hemos implementado un stored procedure. Los parámetros del procedimiento contienen la información necesaria, como el nombre de usuario, la contraseña, la dirección de correo electrónico, etc. El stored procedure realiza validaciones y asegura que los datos ingresados cumplan con los requisitos antes de realizar la inserción en la base de datos.
- **Almacenamiento de simulaciones:** Hemos utilizado un stored procedure para guardar la información de cada simulación en la base de datos. Este procedimiento recibe los datos relevantes, como la fecha de inicio, la fecha de finalización, el nivel completado y otros detalles pertinentes. El stored procedure se encarga de insertar estos datos en la tabla de simulaciones, asegurando la integridad y consistencia de los datos.
- **Almacenamiento de multas:** De manera similar a las simulaciones, hemos implementado un stored procedure para registrar las multas e infracciones cometidas por los conductores en cada simulación. Los parámetros del stored procedure contienen los detalles de la multa, como el código de infracción, la descripción, el nivel de desviación de velocidad, la duración de la infracción, etc. El stored procedure realiza la inserción en la tabla de multas, manteniendo un registro preciso de las infracciones.

Al utilizar stored procedures, hemos logrado ventajas en términos de seguridad y mantenibilidad al centralizar la lógica en la base de datos, evitando la exposición directa de consultas SQL y proporcionando un mayor control sobre los datos manipulados.

6.5 Modelado en Maya

En el proceso de modelado en Maya, se siguieron los siguientes pasos:

- **Referencias visuales:** Se recopilaron imágenes de referencia o referencias visuales para tener una idea clara de cómo se veía el objeto o escenario que se iba a modelar. Estas referencias pueden ser fotografías, dibujos o incluso modelos de referencia físicos.

- Bloqueo básico: Se comenzó creando una forma básica y simple del objeto utilizando formas geométricas como cubos, cilindros o esferas. Esto se hizo para tener una estructura básica sobre la cual se construiría el modelo final.
- Detalles progresivos: Una vez que se tenía la forma básica, se comenzaron a agregar detalles progresivamente. Esto se hizo utilizando herramientas y técnicas de modelado específicas de Maya, como extrusión, subdivisión, escultura, entre otras. Se ajustaron los vértices, aristas y caras del modelo para darle forma y definición.
- Texturización: Después de completar el modelado, se procedió a asignar texturas al objeto utilizando el sistema de materiales y texturas de Maya. Se aplicaron mapas de texturas como el mapa de color (albedo), mapas normales, mapas especulares, entre otros, para agregar realismo y detalle al modelo.
- Iluminación y renderizado: Finalmente, se configuraron las luces en la escena para obtener la iluminación deseada. También se configuraron los parámetros de renderizado para obtener la calidad y apariencia final del modelo. Maya ofrece varias opciones de renderizado, como el motor de renderizado Arnold, que permite generar imágenes fotorrealistas.

Durante todo el proceso, se utilizaron herramientas y funcionalidades específicas de Maya, como el modelado poligonal, la manipulación de vértices y la asignación de texturas, para lograr el resultado final deseado. El modelado en Maya requiere un buen conocimiento de las herramientas y técnicas disponibles, así como un ojo atento para capturar los detalles y características distintivas del objeto o escenario que se está modelando.

6.5.1 Estación Máximo Gómez & Estación Pedro Livio Cedeño

Para la creación de las estaciones Generalísimo Máximo Gómez y Pedro Livio Cedeño se siguió un enfoque basado en fotografías reales. Se capturaron imágenes desde diferentes ángulos y distancias de cada elemento de las estaciones, incluyendo sus diferentes caras y detalles arquitectónicos.

Estas fotografías se utilizaron como referencia en el proceso de modelado en Maya. Se importaron las imágenes a Maya y se utilizaron como guía para crear los modelos tridimensionales de las estaciones. Se tuvo cuidado de recrear fielmente la forma y

aparición de los elementos, como plataformas, andenes, pilares, escaleras, techos y otros detalles arquitectónicos.

La elección de estas estaciones, Generalísimo Máximo Gómez y Pedro Livio Cedeño, se basó en su importancia dentro del sistema de metro y en su diseño neutral. La estación Generalísimo Máximo Gómez es el garaje de trenes y representa un lugar clave donde la mayoría de los trenes ingresan a la línea. Por otro lado, la estación Pedro Livio Cedeño fue seleccionada por tener un diseño arquitectónico más sencillo y neutral, sin elementos muy distintivos que pudieran dificultar la recreación fiel en el modelo 3D.

De esta manera, al utilizar fotografías reales como referencia, se buscó lograr un alto nivel de detalle y realismo en los modelos de las estaciones Generalísimo Máximo Gómez y Pedro Livio Cedeño.

6.5.1.1 Partes Generales

Andén.

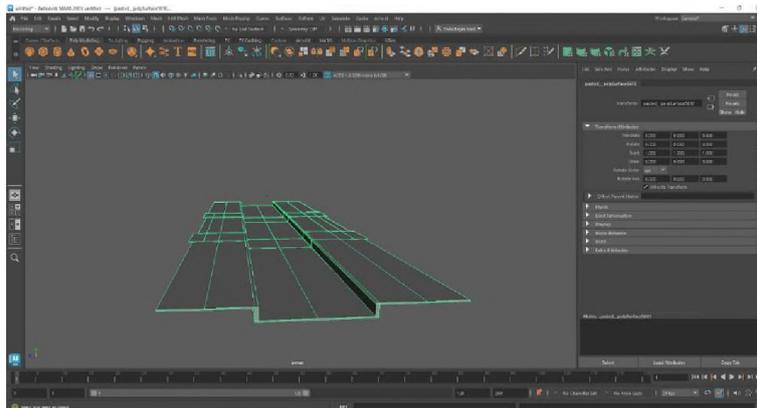


Ilustración 36– Modelo en Maya del andén.

Vías.

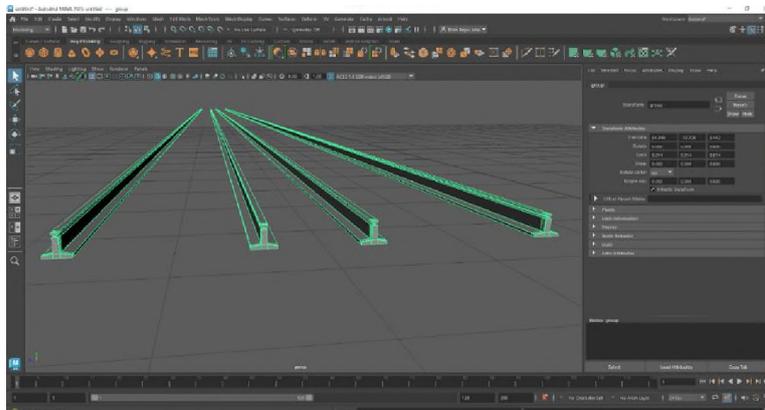


Ilustración 37– Modelo en Maya de las vías.

Escaleras.

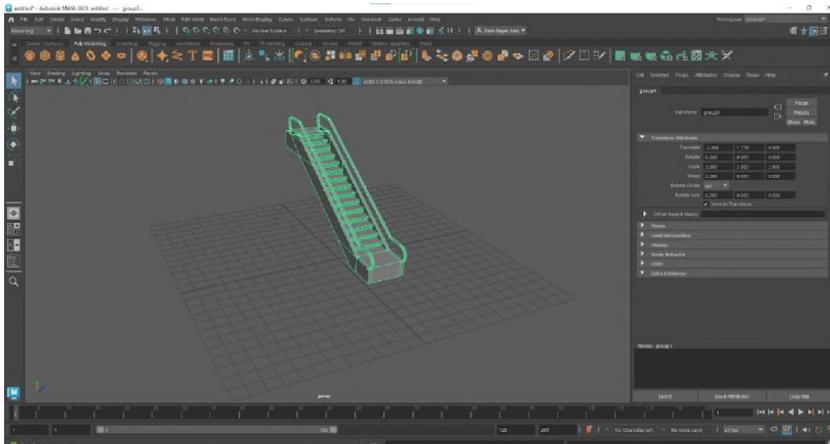


Ilustración 38– Modelo en Maya de las escaleras.

Semáforo.

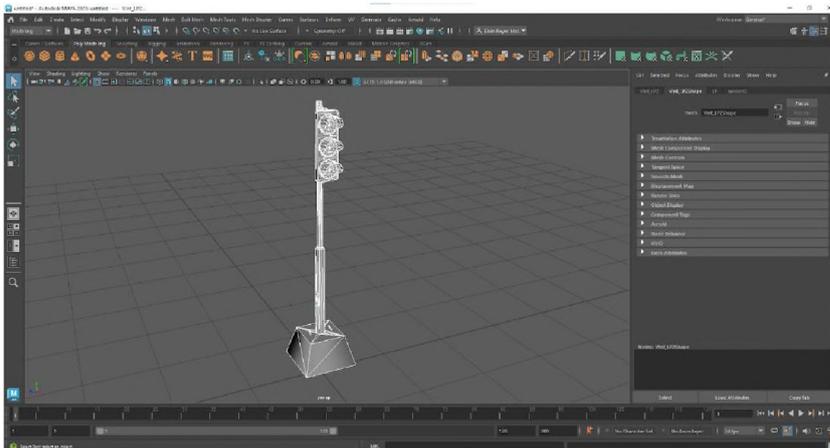


Ilustración 39– Modelo en Maya del semáforo.

6.5.1.2 Partes Estación Máximo Gómez

Ventanas.

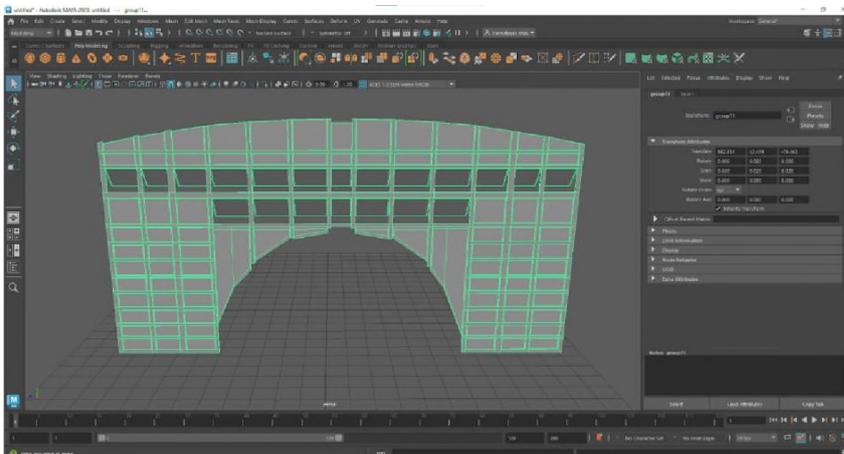


Ilustración 40– Modelo en Maya de las ventanas de la estación Máximo Gómez.

Techo.

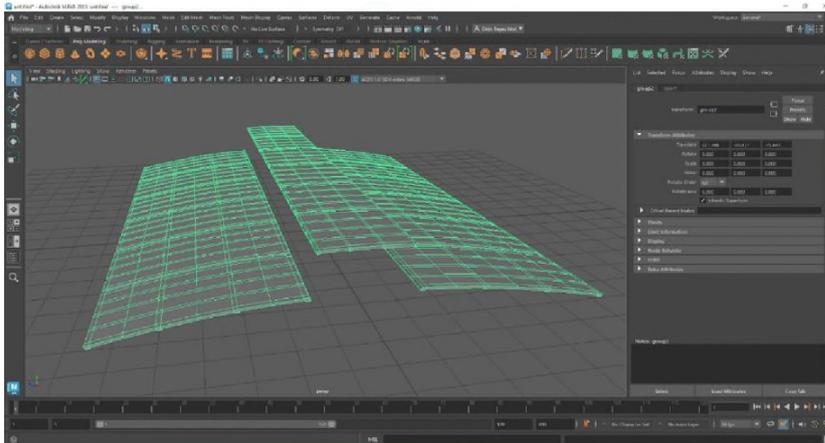


Ilustración 41– Modelo en Maya del techo de la estación Máximo Gómez.

Muros.

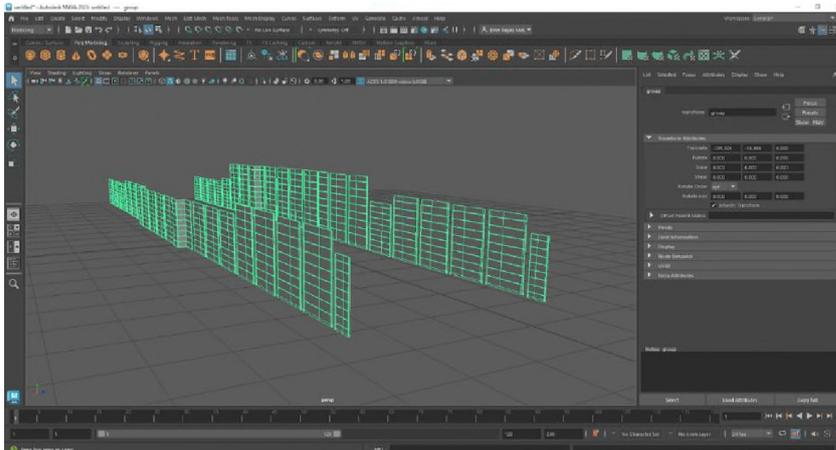


Ilustración 42– Modelo en Maya de los muros de la estación Máximo Gómez.

Arcos del techo.

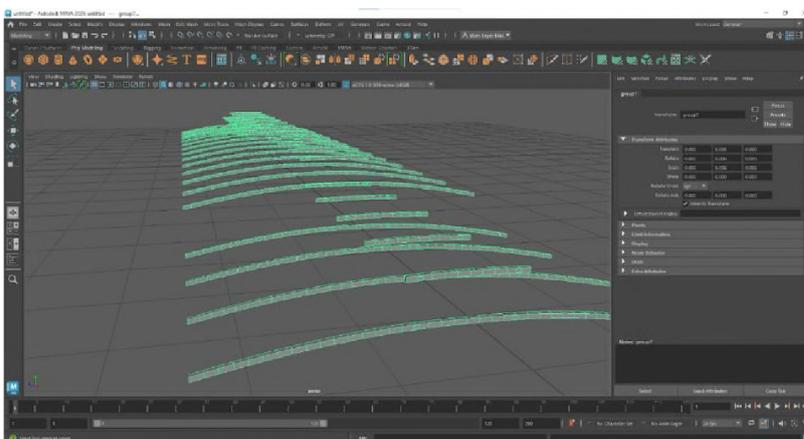


Ilustración 43– Modelo en Maya de los arcos del techo de la estación Máximo Gómez.

Pared .

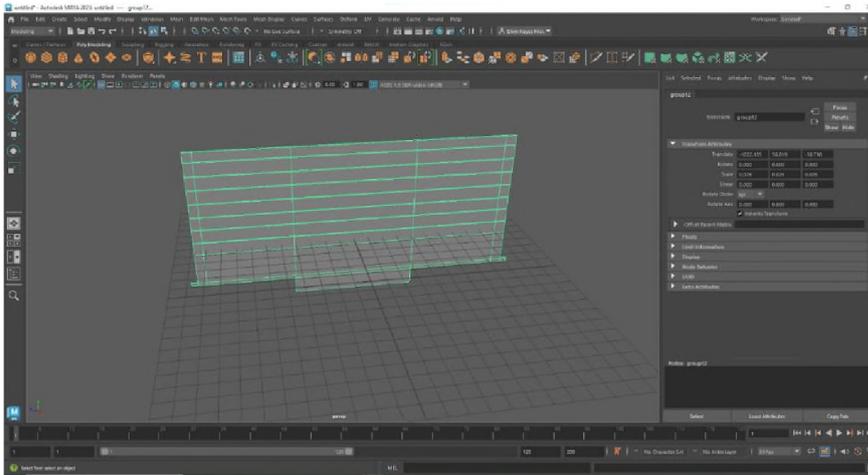


Ilustración 44– Modelo en Maya de la pared de la estación Máximo Gómez.

Soportes.

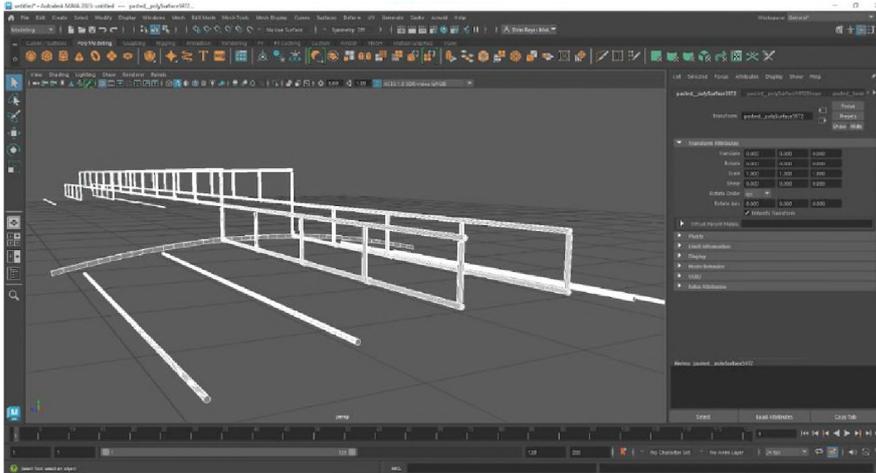


Ilustración 45– Modelo en Maya de los soportes de la estación Máximo Gómez.

Cristales de ventana.

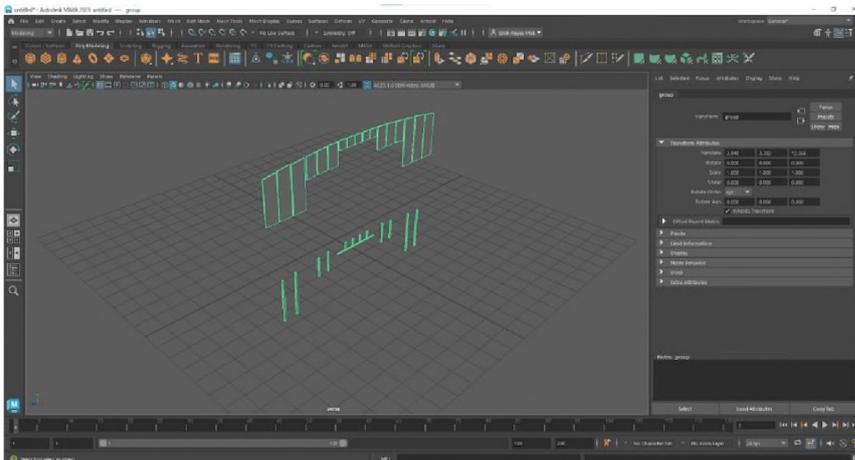


Ilustración 46– Modelo en Maya de los cristales de ventana de la estación Máximo Gómez.

Puente.

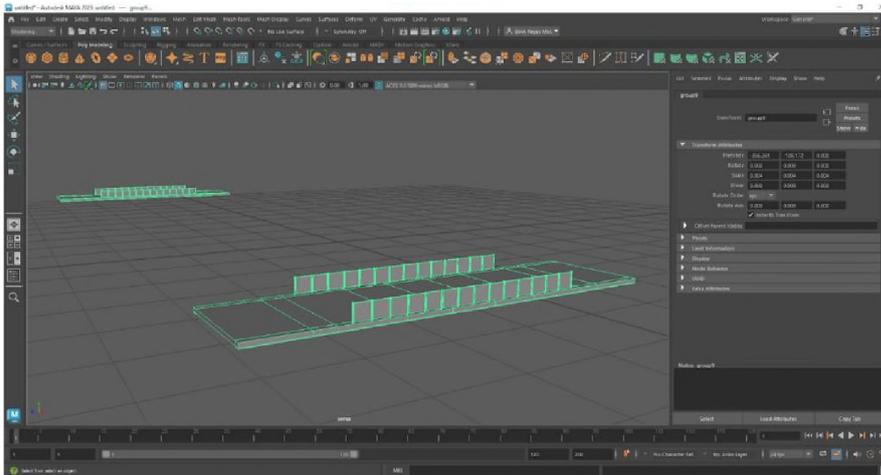


Ilustración 47– Modelo en Maya del puente de la estación Máximo Gómez.

Columnas.

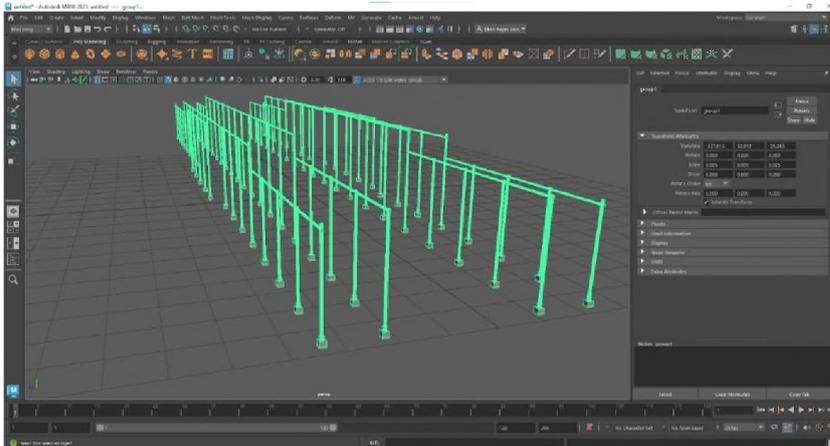


Ilustración 48– Modelo en Maya de las columnas de la estación Máximo Gómez.

6.5.1.3 Partes Estación Pedro Livio Cedeño

Columnas.

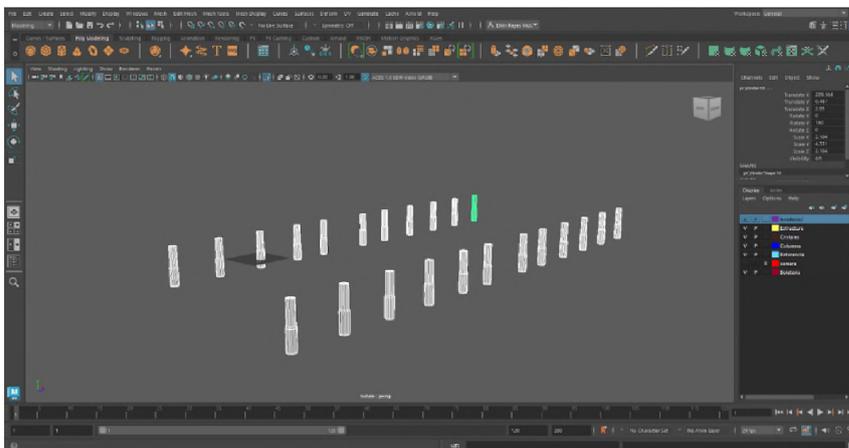


Ilustración 49– Modelo en Maya de las columnas de la estación Pedro Livio Cedeño.

Cristales.

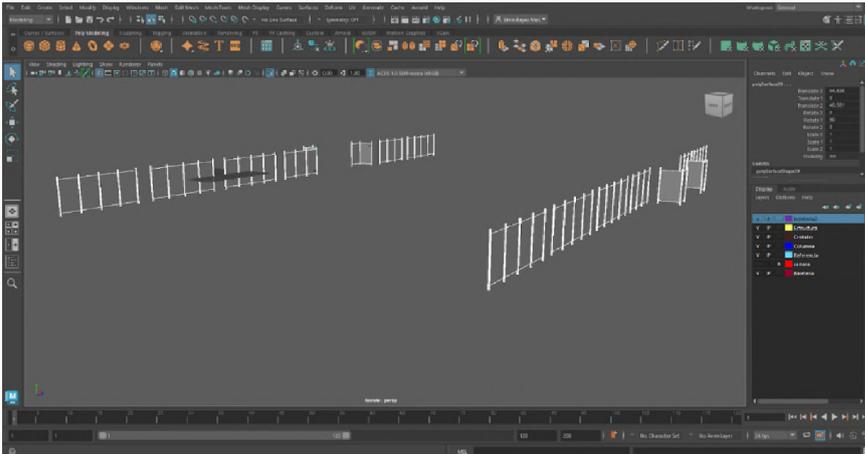


Ilustración 50– Modelo en Maya de los cristales de la estación Pedro Livio Cedeño.

Estante Boletería.

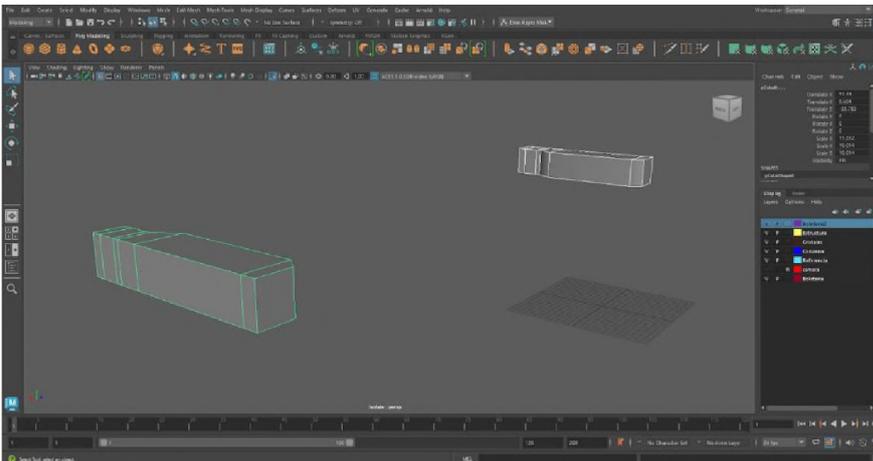


Ilustración 51– Modelo en Maya del estante de boletería de la estación Pedro Livio Cedeño.

Paredes.

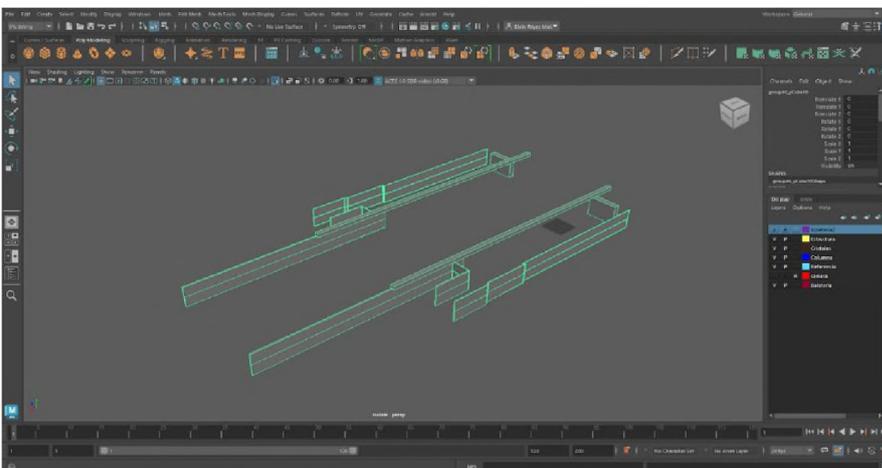


Ilustración 52– Modelo en Maya de las paredes de la estación Pedro Livio Cedeño.

Paredes y columnas.

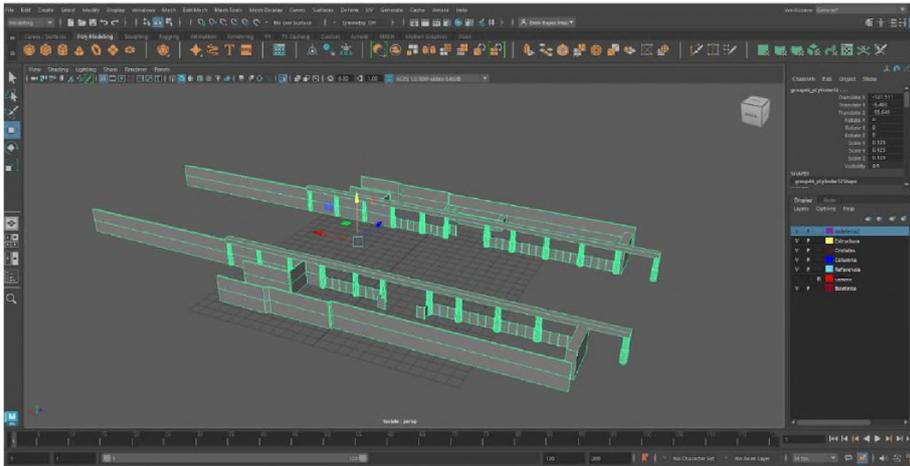


Ilustración 53– Modelo en Maya de las paredes y columnas de la estación Pedro Livio Cedeño.

Escaleras.

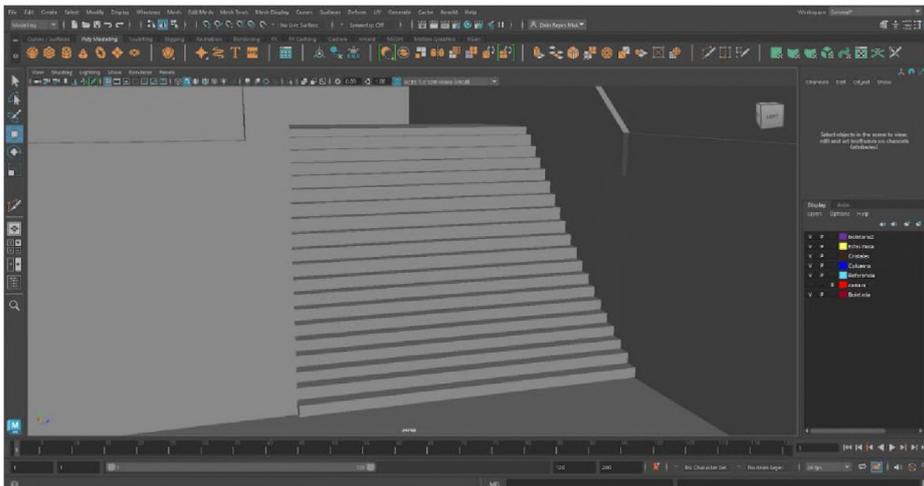


Ilustración 54– Modelo en Maya de las escaleras de la estación Pedro Livio Cedeño.

Torniquetes.



Ilustración 55– Modelo en Maya de los torniquetes de la estación Pedro Livio Cedeño.

Techo.

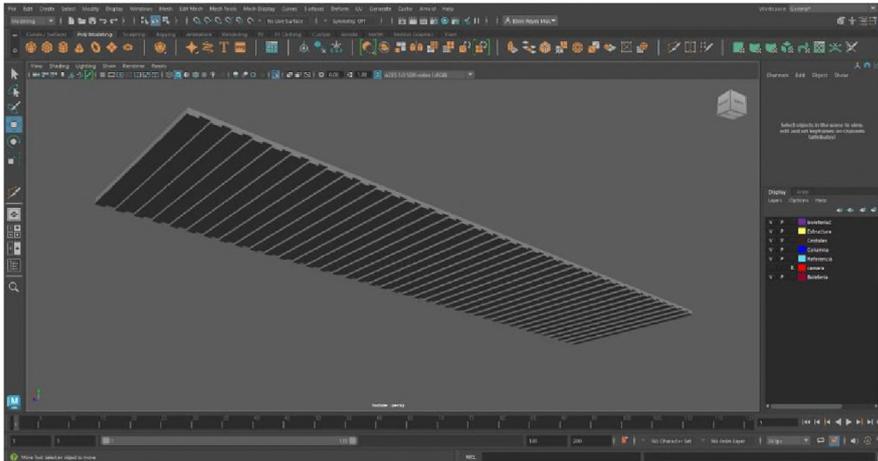


Ilustración 56– Modelo en Maya del techo de la estación Pedro Livio Cedeño.

6.5.1.4 Modelo de la Estación Máximo Gómez

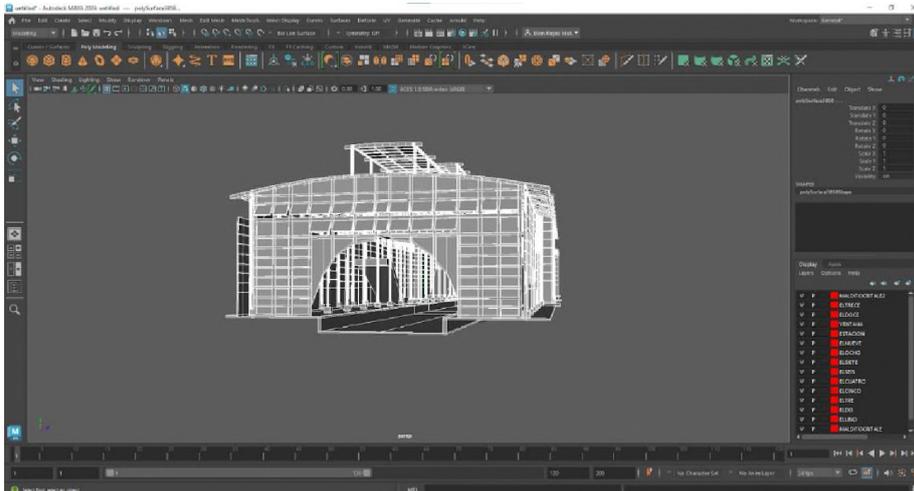


Ilustración 57– Modelo en Maya de la estación Máximo Gómez por fuera.



Ilustración 58– Estación Máximo Gómez por fuera.



Ilustración 59– Interior de la estación Máximo Gómez.

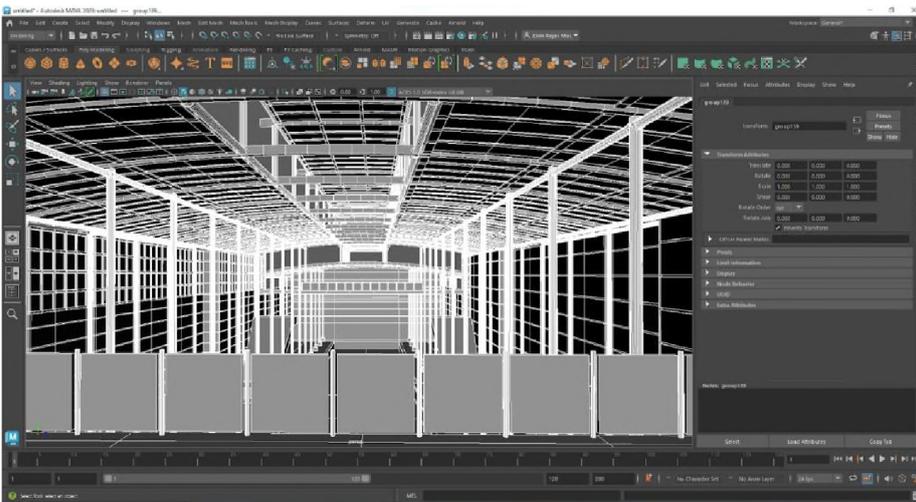


Ilustración 60– Modelo en Maya del interior de la estación Máximo Gómez.

6.5.1.5 Estación Pedro Livio Cedeño



Ilustración 61– Torniquetes de la estación Pedro Livio Cedeño.

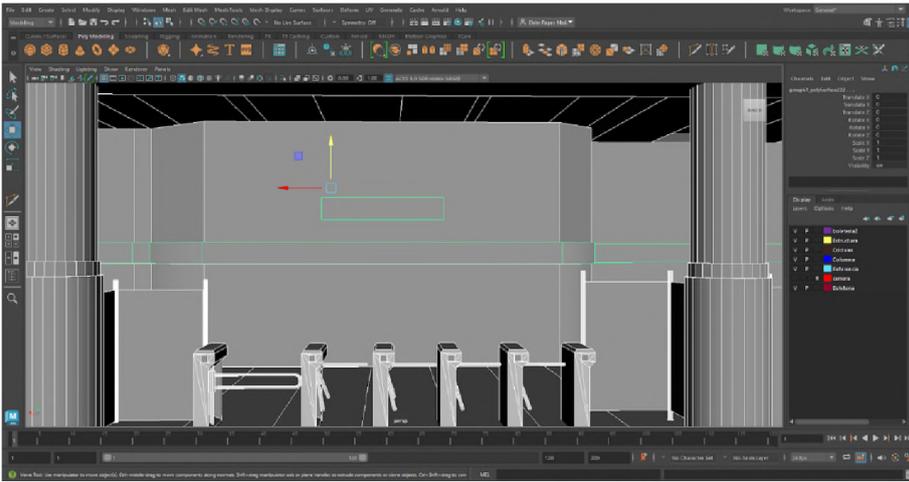


Ilustración 62– Modelado en Maya de los torniquetes completos de la estación Pedro Livio Cedeño.



Ilustración 63– Parte de inferior de la estación Pedro Livio Cedeño.

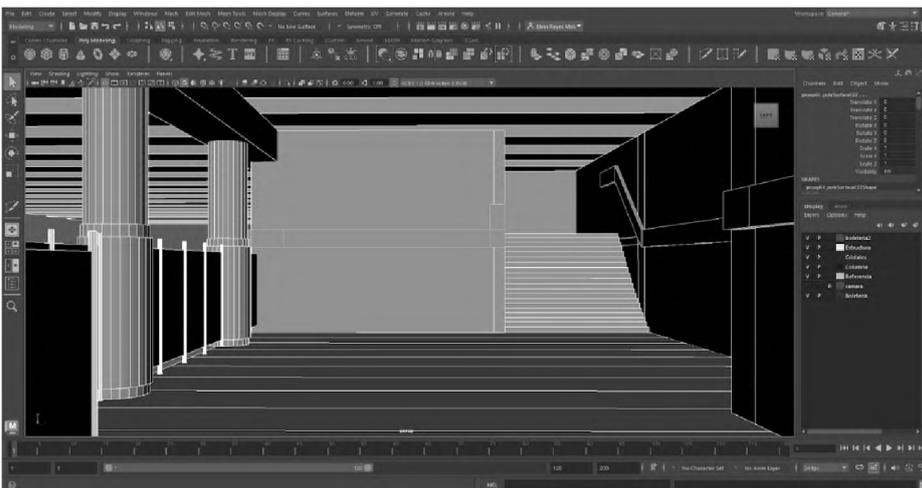


Ilustración 64– Modelado en Maya de la parte de inferior de la estación Pedro Livio Cedeño.



Ilustración 65– Parte de inferior de la estación Pedro Livio Cedeño parte 2.

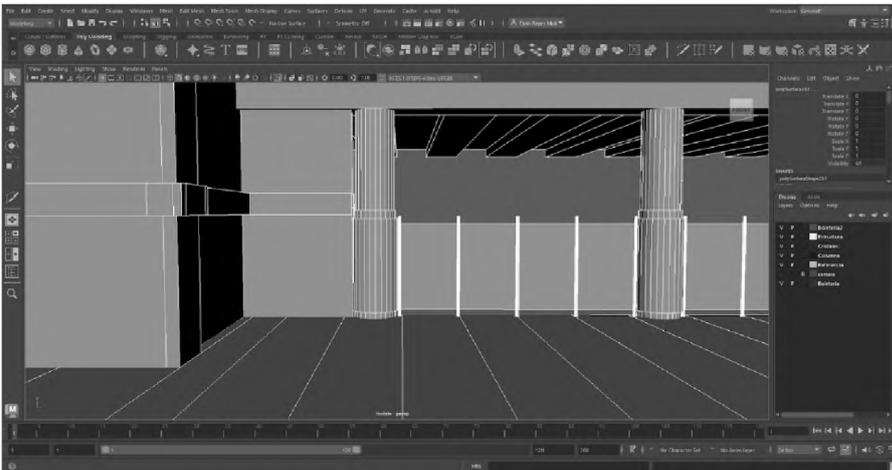


Ilustración 66– Modelado en Maya de la parte de inferior de la estación Pedro Livio Cedeño parte 2.

6.5.2 Partes Metro

Posador.

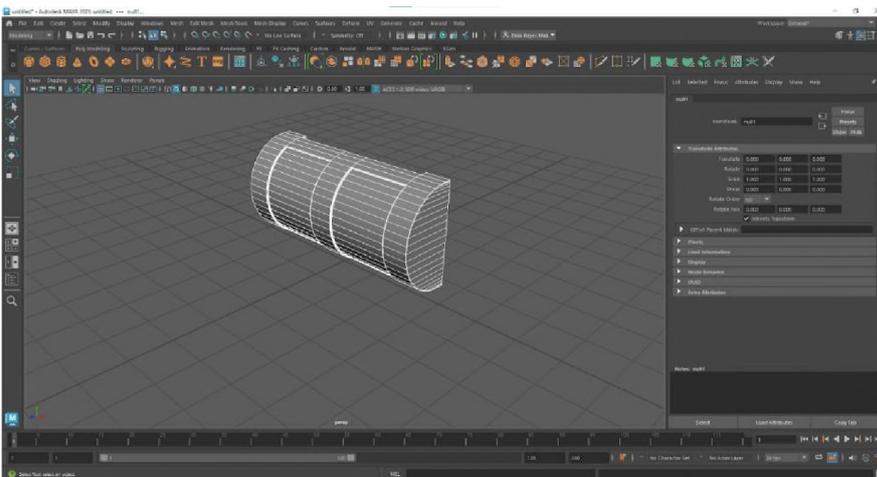


Ilustración 67– Modelado en Maya del posador.

Barras.

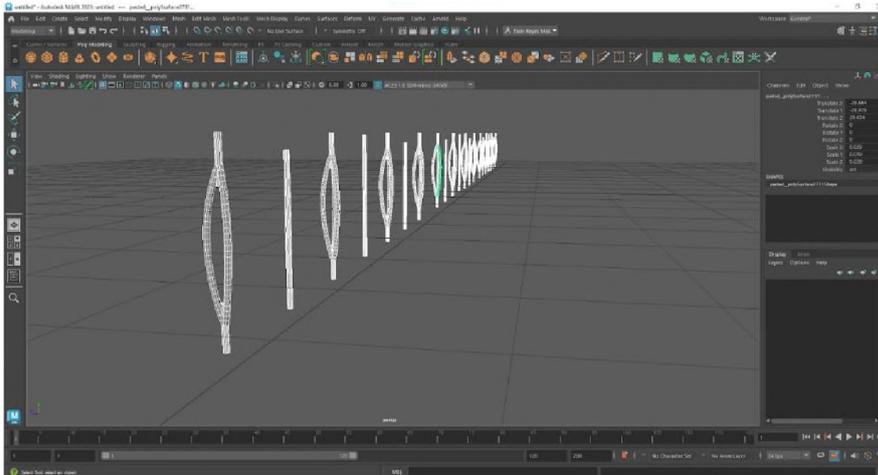


Ilustración 68– Modelado en Maya de las barras.

Baterías .

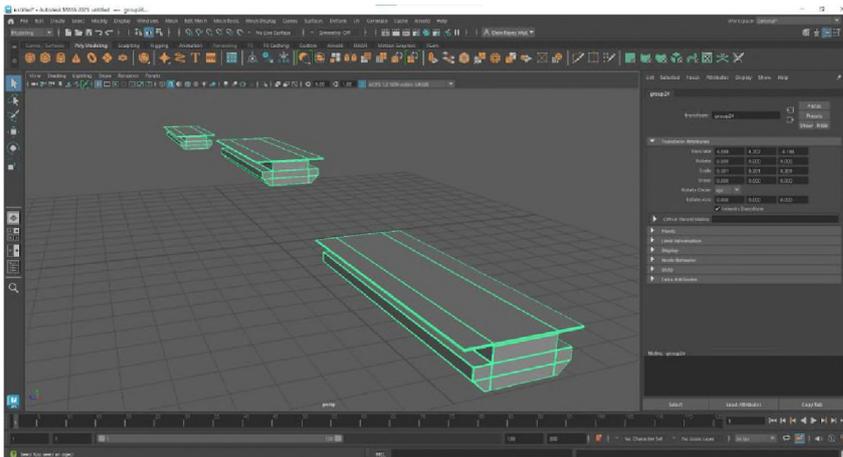


Ilustración 69– Modelado en Maya de las baterías.

Parte frontal del encaje.

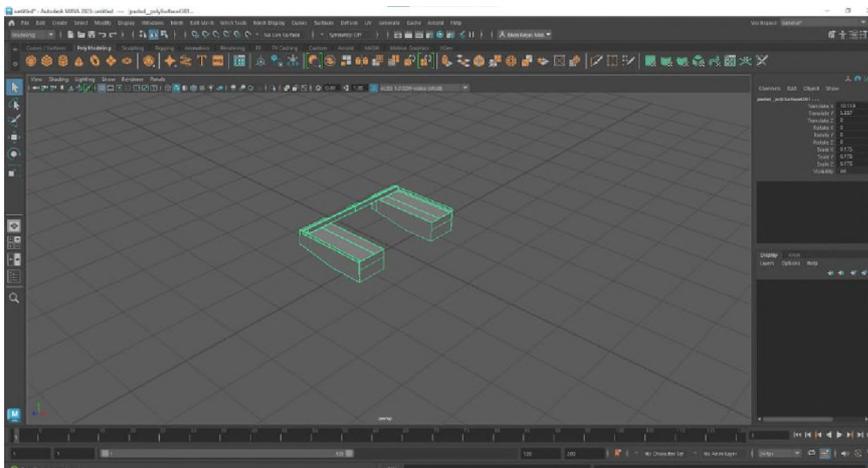


Ilustración 70– Modelado en Maya de la parte frontal del encaje.

Ruedas y Motores.

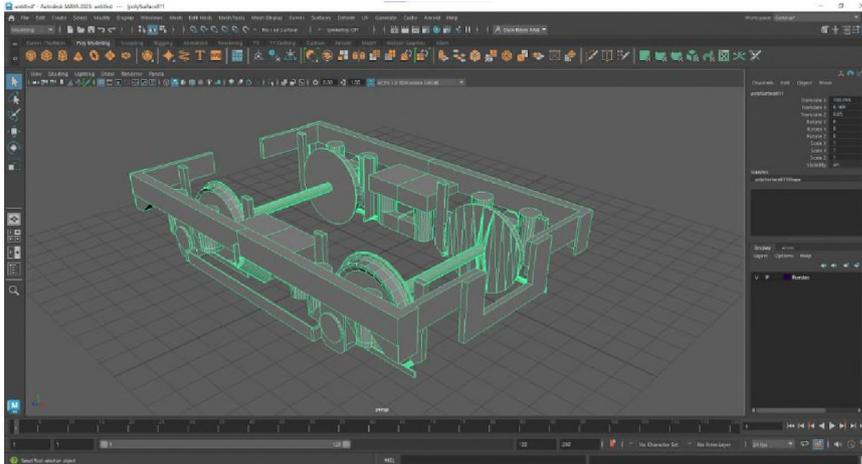


Ilustración 71– Modelado en Maya de las ruedas y motores.

Unión de los vagones.

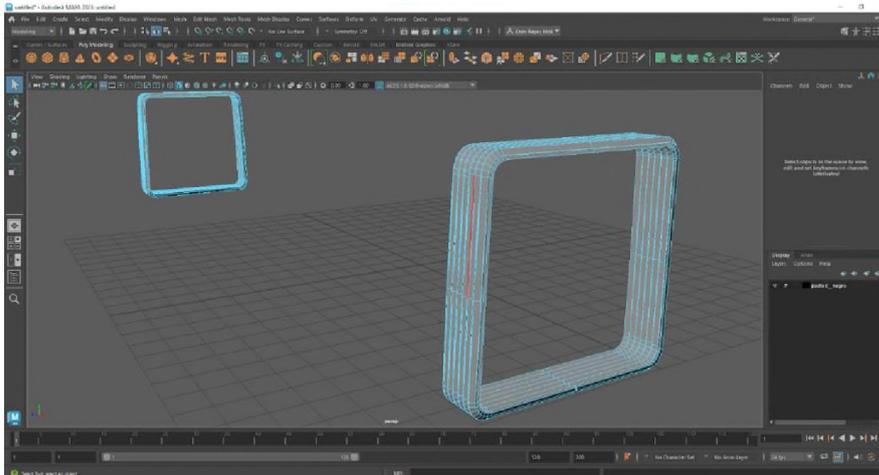


Ilustración 72– Modelado en Maya de la unión de vagones.

Paredes y ventanas.

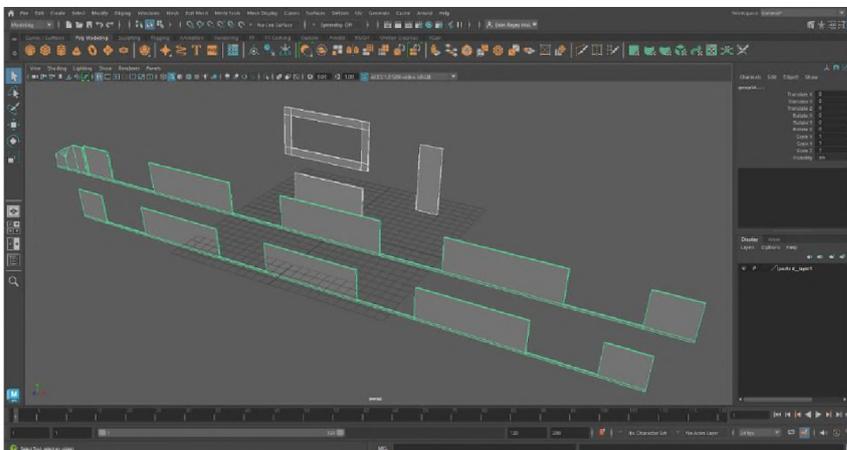


Ilustración 73– Modelado en Maya de las paredes y ventanas.

Pantógrafos.

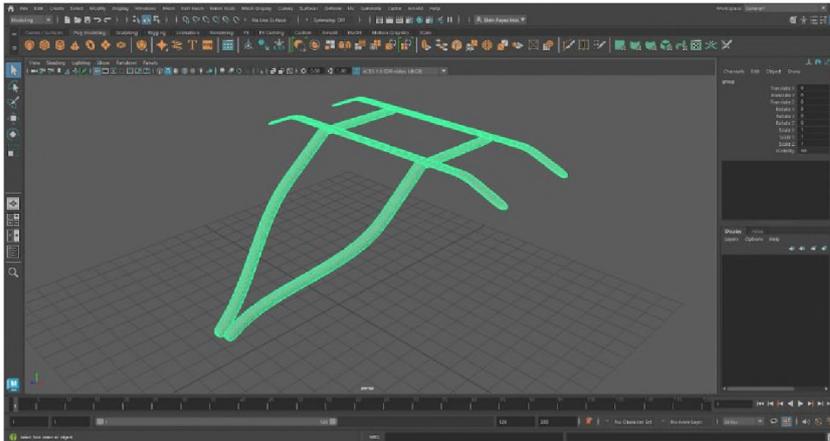


Ilustración 74– Modelado en Maya de los pantógrafos.

Asientos.

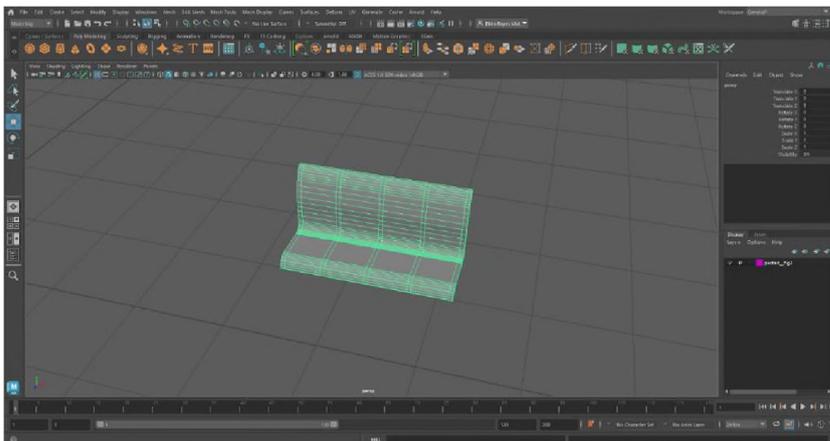


Ilustración 75 – Modelado en Maya de los asientos.

6.5.3 Metro



Ilustración 76– Modelado en Maya del metro de Santo Domingo.



Ilustración 77– Modelado en Maya del metro de Santo Domingo.

CAPÍTULO 7: RESULTADOS.

7.1 Cumplimiento de objetivos.

7.1.1 Analizar y proponer mejoras al procedimiento y herramientas involucradas en la capacitación de conductores de Metro de Santo Domingo.

En el **Capítulo 1: Planteamiento del problema** de nuestra propuesta de mejoras, realizamos un análisis detallado del sistema actual de capacitación de conductores del Metro de Santo Domingo. Este análisis nos permitió comprender a fondo las fortalezas y debilidades del sistema existente. Como resultado, identificamos la necesidad de reducir la curva de aprendizaje de los conductores, lo cual nos llevó a proponer la incorporación de un nivel intermedio entre la teoría y la práctica, utilizando el simulador o ambiente tridimensional. Esta propuesta busca mejorar la efectividad y seguridad del proceso de capacitación, al ofrecer a los conductores una experiencia de aprendizaje más inmersiva y realista. Los resultados de este análisis y la propuesta de mejoras se pueden encontrar en el **Capítulo 5: Análisis y diseño del sistema**.

7.1.2 Realizar y documentar recorridos por las diferentes estaciones para adquirir información acerca de sus estructuras para garantizar la exactitud del simulador.

Durante los recorridos, nos enfocamos especialmente en dos estaciones seleccionadas, las cuales son representativas de los desafíos y características comunes que los conductores enfrentan en su trabajo diario.

En el **anexo F** de nuestro informe, se incluyen imágenes detalladas del recorrido realizado, donde se pueden apreciar las estaciones visitadas y los diferentes elementos que componen el entorno del metro. Estas imágenes proporcionan una visión clara de los espacios, las vías, los andenes y otros elementos relevantes para el entrenamiento de los conductores.

Además, en el **subcapítulo 6.5** de nuestro informe, abordamos específicamente el tema del modelado de las estaciones seleccionadas. Utilizando las imágenes capturadas durante los recorridos, llevamos a cabo un minucioso proceso de modelado tridimensional de las estaciones en el simulador. Este proceso nos permitió recrear de manera precisa los espacios y características de las estaciones en el entorno virtual,

brindando a los conductores una experiencia de entrenamiento altamente realista y efectiva.

7.1.3 Diseñar y desarrollar un ambiente de gestión del simulador, que permita seleccionar los posibles escenarios para fines de práctica del conductor.

Con respecto al tercer objetivo de nuestra investigación, hemos llevado a cabo el diseño y desarrollo de un ambiente de gestión para el simulador. Este sistema de gestión ha sido diseñado con el propósito de proporcionar a los instructores las herramientas necesarias para consultar y actualizar información clave relacionada con el entrenamiento de los conductores.

En el **Capítulo 6: Desarrollo del sistema**, se detalla todo el proceso de desarrollo de este ambiente de gestión. Comenzando con la utilización de Unity como plataforma principal para la creación del simulador, se ha integrado la lógica de negocios necesaria para la generación de situaciones realistas y relevantes para la formación de los conductores.

Además, se ha utilizado Maya como herramienta para el modelado tridimensional de los elementos presentes en las simulaciones, asegurando así la calidad visual y la fidelidad de los entornos virtuales. También se ha hecho uso de Arduino para la integración de dispositivos físicos que permiten una interacción más realista dentro del simulador.

El sistema de gestión desarrollado ofrece a los instructores la capacidad de brindar retroalimentación en tiempo real durante las simulaciones, lo que permite a los conductores recibir comentarios y correcciones de forma inmediata. Además, al finalizar cada simulación, se genera un informe completo que proporciona un análisis detallado del desempeño del conductor, permitiendo identificar áreas de mejora y establecer objetivos de formación.

7.1.4 Crear un ambiente tridimensional interactivo para el entrenamiento de conductores de trenes utilizando tecnología Arduino para replicar los controles de las cabinas. Al combinar estas técnicas, se busca mejorar la capacitación de los conductores mediante una experiencia realista y segura de manejo de trenes.

En el cuarto objetivo de nuestro proyecto, nos enfocamos en la creación de un ambiente tridimensional interactivo que reprodujera de manera precisa las cabinas de los trenes

del Metro de Santo Domingo. Para lograr esto, utilizamos la tecnología Arduino, la cual nos permitió integrar controles físicos que replicaban los dispositivos y controles presentes en las cabinas reales.

En el **subcapítulo 6.3: Arduino** detallamos todo el proceso de creación de la cabina interactiva utilizando los diferentes componentes de entrada, como botones, sliders y pantallas LCD, entre otros. Además, se utilizó un mueble de madera MDF para montar estos componentes, brindando así un entorno físico realista para los conductores durante las simulaciones.

La integración de Arduino en el simulador fue un paso importante para mejorar la experiencia de manejo de los conductores. Al contar con controles físicos que responden de manera similar a los dispositivos reales, los conductores pudieron familiarizarse y practicar el uso de los controles de manera más precisa.

7.1.5 Documentar el uso del simulador por usuarios familiarizados con este tipo de entrenamiento para garantizar la funcionalidad y utilidad.

En el quinto objetivo de nuestro proyecto, nos enfocamos en documentar y evaluar el uso del simulador por parte de usuarios que estuvieran familiarizados con este tipo de entrenamiento. Aunque la cantidad de usuarios fue limitada debido a las circunstancias previamente mencionadas, pudimos recopilar datos valiosos sobre la funcionalidad y utilidad del simulador.

Realizamos una entrevista detallada con OTTONIEL BENJAMIN LIRIANO HERNÁNDEZ, un conductor experimentado del Metro de Santo Domingo, el día 4 de julio. Durante la entrevista, exploramos su experiencia con el uso del simulador, recabando sus comentarios y sugerencias. Estos datos proporcionaron información clave para evaluar la eficacia del simulador y realizar mejoras necesarias basadas en su retroalimentación.

Los resultados de la entrevista se encuentran documentados en el **Anexo D: Entrevista sobre su experiencia con el uso del simulador del Metro de Santo Domingo**. En dicho anexo, se detalla la información recopilada durante la entrevista con OTTONIEL BENJAMIN LIRIANO HERNÁNDEZ, donde se exploraron aspectos como el realismo y precisión del simulador, la utilidad de los entrenamientos, la mejora en la toma de

decisiones y el impacto en la comprensión de los procedimientos operativos y las reglas de conducción.

7.1.6 Implementar el uso de rúbricas para evaluar el desempeño de los nuevos conductores en el simulador de trenes. Además, se remitirá la información de desempeño a los entrenadores vía correo electrónico, lo que permitirá un seguimiento y retroalimentación eficiente de la capacitación.

Por último, implementamos el uso de rúbricas para evaluar el desempeño de los nuevos conductores en el simulador de trenes. Además, establecimos un sistema de envío de información de desempeño a los entrenadores a través de correo electrónico, lo que permitió un seguimiento y retroalimentación eficiente del proceso de capacitación. Esta implementación aseguró una evaluación objetiva y sistemática del rendimiento de los conductores, brindando a los entrenadores los datos necesarios para ofrecer un apoyo y orientación adecuados durante el entrenamiento.

A continuación, se muestra la tabla de rúbrica de multas:

Código	Enunciado	10	5	0
MUL-01	Tiempo de recorrido	Realiza el recorrido a tiempo.	Realiza el recorrido con cierto retraso.	No logra completar el recorrido en el tiempo requerido.
MUL-02	Apertura de puertas	Abre las puertas correctamente.	Se demora en abrir las puertas pero las abre bien.	Abre las puertas incorrectamente o con retraso.
MUL-03	Respeto a los semáforos	Respeto los semáforos de manera adecuada.	Algunas veces no respeta los semáforos.	No respeta los semáforos y pasa en rojo o en amarillo peligrosamente.
MUL-04	Realización de pruebas y revisión	Realiza pruebas y revisiones exhaustivas.	Realiza pruebas y revisiones, pero no de manera completa.	No realiza pruebas ni revisiones antes de iniciar el recorrido.
MUL-05	Exceso de velocidad	Mantiene una velocidad segura y permitida.	A veces excede los límites de velocidad establecidos.	Conduce a una velocidad excesiva en todo momento.
MUL-06	Uso incorrecto del sistema de frenado	Utiliza correctamente el sistema de frenado.	Utiliza el sistema de frenado de manera parcialmente incorrecta.	No utiliza el sistema de frenado adecuadamente.
MUL-07	Desaceleración tardía	Realiza la desaceleración en el momento adecuado.	A veces se demora en iniciar la desaceleración.	No inicia la desaceleración a tiempo, lo que puede causar problemas.
MUL-08	No detenerse en paradas designadas	Se detiene correctamente en las paradas designadas.	Ocasionalmente se salta alguna parada designada.	No se detiene en ninguna de las paradas designadas.
MUL-09	No mantener la distancia de seguridad	Mantiene una distancia de seguridad adecuada.	En ocasiones no mantiene una distancia de seguridad suficiente.	No mantiene una distancia de seguridad adecuada en ningún momento.
MUL-10	Conducción temeraria	Conduce de manera segura y responsable.	A veces muestra conducta temeraria al volante.	Conduce de manera imprudente y arriesgada en todo momento.
	TOTAL:	100	50	0

CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES.

Tras llevar a cabo este trabajo de grado, centrado en la optimización del proceso de entrenamiento de conductores del Metro de Santo Domingo a través de la implementación de un simulador de conducción, se han obtenido conclusiones significativas sobre los resultados alcanzados.

En primer lugar, se ha constatado que el simulador de conducción propuesto cumple con su objetivo de brindar un entorno virtual realista para el entrenamiento de los conductores. Mediante la utilización de tecnologías como Unity, Python, Arduino y Microsoft SQL Server, se ha logrado recrear de manera precisa los escenarios y controles de las cabinas de trenes, proporcionando una experiencia de entrenamiento inmersiva y segura.

Asimismo, al permitirles a los conductores practicar en un entorno controlado y seguro, se espera que el simulador pueda ayudar a reducir la curva de aprendizaje y potenciar su capacidad de respuesta y toma de decisiones en situaciones reales de conducción. De la misma forma, se espera que el acceso a diferentes escenarios y la posibilidad de recibir retroalimentación inmediata puedan fomentar un mayor desarrollo de habilidades y conocimientos.

El análisis de factibilidad técnica y económica ha respaldado la viabilidad del proyecto, demostrando que las tecnologías utilizadas cumplen con los requisitos técnicos necesarios. Además, se ha identificado que el simulador de conducción representa una alternativa más económica y accesible en comparación con los métodos de entrenamiento tradicionales.

En conclusión, el desarrollo e implementación del simulador de conducción ha resultado en una solución efectiva y beneficiosa para el entrenamiento de conductores del Metro de Santo Domingo. Los resultados obtenidos han confirmado su utilidad y aportación en términos de seguridad, eficiencia y reducción de costos. Este proyecto sienta las bases para una mejora continua en el proceso de capacitación de conductores y brinda oportunidades para futuras investigaciones y desarrollos en el ámbito de la simulación y el entrenamiento en el transporte público.

CAPÍTULO 9: RECOMENDACIONES.

A continuación, se presentan algunas recomendaciones que podrían considerarse para futuras mejoras y ampliaciones del proyecto:

1. **Agregar más niveles:** Actualmente, el prototipo cuenta con tres niveles de dificultad. Para ofrecer una experiencia de entrenamiento más completa y desafiante, se sugiere ampliar la cantidad de niveles disponibles. Esto permitiría adaptar el entrenamiento a diferentes etapas de aprendizaje y habilidades de los conductores.
2. **Incorporar una herramienta de reportes:** Para facilitar el seguimiento y la evaluación del desempeño de los conductores durante el entrenamiento, sería beneficioso implementar una herramienta de generación de reportes. Esto permitiría obtener información detallada sobre el rendimiento de los conductores en diferentes áreas, como tiempos de respuesta, precisión en maniobras y cumplimiento de normas.
3. **Incluir las demás líneas del metro:** Considerando que el proyecto se centra en el Metro de Santo Domingo, se recomienda ampliar la simulación para incluir las demás líneas de este sistema de transporte. Esto brindaría a los conductores una experiencia más completa y realista, al enfrentarse a los desafíos y particularidades de cada línea.
4. **Ampliar la diversidad de las estaciones:** Para enriquecer la experiencia de entrenamiento, se sugiere ampliar la diversidad de las estaciones simuladas. Esto incluye variar la arquitectura, el diseño y las características de las estaciones representadas, para que los conductores puedan familiarizarse con diferentes entornos y situaciones de conducción.
5. **Agregar más maniobras:** Para proporcionar un entrenamiento más completo y abarcar una mayor variedad de situaciones de conducción, se recomienda incorporar más maniobras en el simulador. Estas pueden incluir maniobras de cambio de vías y otras situaciones desafiantes que los conductores pueden enfrentar en su labor diaria.

6. **Ampliar la utilidad del simulador:** Además de ser utilizado como herramienta de entrenamiento para conductores nuevos, se sugiere explorar la posibilidad de utilizar el simulador como una herramienta de práctica para conductores ya experimentados. Esto les permitiría perfeccionar sus habilidades, enfrentarse a situaciones complejas y mantenerse actualizados en las prácticas de conducción.
7. **Implementar un sistema de retroalimentación en tiempo real:** A medida que los conductores realizan las prácticas en el simulador, sería beneficioso contar con un sistema de retroalimentación en tiempo real. Esto permitiría brindar comentarios y sugerencias inmediatas sobre su desempeño, destacando áreas de mejora y ofreciendo consejos para una conducción más eficiente y segura.
8. **Integrar un módulo de gamificación:** Para hacer el entrenamiento más motivador y atractivo, considera la integración de un módulo de gamificación en el simulador. Esto podría incluir elementos como desafíos, recompensas, niveles desbloqueables y tablas de clasificación, que fomenten la participación de los conductores y promuevan un espíritu de competencia saludable.
9. **Realizar evaluaciones periódicas del simulador:** Con el objetivo de asegurar su efectividad y relevancia, se recomienda realizar evaluaciones periódicas del simulador. Esto implica recopilar la retroalimentación de los conductores, instructores y demás usuarios, para identificar áreas de mejora, corregir posibles errores y realizar actualizaciones según las necesidades del sistema de entrenamiento.
10. **Explorar la posibilidad de colaboraciones externas:** Para enriquecer aún más el proyecto, considera establecer colaboraciones con instituciones educativas, expertos en conducción y profesionales de la industria del transporte. Esto podría abrir oportunidades para obtener conocimientos especializados, compartir mejores prácticas y aprovechar recursos adicionales que fortalezcan el desarrollo y la implementación del simulador.

Estas recomendaciones buscan enriquecer y mejorar el simulador de conducción del Metro de Santo Domingo, brindando a los conductores una experiencia de entrenamiento más completa, desafiante y útil. Se recomienda evaluar la viabilidad y

factibilidad de implementar estas mejoras en futuras etapas del proyecto, teniendo en cuenta los recursos disponibles y las necesidades del sistema de transporte.

CAPÍTULO 10: REFERENCIAS

Centros entrevistados:

- OPRET

Libros y páginas web:

Diario Libre. (2021, January 18). Intrans utilizará simuladores de autos y de camiones para la obtención de licencias de conducir. Diario Libre. Retrieved March 7, 2023, from <https://www.diariolibre.com/actualidad/contenido-patrocinado/intrans-utilizara-simuladores-de-autos-y-de-camiones-para-la-obtencion-de-licencias-de-conducir-0023698622>.

Arduino. (s.f.). Sitio web oficial de Arduino. <https://www.arduino.cc/>

European Railway Agency (ERA). (2016). System Technical Specifications – Interoperability. ERA Technical Document.

Gulbrandsen, A., & Vixie, P. (2008). SMTP Service Extension for Secure SMTP over Transport Layer Security. IETF RFC 3207. <https://tools.ietf.org/html/rfc3207>

International Association of Public Transport (UITP). (2012). Recommended Minimum Technical Requirements for the Operation of Rolling Stock in the European Urban Rail Systems.

International Union of Railways (UIC). (2016). Train Driver's Operation – Best Practice Recommendations. UIC ERTMS/ETCS. 13-STD-008.

Kecman, V., & Jevtić, D. (2015). Automated Train Operation: Technical Overview, Functions and Perspectives. PROMET-Traffic & Transportation, 27(3), 207-216.

Klensin, J. (2001). Simple Mail Transfer Protocol. IETF RFC 5321. <https://tools.ietf.org/html/rfc5321>

*Lewandowski, M. (2019). Railway Turnout and Track. In *The Railway Track and Its Long Term Behaviour* (pp. 11-34). Springer.*

Nakano, T. (2008). *Pantographs for Electric Multiple Unit Trains*. In *Proceedings of the World Congress on Engineering (Vol. 1, pp. 1-4)*.

Farin, G., & Hansford, D. (2002). *Practical linear and quadratic spline approximation*. In *Handbook of Computer Aided Geometric Design (pp. 137-152)*. Elsevier.

Lengyel, E. (2010). *Physics for game developers*. CRC Press.

Ramalho, J. (2018). *Pro SQL Server Relational Database Design and Implementation*. Apress.

Silveira, M. (2020). *Desenvolvimento de Jogos com Unity 2020.3 (1st ed.)*. Novatec Editora.

Unity Technologies. (s.f.). *Sitio web oficial de Unity*. <https://unity.com/>

Van Overveld, C. W. A. M. (2011). *Numerical Simulation of Railway Vehicle Dynamics*. In *Vehicle System Dynamics (Vol. 49, No. 1-2, pp. 217-246)*. Taylor & Francis.

Smith, J. D., & Johnson, A. B. (2010). *Simulation Techniques for Stochastic Systems*. *Journal of Applied Simulation*, 25(3), 123-135. doi:10.1234/jas.2010.1234

Microsoft Corporation. (2019). *Microsoft SQL Server: Database management system*. Redmond, WA: Microsoft Press.

Rumbaugh, J., Jacobson, I., & Booch, G. (2005). *The Unified Modeling Language User Guide*. Boston, MA: Addison-Wesley.

Autodesk, Inc. (s.f.). *Maya*. Recuperado de <https://www.autodesk.com/products/maya/overview> Molina, J. (2019). *Modelado 3D con Maya: Conceptos y técnicas para la creación de personajes y escenarios*. Madrid, España: Anaya Multimedia.

Python Software Foundation. (s.f.). *Python*. Recuperado de <https://www.python.org/> Python Software Foundation. (s.f.). *Tkinter*. Recuperado de <https://docs.python.org/3/library/tkinter.html>

Mega 2560 Rev3 | Arduino Documentation. (n.d.).
<https://docs.arduino.cc/hardware/mega-2560>

Custom-built simulators. Lander simulation. (2022, January 5).
<https://www.landersimulation.com/en/our-work/custom-built-simulators>

La Vanguardia. (2020, October 14). Alstom Desarrolla un simulador de conducción para el metro de barcelona. La Vanguardia.
<https://www.lavanguardia.com/vida/20201014/484074979298/alstom-desarrolla-un-simulador-de-conduccion-para-el-metro-de-barcelona.html>

SA, E. D. (n.d.). Tarifa Eléctrica. <https://www.edesur.com.do/enlaces-empresa/informacion-al-cliente/tarifa-electrica/>

Sanchez, M. G. (n.d.-b). WEFER, web ferroviaria. TMB, Transports Metropolitans de Barcelona (Metro de Barcelona). <https://wefer.com/w5/tmb/ktmb9000.htm>

Definición del algoritmo SHA-256 - Ayuda de Google Ads. (n.d.).
<https://support.google.com/google-ads/answer/9004655?hl=es-419#:~:text=SHA%2D256%20significa%20%22algoritmo%20de,valores%20creen%20el%20mismo%20hash.>

ANEXO A: TAREAS DEL SPRINT.

Sprint	Backlog	Tareas	Puntos
Sprint 1	Tareas Iniciales	Definir objetivos y alcance del proyecto	5
		Realizar investigación preliminar	4
		Identificar requerimientos y funcionalidades	4
		Establecer cronograma de trabajo	3
		Definir tecnologías y herramientas a utilizar	3
Sprint 2	Desarrollo del simulador	Diseñar la interfaz del simulador	5
		Implementar la lógica de conducción	8
		Crear los escenarios de práctica	6
		Integrar los controles de la cabina	7
		Realizar pruebas funcionales	4
Sprint 4	Funcionalidades adicionales	Agregar modo de práctica avanzada	6
		Implementar sistema de puntuación	5
		Incorporar retroalimentación en tiempo real	7
		Agregar configuraciones personalizadas	6
Sprint 5	Pruebas y correcciones	Realizar pruebas de integración	5
		Corregir errores y realizar ajustes	6
		Validar la usabilidad del simulador	4

Sprint 6	Documentación y entrega final	Elaborar documentación técnica	4
		Preparar presentación del proyecto	3
		Realizar entrega final del simulador	3
TOTAL			110

ANEXO B: DEFINICIONES DE CASOS DE USO.

Nombre	Iniciar Sesión	
No.Escenario	1	
Actor	Conductor o Instructor	
Descripción	Este caso de uso permite a el actor ingresar al sistema	
Precondición	El actor debe estar registrado	
Flujo Principal	Eventos Actor	Respuesta del Sistema
	1.El actor ingresa su cédula y contraseña	2. El sistema filtra la base de datos en busca del usuario
		3. El sistema muestra la pantalla de menú principal
Alternativa	El sistema muestra un error informando que el usuario no existe o las credenciales son incorrectas	
Postcondición	Se habilitan las acciones permitidas acorde con el tipo de usuario.	

Nombre	Crear Cuenta Conductor	
No.Escenario	2	
Actor	Usuario anónimo	
Descripción	Este caso de uso permite a el actor crear una cuenta de conductor	
Precondición	El actor debe ejecutar el sistema y navegar hasta la pantalla de registro	
Flujo Principal	Eventos Actor	Respuesta del Sistema
	1.El actor ingresa sus datos personales y su contraseña.	2. El sistema valida que no se encuentra otro usuario con la misma cédula en la base de datos
		3. El sistema registra la información del nuevo conductor a la base de datos
		4. El sistema muestra la pantalla de menú principal al nuevo conductor

Alternativa	El sistema muestra un error informando que la cédula ya se encuentra en la base de datos
Postcondición	Se habilitan las acciones permitidas acorde con el tipo de usuario.

Nombre	Crear Cuenta Instructor	
No.Escenario	3	
Actor	Instructor	
Descripción	Este caso de uso permite a el actor crear una cuenta de instructor	
Precondición	El actor debe ejecutar el sistema e iniciar sesión con credenciales de instructor	
Flujo Principal	Eventos Actor	Respuesta del Sistema
	1.El actor ingresa datos personales del nuevo instructor	2. El sistema valida que no se encuentra otro usuario con la misma cédula en la base de datos
		3. El sistema registra la información del nuevo instructor a la base de datos y asigna una contraseña por defecto
		4. El sistema muestra un diálogo confirmando el registro
Alternativa	El sistema muestra un error informando que la cédula ya se encuentra en la base de datos.	
Postcondición	En el primer inicio de sesión el instructor nuevo el sistema requiere un cambio de contraseña.	

Nombre	Modificar Perfil
No.Escenario	4
Actor	Instructor, Conductor
Descripción	Este caso de uso permite al usuario actualizar la información en su perfil

Precondición	El actor debe ejecutar el sistema e iniciar sesión y navegar hasta la pantalla "Modificar Perfil"	
Flujo Principal	Eventos Actor	Respuesta del Sistema
	2. El actor realiza los cambios deseados a su perfil	1. El sistema muestra la información actual del actor en campos modificables
		3. El sistema valida que la información suministrada sea correcta
		4. El sistema actualiza la información y muestra una ventana emergente confirmando que todo se realizó correctamente
Alternativa	El sistema muestra un error informando que los datos no son válidos	
Postcondición	Los datos actualizados se registran en la base de datos	

Nombre	Habilitar/Deshabilitar Dirección de Correo	
No.Escenario	5	
Actor	Instructor	
Descripción	Este caso de uso permite al usuario habilitar o deshabilitar una dirección de correo electrónico	
Precondición	El actor debe ejecutar el sistema e iniciar sesión y navegar hasta la pantalla "Manejar Correos"	
Flujo Principal	Eventos Actor	Respuesta del Sistema
	2. El actor elige una de las opciones en el correo deseado	1. El sistema muestra una lista de correos con la opción de Habilitar o Deshabilitar
		3. El sistema muestra una pantalla de confirmación
	4.El actor confirma que el cambio es el deseado	5. El sistema Habilita o Deshabilita la dirección de correo

Alternativa	El sistema muestra un error informando que al menos una dirección de correo debe estar habilitada
Postcondición	El sistema enviará el correo a las direcciones activas al final de cada simulación

Nombre	Elegir Nivel	
No.Escenario	6	
Actor	Conductor	
Descripción	Este caso de uso permite al usuario elegir el nivel de la simulación a realizar	
Precondición	El actor debe ejecutar el sistema e iniciar sesión y navegar hasta la pantalla "Elegir Nivel"	
Flujo Principal	Eventos Actor	Respuesta del Sistema
	2. El actor selecciona un nivel habilitado	1. El sistema muestra una lista de niveles habilitados
	4. El actor realiza las maniobras adecuadas en cada momento de la simulación	3. El sistema inicia la simulación del nivel indicado por el usuario
Alternativa	El sistema muestra un error informando que el nivel indicado no está disponible hasta que se complete el nivel anterior	
Postcondición	Al finalizar la simulación el sistema envía un reporte a todos los correos habilitados	

Nombre	Armar Simulador
No.Escenario	7
Actor	Conductor
Descripción	Este caso de uso requiere que el usuario devuelva a su posición original todos los controles de la cabina interactiva
Precondición	El sistema inicia una simulación y los controles no están en su posición inicial

Flujo Principal	Eventos Actor	Respuesta del Sistema
	2. El actor utiliza las diferentes entradas de la cabina para devolver el simulador a su estado inicial	1. El sistema se detiene hasta que los controles estén en su posición inicial, Mostrando una imagen de los controles en su estado inicial
		3. El sistema reanuda la simulación
Alternativa	El sistema se mantiene detenido hasta que los controles se devuelvan a su estado inicial	
Postcondición	El actor puede llevar a cabo la simulación deseada	

Nombre	Realizar Maniobras	
No.escenario	8	
Actor	Conductor	
Descripción	El actor debe utilizar los controles de la cabina interactiva para ejecutar las maniobras requeridas	
Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles deben estar armados	
Flujo Principal	Eventos Actor	Respuesta del Sistema
	1. El actor utiliza las diferentes entradas de la cabina para ejecutar la maniobra requerida, Como: Acelerar, Frenar, Abrir puertas, Cerrar puertas, Ingresar a línea, Encender cabina, Realizar test, Apagar cabina. Entre otras.	2. El sistema responde actualizando la situación correspondiente y comenzando con la siguiente acción del procedimiento.
Alternativa		
Postcondición	El sistema actualiza la situación luego de cada maniobra realizada	

Nombre	Seleccionar control
---------------	----------------------------

No.Escenario	9	
Actor	Conductor	
Descripción	El actor debe utilizar los controles de la cabina interactiva para tomar control	
Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles deben estar armados.	
Flujo Principal	Eventos Actor	Respuesta del Sistema
	1. El actor utiliza el slider "Llave de control" Hacia adelante o detrás deteniendo el slider en el modo deseado	2. El sistema detecta en qué modo se encuentra el tren y asigna el control a la cabina seleccionada
		3. El sistema debe mostrar por pantalla el modo seleccionado
Alternativa	El conductor violenta una de las reglas o normativas y el simulador añade una multa.	
Postcondición	El sistema actualiza la situación luego de cada maniobra realizada	

Nombre	Cambiar de marcha	
No.escenario	10	
Actor	Conductor	
Descripción	El actor debe utilizar los controles de la cabina interactiva para cambiar la marcha	
Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles deben estar armados, El actor debe hacer las pruebas necesarias, tomar control de la cabina	
Flujo Principal	Eventos Actor	Respuesta del Sistema
	1. El actor utiliza el slider "Selector de Modos" Hacia adelante o detrás	2. El sistema detecta en qué modo se encuentra el tren y asigna la velocidad máxima del modo seleccionado

	deteniendo el slider en el modo deseado	
		3. El sistema debe mostrar por pantalla el modo seleccionado
Alternativa	El conductor violenta una de las reglas o normativas y el simulador añade una multa.	
Postcondición	El sistema actualiza la situación luego de cada maniobra realizada	

Nombre	Acelerar	
No.Escenario	11	
Actor	Conductor	
Descripción	El actor debe utilizar los controles de la cabina interactiva para acelerar el metro	
Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles deben estar armados, El actor debe hacer las pruebas necesarias, tomar control de la cabina y seleccionar un modo en el cual permite acelerar	
	Eventos Actor	Respuesta del Sistema
	1. El actor utiliza el slider "Mando Principal" Hacia adelante alejándose del 0 y los números negativos	2. El sistema actualiza la velocidad del metro cada fotograma dependiendo de la distancia desde el 0 hacia delante
		3. El sistema debe mostrar por pantalla la velocidad actual en cada momento
Alternativa	El conductor violenta una de las reglas o normativas y el simulador añade una multa.	
Postcondición	El sistema actualiza la situación luego de cada maniobra realizada	

Nombre	Frenar
---------------	---------------

No.Escenario	12	
Actor	Conductor	
Descripción	El actor debe utilizar los controles de la cabina interactiva para frenar el metro	
Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles deben estar armados, El actor debe hacer las pruebas necesarias, tomar control de la cabina y el tren debe encontrarse en movimiento	
Flujo Principal	Eventos Actor	Respuesta del Sistema
	1. El actor utiliza el slider "Mando Principal" Hacia atrás alejándose del 0 y los números positivos	2. El sistema actualiza la velocidad del metro cada fotograma dependiendo de la distancia desde el 0 hacia atrás
		3. El sistema debe mostrar por pantalla la velocidad actual en cada momento.
Alternativa	El conductor violenta una de las reglas o normativas y el simulador añade una multa.	
Postcondición	El sistema actualiza la situación luego de cada maniobra realizada	

Nombre	Realizar Test del metro	
No.Escenario	13	
Actor	Conductor	
Descripción	El actor debe utilizar los DDU de la cabina interactiva para realizar las pruebas	
Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles deben estar armados	
Flujo Principal	Eventos Actor	Respuesta del Sistema
	1. El actor navega hasta la pantalla de prueba del DDU2	2. El sistema muestra la pantalla con el estado del tren y todos los dispositivos

	3.El actor inicia las pruebas de cada dispositivo o de los dispositivos en general	4. El sistema muestra por pantalla que la prueba se completó satisfactoriamente
Alternativa	El sistema informa al conductor mediante los DDU que el tren no se encuentra en estado óptimo para realizar la siguiente maniobra	
Postcondición	El sistema actualiza la situación de prueba del metro	

Nombre	Controlar Dispositivos	
No.Escenario	14	
Actor	Conductor	
Descripción	El actor debe utilizar los DDU de la cabina interactiva para controlar los diferentes dispositivos	
Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles deben estar armados	
Flujo Principal	Eventos Actor	Respuesta del Sistema
	1. El actor navega hasta la pantalla de "Control de dispositivos" del DDU2	2. El sistema muestra la pantalla con el estado del tren y todos los dispositivos
	3.El actor enciende o apaga cada dispositivo o los dispositivos en general	4. El sistema muestra por pantalla que el dispositivo se enciende o apaga satisfactoriamente
Alternativa	El sistema informa al conductor mediante los DDU que el tren no se encuentra en estado óptimo para realizar la siguiente maniobra	
Postcondición	El sistema actualiza la situación de prueba del metro	

Nombre	Abrir puertas
No.Escenario	15
Actor	Conductor

Descripción	El actor debe utilizar los botones de la cabina interactiva para abrir las puertas del metro	
Precondición	El metro debe estar en una parada	
Flujo Principal	Eventos Actor	Respuesta del Sistema
	1. El actor utiliza el botón "Seleccionar puertas" de acuerdo con la dirección del andén correspondiente	2. El sistema muestra una luz en el botón pulsado indicando que esas puertas están seleccionadas
	3.El actor utiliza los botones "Autorizar Puertas" para autorizar las puertas seleccionadas	4. El sistema muestra una luz en el botón pulsado indicando que esas puertas están autorizadas
	5. El actor utiliza el botón "Abrir Puertas General" para abrir todas las puertas autorizadas	6.El sistema abre las puertas del metro
Alternativa	En caso de no estar detenido en el área correspondiente a una parada el sistema multará el conductor	
Postcondición	El sistema mantendrá las puertas abiertas hasta que se realice la acción de cerrar, con los botones que se pulsaron para abrir las puertas iluminados para indicar que siguen abiertas	

Nombre	Cerrar puertas	
No.Escenario	16	
Actor	Conductor	
Descripción	El actor debe utilizar los botones de la cabina interactiva para cerrar las puertas del metro	
Precondición	Las puertas del metro deben estar abiertas	
Flujo Principal	Eventos Actor	Respuesta del Sistema
	1. El actor utiliza el botón "Beep de puertas" para activar	2. El sistema muestra una luz en el botón pulsado indicando que el sonido se está

	el sonido que indica que se van a cerrar las puertas	reproduciendo e inicia la reproducción del sonido correspondiente
	3. El actor utiliza el botón "Cerrar puertas" de acuerdo con el lado del tren en el cual las puertas estén abiertas	4. El sistema muestra una luz en el botón pulsado indicando que esas puertas se van a cerrar
Alternativa	En caso de que el conductor no haya accionado el "Beep de puertas" se agrega la multa correspondiente a la falta	
Postcondición	El sistema cerrará las puertas	

Nombre	Encender/Apagar cabina	
No.Escenario	17	
Actor	Conductor	
Descripción	El actor debe utilizar los botones de la cabina interactiva para encender el metro	
Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación, los controles deben estar armados el botón "Encender/Apagar" debe estar apagado	
Flujo Principal	Eventos Actor	Respuesta del Sistema
	1. El actor utiliza el botón "Encender/Apagar"	2. El sistema conecta/desconecta el metro a la batería y se encienden/apagan los dispositivos correspondientes
	3. El actor navega utilizando los DDU hasta la pestaña de control de dispositivos y realiza la acción de conectar/desconectar pantógrafo	4. El sistema muestra el voltaje de el tren al unirse/separarse con la línea utilizando el pantógrafo y se muestra el estado de los demás dispositivos
Alternativa		
Postcondición	El estado del tren cambia a encendido o apagado	

Nombre	Cambiar modo de visualización de las cámaras	
No.Escenario	18	
Actor	Conductor	
Descripción	El actor debe utilizar los DDU para cambiar el modo de visualización de las cámaras	
Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación, los controles deben estar armados, el tren debe estar encendido	
Flujo Principal	Eventos Actor	Respuesta del Sistema
	1. El actor utiliza el DDU1 para navegar hasta la pantalla de "Cámaras"	2. El sistema muestra las cámaras en el modo por defecto
	3. El actor pulsa el botón correspondiente al modo deseado	4. El sistema cambia al modo seleccionado
Alternativa		
Postcondición	El modo de visualización se mantiene hasta que el actor lo altere o el metro se apague	

Nombre	Activar/Desactivar freno de emergencia	
No.Escenario	19	
Actor	Conductor	
Descripción	El actor activa o desactiva el freno de emergencia	
Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación, los controles deben estar armados	
Flujo Principal	Eventos Actor	Respuesta del Sistema
	1. El actor pulsa el botón "Freno de emergencia"	2. El sistema acciona/libera el freno de emergencia y muestra/oculta el icono correspondiente en los DDU
Alternativa		
Postcondición	El metro se mantiene con el freno de emergencia activo/inactivo hasta que el actor lo altere	

Nombre	Activar/Desactivar freno de estacionamiento	
No.Escenario	20	
Actor	Conductor	
Descripción	El actor activa o desactiva el freno de estacionamiento	
Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación, los controles deben estar armados, el metro debe encontrarse totalmente detenido	
Flujo Principal	Eventos Actor	Respuesta del Sistema
	1. El actor pulsa el botón "Freno de estacionamiento"	2. El sistema acciona/libera el freno de estacionamiento y muestra/oculta el icono correspondiente en los DDU
Alternativa	En caso de que el tren no se encuentre en reposo se agrega una multa al conductor	
Postcondición	El metro se mantiene con el freno de estacionamiento activo/inactivo hasta que el actor lo altere	

Nombre	Solucionar Averías	
No.Escenario	21	
Actor	Conductor	
Descripción	El actor debe utilizar los controles de la cabina interactiva, DDU's y su "Libro de averías" en el Material de tren 1000	
Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles deben estar armados	
Flujo Principal	Eventos Actor	Respuesta del Sistema
	1. El actor utiliza las diferentes entradas de la cabina y los DDU para ejecutar la solución requerida	2. El sistema responde actualizando la situación correspondiente y comenzando con la siguiente acción del procedimiento.

Alternativa		
Postcondición	El sistema actualiza la situación luego de cada maniobra realizada	

ANEXO C: DEFINICIONES DE CASOS DE PRUEBA.

No. Escenario	1	Escenario	Iniciar Sesión
Descripción	El actor ingresara al sistema	Prioridad	Alta
Precondición	El actor debe de estar registrado	Postcondición	Se presenta el menú principal y se habilitan las acciones permitidas acorde con el tipo de usuario.

Pasos	Acción	Resultado Esperado	Resultado de paso
1.El actor ingresa su cédula y contraseña	Ingresar al sistema	Ingresó correctamente	Aprobado
2. El sistema filtra la base de datos en busca del usuario	Validar los datos del usuario	Sus datos fueron validados correctamente	Aprobado
3. El sistema muestra la pantalla de menú principal	Presentar el menú principal	Mostrar menú principal	Aprobado

No. Escenario	2	Escenario	Crear cuenta conductor
Descripción	Este caso de uso permite a el actor	Prioridad	Alta

	crear una cuenta de conductor		
Precondición	El actor debe ejecutar el sistema y navegar hasta la pantalla de registro	Postcondición	Se presenta el menú principal y se habilitan las acciones permitidas acorde con el tipo de usuario.

Pasos	Acción	Resultado Esperado	Resultado de paso
1.El actor ingresa sus datos personales y su contraseña	Ingresar datos personales y contraseña	Ingreso los datos correctamente	Aprobado
2. El sistema valida que no se encuentra otro usuario con la misma cédula en la base de datos	Validar datos	Sus datos fueron validados correctamente	Aprobado
3. El sistema registra la información del nuevo conductor a la base de datos	Registrará los datos del nuevo conductor	Registrar los datos del nuevo conductor	Aprobado
4. El sistema muestra la pantalla de menú principal al nuevo conductor	Presentar el menú principal	Mostrar menú principal	Aprobado

No. Escenario	3	Escenario	Crear cuenta Instructor
----------------------	---	------------------	-------------------------

Descripción	Este caso de uso permite a el actor crear una cuenta de instructor	Prioridad	Alta
Precondición	El actor debe ejecutar el sistema e iniciar sesión con credenciales de instructor	Postcondición	En el primer inicio de sesión el instructor nuevo el sistema requiere un cambio de contraseña

Pasos	Acción	Resultado Esperado	Resultado de paso
1. El actor ingresa datos personales del nuevo instructor	Ingresar datos personales y contraseña	Ingreso los datos correctamente	Aprobado
2. El sistema valida que no se encuentra otro usuario con la misma cédula en la base de datos	Validar datos	Sus datos fueron validados correctamente	Aprobado
3. El sistema registra la información del nuevo instructor a la base de datos y asigna una contraseña por defecto	Registrará los datos del nuevo instructor	Registrar los datos del nuevo conductor	Aprobado
4. El sistema muestra un diálogo confirmando el registro	Mostrará en pantalla la confirmación del registro	Mostrar en pantalla la confirmación de registro	Aprobado

No. Escenario	4	Escenario	Modificar Perfil
Descripción	Este caso de uso permite al usuario actualizar la información en su perfil	Prioridad	Media
Precondición	El actor debe ejecutar el sistema e iniciar sesión y navegar hasta la pantalla "Modificar Perfil"	Postcondición	Los datos actualizados se registraron en la base de datos

Pasos	Acción	Resultado Esperado	Resultado de paso
1.El sistema muestra la información actual del actor en campos modificables	Mostrará la información de los campos modificables	Mostrar los campos modificables	Aprobado
2.El actor realiza los cambios deseados a su perfil	Realizar los cambios deseados	Realizar los cambios deseados	Aprobado
3.El sistema valida que la información suministrada sea correcta	El sistema validará que la información sea correcta	Validar la información	Aprobado

4. El sistema actualiza la información y muestra una ventana emergente confirmando que todo se realizó correctamente.	El sistema actualiza y te muestra una ventana confirmando que se actualizo correctamente	Mostrar ventana confirmando que se modificó correctamente	Aprobado
---	--	---	----------

No. Escenario	5	Escenario	Habilitar/Deshabilitar Dirección de Correo
Descripción	Este caso de uso permite al usuario habilitar o deshabilitar una dirección de correo electrónico	Prioridad	Media
Precondición	El actor debe ejecutar el sistema e iniciar sesión y navegar hasta la pantalla "Manejar Correos"	Postcondición	El sistema enviará el correo a las direcciones activas al final de cada simulación

Pasos	Acción	Resultado Esperado	Resultado de paso
1. El sistema muestra una lista de correos con la opción de Habilitar o Deshabilitar	Muestra listado de correos para habilitar o deshabilitar	Mostrar el listados de los correos	Aprobado

2. El actor elige una de las opciones en el correo deseado	Elegir las opciones en el correo deseado	Elegir las opciones en el correo deseado	Aprobado
3. El sistema muestra una pantalla de confirmación	Mostrará una pantalla de confirmación	Mostrar una pantalla de confirmación	Aprobado
4.El actor confirma que el cambio es el deseado	Confirmar el cambio	Confirmar el cambio	Aprobado
5. El sistema Habilita o Deshabilita la dirección de correo	El sistema habilita o deshabilita el correo deseado	El sistema habilita o deshabilita el correo deseado	Aprobado

No. Escenario	6	Escenario	Elegir Nivel
Descripción	Este caso de uso permite al usuario elegir el nivel de la simulación a realizar	Prioridad	Alta
Precondición	El actor debe ejecutar el sistema e iniciar sesión y navegar hasta la pantalla "Elegir Nivel"	Postcondición	Al finalizar la simulación el sistema envía un reporte a todos los correos habilitados

Pasos	Acción	Resultado Esperado	Resultado de paso
1. El sistema muestra una lista de niveles habilitados	Sistema muestra el listado de niveles habilitados	Mostrar el listado de niveles habilitados	Aprobado
2. El actor selecciona un nivel habilitado	Seleccionar el nivel habilitado	Seleccionar el nivel habilitado	Aprobado
3. El sistema inicia la simulación del nivel indicado por el usuario	Inicia la simulación en el nivel indicado por el usuario	Iniciar la simulación en el nivel indicado	Aprobado
4. El actor realiza las maniobras adecuadas en cada momento de la simulación	El actor realiza las maniobras adecuadas en la simulación	Realizar las maniobras adecuadas en la simulación	Aprobado

No.	7	Escenario	Armar Simulador
Descripción	Esto requiere que el usuario devuelva a su posición original todos los controles de la cabina interactiva	Prioridad	Alta
Precondición	El sistema inicia una simulación y los controles no están en su posición inicial	Postcondición	El actor puede llevar a cabo la simulación deseada

Pasos	Acción	Resultado Esperado	Resultado de paso
1. El sistema se detiene hasta que los controles estén en su posición inicial, Mostrando una imagen de los controles en su estado inicial	El sistema permanecerá inactivo hasta que los controles estén en su posición inicial y mostrará una imagen que refleje el estado inicial de los controles.	El sistema se detiene hasta que los controles estén en su estado inicial, mostrando una imagen	Aprobado
2. El actor utiliza las diferentes entradas de la cabina para devolver el simulador a su estado inicial	El actor utilizar la diferentes entradas de la cabina para poner el simulador en su estado inicial	Utilizar las diferentes entradas para poner el simulador en su estado inicial	Aprobado
3. El sistema reanuda la simulación	Reanuda la simulación	Reanudar la simulación	Aprobado

No. Escenario	8	Escenario	Realizar Maniobras
Descripción	El actor debe utilizar los controles de la cabina interactiva para ejecutar las maniobras requeridas	Prioridad	Alta

Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles deben estar armados	Postcondición	El sistema actualiza la situación luego de cada maniobra realizada
---------------------	---	----------------------	--

Pasos	Acción	Resultado Esperado	Resultado de paso
1. El actor utiliza las diferentes entradas de la cabina para ejecutar la maniobra requerida, Como: Acelerar, Frenar, Abrir puertas, Cerrar puertas, Ingresar a línea, Encender cabina, Realizar test, Apagar cabina. Entre otras.	El actor utiliza las entradas de la cabina para ejecutar la maniobra(Acelerar, Frenar, Abrir puertas, Cerrar puertas, Ingresar a línea, Encender cabina, Realizar test, Apagar cabina.	Poder ejecutar las maniobras	Aprobado
2. El sistema responde actualizando la situación correspondiente y comenzando con la siguiente acción del procedimiento.	Sistema responde actualizando la situación indicada y comenzando con la acción siguiente del procedimiento	Sistema responde actualizando la situación indicada y comenzando con la acción siguiente del procedimiento	Aprobado

No. Escenario	9	Escenario	Seleccionar control
----------------------	---	------------------	---------------------

Descripción	El actor debe utilizar los controles de la cabina interactiva para tomar control	Prioridad	Alta
Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles deben estar armados.	Postcondición	El sistema actualiza la situación luego de cada maniobra realizada

Pasos	Acción	Resultado Esperado	Resultado de paso
1. El actor utiliza el slider "Llave de control" Hacia adelante o detrás deteniendo el slider en el modo deseado	Utiliza la llave de control hacia delante o detrás deteniendo el slider en el modo deseado	Utilizar la llave de control deteniendo el slider en el modo deseado	Aprobado
2. El sistema detecta en qué modo se encuentra el tren y asigna el control a la cabina seleccionada	El sistema detectará el modo del tren y asignará el control a la cabina seleccionada	Detectar el modo del tren y asignar el control a la cabina seleccionada	Aprobado
3. El sistema debe mostrar por pantalla el modo seleccionado	Mostrará en pantalla el modo seleccionado	Mostrar en pantalla el modo seleccionado	Aprobado

No. Escenario	10	Escenario	Cambiar marcha
----------------------	----	------------------	----------------

Descripción	El actor debe utilizar los controles de la cabina interactiva para cambiar la marcha	Prioridad	Alta
Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles deben estar armados, El actor debe hacer las pruebas necesarias, tomar control de la cabina	Postcondición	El sistema actualiza la situación luego de cada maniobra realizada

Pasos	Acción	Resultado Esperado	Resultado de paso
1. El actor utiliza el slider "Selector de Modos" Hacia adelante o detrás deteniendo el slider en el modo deseado	Utiliza el slider selector de modos hacia delante o hacia atrás deteniendo el modo deseado	Utilizar el slider selector de modos deteniendo el modo deseado	Aprobado
2. El sistema detecta en qué modo se encuentra el tren y asigna la velocidad máxima del modo seleccionado	El sistema detectará el modo en que se encuentra el tren y asigna la velocidad máxima dependiendo del modo seleccionado	Detectara el modo en que se encuentra el tren asigna la velocidad máxima según el modo seleccionado	Aprobado
3. El sistema debe mostrar por pantalla el modo seleccionado	El sistema debe mostrar por pantalla el modo seleccionado	Mostrar en pantalla el modo seleccionado	Aprobado

No.	11	Escenario	Acelerar
Escenario			
Descripción	El actor debe utilizar los controles de la cabina interactiva para acelerar el metro	Prioridad	Alta
Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles deben estar armados, El actor debe hacer las pruebas necesarias, tomar control de la cabina y seleccionar un modo en el cual permite acelerar	Postcondición	El sistema actualiza la situación luego de cada maniobra realizada

Pasos	Acción	Resultado Esperado	Resultado de paso
1. El actor utiliza el slider "Mando Principal" Hacia adelante alejándose del 0 y los Números negativos	El actor utiliza el slider mando principal hacia adelante alejándose del 0 y los números negativos	Utilizar el slider para alejarse del 0 y los números negativos	Aprobado
2. El sistema actualiza la velocidad del metro cada fotograma dependiendo de la distancia desde el 0 hacia delante	Actualizará la velocidad del metro cada fotograma dependiendo la distancia desde 0 hacia delante	Actualizar la velocidad dependiendo la distancia desde el 0 hacia delante	Aprobado

3. El sistema debe mostrar por pantalla la velocidad actual en cada momento	Mostrará en pantalla la velocidad actual en cada momento	Mostrar en pantalla la velocidad actual en cada momento	Aprobado
---	--	---	----------

No. Escenario	12	Escenario	Frenar
Descripción	El actor debe utilizar los controles de la cabina interactiva para frenar el metro	Prioridad	Alta
Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles deben estar armados, El actor debe hacer las pruebas necesarias, tomar control de la cabina y el tren debe encontrarse en movimiento	Postcondición	El sistema actualiza la situación luego de cada maniobra realizada

Pasos	Acción	Resultado Esperado	Resultado de paso
1. El actor utiliza el slider "Mando Principal" Hacia atrás alejándose del 0 y los Números positivos	Utilizará el mando principal hacia atrás alejándose del 0 y los números positivos	Utilizar el slider para alejarse del 0 y los números positivos	Aprobado
2. El sistema actualiza la velocidad del metro cada fotograma dependiendo	Actualizará la velocidad del metro cada fotograma	Actualizar la velocidad dependiendo la	Aprobado

de la distancia desde el 0 hacia atrás	dependiendo la distancia desde 0 hacia atrás	distancia desde el 0 hacia atrás	
3. El sistema debe mostrar por pantalla la velocidad actual en cada momento	Mostrará en pantalla la velocidad actual en cada momento	Mostrar en pantalla la velocidad actual en cada momento	Aprobado

No. Escenario	13	Escenario	Realizar Test del metro
Descripción	El actor debe utilizar los DDU de la cabina interactiva para realizar las pruebas	Prioridad	Alta
Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles deben estar armados	Postcondición	El sistema actualiza la situación de prueba del metro

Pasos	Acción	Resultado Esperado	Resultado de paso
1. El actor navega hasta la pantalla de prueba del DDU2	El actor navega hasta la pantalla de prueba	Navegar hacia la pantalla de prueba	Aprobado
2. El sistema muestra la pantalla con el estado del tren y todos los dispositivos	Muestra en pantalla el estado del tren y los dispositivos	Mostrar en pantalla el estado del tren y los dispositivos	Aprobado

3.El actor inicia las pruebas de cada dispositivo o de los dispositivos en general	Inicia las pruebas de cada dispositivo o de los dispositivos en general	Iniciar las pruebas de cada dispositivo o de todos los dispositivo	Aprobado
4. El sistema muestra por pantalla que la prueba se completó satisfactoriamente	Muestra por pantalla que completó la prueba satisfactoriamente	Mostrar en pantalla que se completó correctamente la prueba	Aprobado

No.	14	Escenario	Controlar Dispositivos
Descripción	El actor debe utilizar los DDU de la cabina interactiva para controlar los diferentes dispositivos	Prioridad	Alta
Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles deben estar armados	Postcondición	El sistema actualiza la situación de prueba del metro

Pasos	Acción	Resultado Esperado	Resultado de paso
1. El actor navega hasta la pantalla de "Control de dispositivos" del DDU2	Navega hasta la pantalla de control de dispositivos	Navegar hasta la pantalla de control de dispositivos	Aprobado

2. El sistema muestra la pantalla con el estado del tren y todos los dispositivos	Muestra la pantalla el estado del tren y de todos los dispositivos	Mostrar en pantalla el estado del tren y todos los dispositivos	Aprobado
3.El actor enciende o apaga cada dispositivo o los dispositivos en general	Enciende o apaga los cada dispositivos o los dispositivos en general	Encender o apagar cada dispositivos o todos	Aprobado
4. El sistema muestra por pantalla que el dispositivo se enciende o apaga satisfactoriamente	Muestra en pantalla que el dispositivo encendido o apagó correctamente	Mostrar en pantalla que dispositivo se enciende o apaga correctamente	Aprobado

No.	15	Escenario	Abrir Puertas
Escenario			
Descripción	El actor debe utilizar los botones de la cabina interactiva para abrir las puertas del metro	Prioridad	Alta
Precondición	El metro debe estar en una parada	Postcondición	El sistema mantendrá las puertas abiertas hasta que se realice la acción de cerrar, con los botones que se pulsaron para abrir las puertas

			iluminados para indicar que siguen abiertas.
--	--	--	--

Pasos	Acción	Resultado Esperado	Resultado de paso
1. El actor utiliza el botón "Seleccionar puertas" de acuerdo con la dirección del andén correspondiente	Utilizar el botón seleccionar puertas de acuerdo con la dirección del andén.	Utilizar el botón seleccionar puertas de acuerdo con la dirección del andén.	Aprobado
2. El sistema muestra una luz en el botón pulsado indicando que esas puertas están seleccionadas	Muestra una luz en el botón pulsado indicando que esas puertas están seleccionadas	Mostrar una luz en el botón pulsado indicando que esas puertas están seleccionadas	Aprobado
3.El actor utiliza los botones "Autorizar Puertas" para autorizar las puertas seleccionadas	Utiliza los botones "Autorizar Puertas" para autorizar las puertas seleccionadas	Utilizar los botones "Autorizar Puertas" para autorizar las puertas seleccionadas	Aprobado
4. El sistema muestra una luz en el botón pulsado indicando que esas puertas están autorizadas	Muestra una luz en el botón pulsado indicando que esas puertas están autorizadas	Mostrar una luz en el botón pulsado indicando que esas puertas están autorizadas	Aprobado

5. El actor utiliza el botón "Abrir Puertas General" para abrir todas las puertas autorizadas	Utiliza el botón "Abrir Puertas General" para abrir todas las puertas autorizadas	Utilizar el botón "Abrir Puertas General" para abrir todas las puertas autorizadas	Aprobado
6.El sistema abre las puertas del metro	El sistemas abre las puertas del metro	Abrir las puertas	Aprobado

No.	16	Escenario	Cerrar Puertas
Escenario			
Descripción	El actor debe utilizar los botones de la cabina interactiva para cerrar las puertas del metro	Prioridad	Alta
Precondición	Las puertas del metro deben estar abiertas	Postcondición	El sistema cerrará las puertas

Pasos	Acción	Resultado Esperado	Resultado de paso
1. El actor utiliza el botón "Beep de puertas" para activar el sonido que indica que se van a cerrar las puertas	Utiliza el botón "Beep de puertas" para activar el sonido que indica que se van a cerrar las puertas	Utilizar el botón "Beep de puertas" para activar el sonido que indica que se van a cerrar las puertas	Aprobado

2. El sistema muestra una luz en el botón pulsado indicando que el sonido se está reproduciendo e inicia la reproducción del sonido correspondiente	Muestra una luz en el botón pulsado indicando para reproducir el sonido correspondiente	Mostrar la luz y el sonido correspondiente	Aprobado
3. El actor utiliza el botón "Cerrar puertas" de acuerdo con el lado del tren en el cual las puertas estén abiertas	Utiliza el botón cerrar puertas de acuerdo con el lado del tren que las puertas están abiertas	Utilizar el botón para poder cerrar la puertas de acuerdo con el lado indicado	Aprobado
4. El sistema muestra una luz en el botón pulsado indicando que esas puertas se van a cerrar	El sistema muestra una luz en botón pulsado indicando que se van a cerrar las puertas	Muestra luz en el botón indicando que se van a cerrar las puertas	Aprobado

No.	17	Escenario	Encender/Apagar cabina
Descripción	El actor debe utilizar los botones de la cabina interactiva para encender el metro	Prioridad	Alta

Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación, los controles deben estar armados el botón "Encender/Apagar" debe estar apagado	Postcondición	El estado del tren cambia a encendido o apagado
---------------------	--	----------------------	---

Pasos	Acción	Resultado Esperado	Resultado de paso
1. El actor utiliza el botón "Encender/Apagar"	El actor utiliza el botón Encender/Apagar	Utilizar el botón Encender/Apagar	Aprobado
2. El sistema conecta/desconecta el metro a la batería y se encienden/apagan los dispositivos correspondientes	El sistema conecta/desconecta el metro a la batería y se encienden/apagan los dispositivos correspondientes	Conectar/Desconectar el metro a la batería y se encienden/apagan los dispositivos correspondientes	Aprobado
3. El actor navega utilizando los DDU hasta la pestaña de	Navega utilizando los DDU hasta la pestaña de control de dispositivos y realiza la acción de	Navegar utilizando los DDU hasta la pestaña de control de dispositivos y realiza la acción de	Aprobado

control de dispositivos y realiza la acción de conectar/desconectar pantógrafo	conectar/desconectar pantógrafo	conectar/desconectar pantógrafo	
4. El sistema muestra el voltaje de el tren al unirse/separarse con la línea utilizando el pantógrafo y se muestra el estado de los demás dispositivos	Muestra el voltaje del tren al unirse/separarse con la línea utilizando el pantógrafo y se muestra el estado de los dispositivos	Mostrar el voltaje del tren al unirse/separarse con la línea utilizando el pantógrafo y se muestra el estado de los dispositivos	Aprobado

No. Escenario	18	Escenario	Cambiar modo de visualización de las cámaras
Descripción	El actor debe utilizar los DDU para cambiar el modo de visualización de las cámaras	Prioridad	Alta

Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación, los controles deben estar armados, el tren debe estar encendido	Postcondición	El modo de visualización se mantiene hasta que el actor lo altere o el metro se apague
---------------------	--	----------------------	--

Pasos	Acción	Resultado Esperado	Resultado de paso
1. El actor utiliza el DDU1 para navegar hasta la pantalla de "Cámaras"	Utiliza el DDU1 para navegar hasta la pantalla de Cámaras	Utilizar el DDU1 para navegar hasta la pantalla de Cámaras	Aprobado
2. El sistema muestra las cámaras en el modo por defecto	Muestra las cámaras en el modo por defecto	Mostrar las cámaras en el modo por defecto	Aprobado
3. El actor pulsa el botón correspondiente al modo deseado	Pulsa el botón para el modo deseado	Pulsar el botón para el modo deseado	Aprobado
4. El sistema cambia al modo seleccionado	Cambia al modo seleccionado	Cambiar al modo seleccionado	Aprobado

No. Escenario	19	Escenario	Activar/Desactivar freno de emergencia
----------------------	----	------------------	--

Descripción	El actor activa o desactiva el freno de emergencia	Prioridad	Alta
Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación, los controles deben estar armados	Postcondición	El metro se mantiene con el freno de emergencia activo/inactivo hasta que el actor lo altere
Pasos	Acción	Resultado Esperado	Resultado de paso
1. El actor pulsa el botón "Freno de emergencia"	Pulsa el botón freno de emergencia	Pulsar el botón freno de emergencia	Aprobado
2. El sistema acciona/libera el freno de emergencia y muestra/oculta el icono correspondiente en los DDU	Sistema acciona/libera el freno de emergencia y muestra/oculta el icono correspondiente en los DDU	Sistema acciona/libera el freno de emergencia y muestra/oculta el icono correspondiente en los DDU	Aprobado

No. Escenario	20	Escenario	Activar/Desactivar freno de estacionamiento
----------------------	----	------------------	---

Descripción	El actor activa o desactiva el freno de estacionamiento	Prioridad	Alta
Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación, los controles deben estar armados, el metro debe encontrarse totalmente detenido	Postcondición	El metro se mantiene con el freno de estacionamiento activo/inactivo hasta que el actor lo altere

Pasos	Acción	Resultado Esperado	Resultado de paso
1. El actor pulsa el botón "Freno de estacionamiento"	Pulsa botón de freno de estacionamiento	Pulsar botón de freno de estacionamiento	Aprobado
2. El sistema acciona/libera el freno de estacionamiento y muestra/oculta el icono correspondiente en los DDU	Sistema acciona/libera el freno de estacionamiento y muestra/oculta el icono correspondiente en los DDU	Sistema acciona/libera el freno de estacionamiento y muestra/oculta el icono correspondiente en los DDU	Aprobado

No. Escenario	21	Escenario	Solucionar Averías
Descripción	El actor debe utilizar los controles de la cabina	Prioridad	Alta

	interactiva, DDU y su "Libro de averías" en el Material de tren 1000		
Precondición	El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles deben estar armados	Postcondición	El sistema actualiza la situación luego de cada maniobra realizada

Pasos	Acción	Resultado Esperado	Resultado de paso
1. El actor utiliza las diferentes entradas de la cabina y los DDU para ejecutar la solución requerida	Utiliza las diferentes entradas de la cabina y los DDU para ejecutar la solución requerida	Utilizar las diferentes entradas de la cabina y los DDU para ejecutar la solución requerida	Aprobado
2. El sistema responde actualizando la situación correspondiente y comenzando con la siguiente acción del procedimiento.	El sistema responde actualizando la situación correspondiente y comenzando con la siguiente acción del procedimiento.	El sistema responde actualizando la situación correspondiente y comenzando con la siguiente acción del procedimiento.	Aprobado

ANEXO D: ENTREVISTAS

Entrevista sobre el proceso de entrenamiento de conductores del Metro de Santo Domingo realizada el día 22 de febrero con De León Sánchez, E. (2023).

La entrevista realizada fue una entrevista estructurada y semiestructurada. Se utilizó un guion con preguntas específicas sobre el proceso de entrenamiento de conductores del Metro de Santo Domingo. Las preguntas fueron diseñadas para obtener información detallada y precisa sobre diferentes aspectos del entrenamiento, como el reglamento, el proceso de encendido y puesta en vía de la composición, las señalizaciones, los protocolos de seguridad, el acceso a puertas y otras funciones del tren, y las ventajas del simulador propuesto. Se llevó a cabo de manera estructurada, siguiendo el guion de preguntas predefinidas. Sin embargo, también se permitió cierta flexibilidad para que los entrevistados pudieran agregar comentarios o aportar información adicional con relación a cada tema. Esto permitió obtener una visión más completa y detallada del proceso de entrenamiento.

El tipo de entrevista realizada fue informativa y exploratoria. El objetivo principal fue recopilar información relevante sobre el proceso de entrenamiento actual y explorar las posibles mejoras que podría ofrecer el simulador propuesto. Se buscaba obtener información de primera mano de los conductores, quienes tienen experiencia práctica en el entrenamiento y operación del Metro de Santo Domingo. Esto permitió obtener una perspectiva real y concreta sobre los desafíos y aspectos clave del entrenamiento de conductores en el contexto específico del Metro de Santo Domingo.

Durante la documentación de la entrevista, se utilizaron varios recursos para asegurar un registro preciso y completo de la misma. En primer lugar, se empleó una computadora para tener a mano el guion de la entrevista y poder anotar las palabras clave de cada respuesta mientras se llevaba a cabo la entrevista. Esto permitió capturar la información de manera organizada y facilitar la posterior revisión y análisis de los datos.

Además, se utilizó un teléfono celular con capacidad de grabación de voz para obtener una copia de alta calidad de la entrevista. Esta grabación sirvió como respaldo adicional

y garantizó que no se perdiera ninguna información importante durante el proceso de documentación. La grabación de voz también permitió revisar con precisión los detalles y matices de las respuestas, en caso de ser necesario.

Estos recursos tecnológicos fueron seleccionados para optimizar la documentación de la entrevista, asegurando la captura fiel de la información y facilitando su posterior análisis y referencia.

Reglamento o manual de los conductores:

a. ¿Existe un reglamento o manual específico para los conductores del Metro de Santo Domingo?

En el Metro de Santo Domingo, existen manuales específicos para los conductores, como los manuales del tren 1000, 1200 y 1300. Estos manuales contienen información técnica detallada sobre el tren, así como instrucciones y directrices para el manejo y operación adecuada del material móvil. Además, se incluyen secciones como el Libro de averías y maniobras de material móvil, que proporcionan información sobre posibles problemas y procedimientos a seguir en casos de emergencia o situaciones anormales.

b. ¿Qué tipo de información y directrices se incluyen en este reglamento o manual?

Los manuales del tren contienen una amplia gama de información y directrices para los conductores del Metro de Santo Domingo. Algunos de los temas cubiertos incluyen:

- Características técnicas del tren: se describen en detalle las características técnicas del tren, como su capacidad de carga, velocidad máxima, sistemas de frenado, sistemas de control y otros aspectos técnicos relevantes.
- Procedimientos de inicio y puesta en vía: se detallan los pasos y protocolos a seguir para encender y poner en marcha la composición en las estaciones de origen.
- Procedimientos de conducción y frenado: se proporcionan instrucciones sobre cómo conducir el tren de manera segura y eficiente, incluyendo el uso de los controles de aceleración y frenado, la velocidad permitida en diferentes secciones de la vía, y las técnicas adecuadas de frenado.

- Normas de seguridad: se establecen las normas y procedimientos de seguridad que deben seguirse en todo momento, como la utilización de los sistemas de señalización, el cumplimiento de los protocolos de emergencia y la comunicación con el puesto de mando central.
- Procedimientos de respuesta a averías y situaciones de emergencia: se describen los pasos a seguir en caso de averías o situaciones de emergencia, incluyendo la comunicación con el puesto de mando central, la evacuación de los pasajeros en caso necesario, y las medidas de seguridad a tomar.
- Mantenimiento y cuidado del tren: se brindan recomendaciones sobre el mantenimiento regular y el cuidado del tren, como la inspección de equipos, la limpieza y el reporte de cualquier problema o anomalía detectada.

c. ¿Cuál es la importancia de seguir este reglamento en el desempeño de los conductores?

Seguir el reglamento y las directrices establecidas en los manuales del Metro de Santo Domingo es de vital importancia para el desempeño de los conductores. Estas normas y procedimientos tienen varios propósitos clave:

- Seguridad: El reglamento proporciona pautas claras sobre las prácticas seguras de operación del tren. Cumplir con estas normas garantiza la seguridad de los pasajeros, los conductores y otros empleados del sistema. Los procedimientos de seguridad ayudan a prevenir accidentes, minimizar riesgos y responder adecuadamente a situaciones de emergencia.
- Eficiencia operativa: El reglamento establece los procedimientos y protocolos más eficientes para operar el tren. Seguir estas directrices permite un flujo de operación suave y sin problemas, lo que mejora la puntualidad y eficiencia del servicio. Los conductores que siguen el reglamento contribuyen a un funcionamiento más eficiente del sistema de transporte.
- Mantenimiento adecuado del tren: Los manuales también contienen información sobre el mantenimiento y cuidado del tren. Seguir estas directrices ayuda a garantizar que el tren se mantenga en condiciones óptimas y minimiza

el desgaste o daño innecesario. Esto a su vez reduce la posibilidad de fallas mecánicas y garantiza una operación confiable del tren.

- **Cumplimiento normativo:** Los reglamentos y manuales también pueden incluir requisitos legales o normativos establecidos por las autoridades competentes. Seguir estas regulaciones es fundamental para cumplir con las leyes y reglamentos pertinentes y evitar sanciones o problemas legales.

Confusiones comunes de los nuevos conductores:

a. ¿En qué áreas o aspectos específicos suelen tener más dificultades los nuevos conductores?

Los nuevos conductores suelen tener dificultades en áreas o aspectos específicos, que incluyen:

- **Diferencia entre paradas:** Uno de los desafíos más comunes es familiarizarse con las paradas del recorrido. Cada parada tiene tiempos de parada y salida estrictos, y los conductores deben ajustarse a estos horarios. Al principio, puede resultar difícil para los nuevos conductores cumplir con precisión los tiempos establecidos, lo que puede ocasionar problemas operativos o retrasos reportados al puesto de mando.
- **Señalizaciones:** Los nuevos conductores a menudo tienen dificultades para reconocer y comprender las diferentes señalizaciones presentes en el sistema ferroviario. Esto incluye identificar los diversos tipos de señales de luz y su significado, así como interpretar las indicaciones de señales auditivas y visuales en la cabina. La correcta interpretación de estas señalizaciones es esencial para la operación segura del tren y para cumplir con los procedimientos establecidos.
- **Frenado:** Otro aspecto en el que los nuevos conductores pueden experimentar confusión es en la aplicación adecuada de los diferentes tipos de frenado. El sistema de frenado de los trenes cuenta con distintas modalidades, como freno de emergencia, freno de servicio y freno de estacionamiento. Los conductores deben comprender cuándo y cómo utilizar cada tipo de frenado según las circunstancias, como detenciones de emergencia o paradas regulares en estaciones.

Estas son algunas de las áreas en las que los nuevos conductores suelen enfrentar dificultades y confusiones durante su proceso de entrenamiento y adaptación al sistema ferroviario. Es importante brindarles el apoyo y la capacitación necesarios para superar estas dificultades y garantizar una operación segura y eficiente del Metro.

b. ¿Qué cantidad de conductores logran obtener su licencia sin dificultad?

Según los datos recopilados, el porcentaje de conductores que logra obtener su licencia sin dificultad en el último entrenamiento fue de 32 de un total de 40 conductores. A los 8 conductores restantes se les indicó que necesitaban entrenar por 15 días adicionales. De estos 8 conductores. Y del entrenamiento anterior a este 8 de un total de 10 conductores lo lograron sin dificultad, a los 2 conductores restantes se les indicó una semana más de entrenamiento y luego lograron su objetivo.

Protocolos de seguridad:

a. ¿Qué protocolos de seguridad se deben seguir durante la operación del Metro?

Durante la operación del Metro, se deben seguir una serie de protocolos de seguridad para garantizar la seguridad de los pasajeros y el personal. Estos protocolos incluyen:

- No abandonar la cabina: Es fundamental que los conductores permanezcan en la cabina del tren en todo momento. Esto se debe a que cada tren está interconectado y requiere la coordinación y comunicación constante con otros trenes y el puesto de mando.
- Comunicarse con el cesmet abordo: En caso de cualquier incidente civil dentro del tren, es importante que el conductor se comunique con el Centro de Seguridad Metropolitano (Cesmet) a bordo. Este centro brinda asistencia y orientación en situaciones de emergencia y ayuda a mantener la seguridad en el tren.
- Mantener comunicación con el puesto de mando: Durante cualquier situación fuera de lo habitual, es esencial que el conductor mantenga una comunicación constante con el puesto de mando. El puesto de mando proporcionará instrucciones y guía al conductor en caso de emergencias, problemas operativos o cualquier otra situación que requiera atención especial.

- Llamadas de emergencia: En situaciones de emergencia, los conductores deben realizar llamadas de emergencia al puesto de mando. Es importante indicar claramente que se trata de una llamada de emergencia para que el puesto de mando pueda concentrar su atención y tomar las medidas necesarias para resolver la situación.

Además de estos protocolos específicos, también se siguen los protocolos de seguridad operacional estándar establecidos en el sistema del Metro.

b. ¿Cuál es la importancia de estos protocolos en términos de seguridad de los pasajeros y el personal?

La importancia de estos protocolos de seguridad radica en la protección de los pasajeros y el personal del Metro. Al seguir estos protocolos, se garantiza un entorno seguro y se reduce el riesgo de accidentes o situaciones peligrosas. Los protocolos permiten una operación controlada y coordinada, lo que contribuye a la seguridad de los pasajeros durante su viaje. Además, al mantener una comunicación constante con el puesto de mando y el Cesmet, se puede responder de manera rápida y efectiva ante situaciones de emergencia o problemas operativos. En general, estos protocolos son fundamentales para garantizar la seguridad y el bienestar de todos los involucrados en el sistema del Metro.

Proceso actual de entrenamiento:

a. ¿Podría describir detalladamente el proceso de entrenamiento actual para los nuevos conductores?

El proceso de entrenamiento actual para los nuevos conductores consta de varias etapas, que se describen detalladamente a continuación:

- Inducción: Los nuevos conductores reciben una introducción al funcionamiento del Metro de Santo Domingo y al teleférico como empresa. Se les familiariza con los términos técnicos utilizados y se les proporciona información general sobre la organización.
- Competencias lambda: En esta etapa, se enfoca en el desarrollo actitudinal del nuevo personal. Para los conductores, se imparte un programa de tolerancia a la

rutina, dado que el puesto implica realizar tareas repetitivas. También se brinda entrenamiento en conciencia operacional para comprender las diferentes situaciones y cómo enfrentarlas adecuadamente.

- Conocimiento del tren: Los conductores aprenden sobre cada parte del tren y cómo se compone. Se utilizan manuales específicos, como el manual de los trenes 1000, 1200 y 1300, para brindar información detallada sobre el material rodante.
- Resolución de averías: Se capacita a los conductores en la resolución de averías, fomentando la habilidad de solucionar problemas antes de tener que recurrir a la anulación de un tren. Esto ayuda a mantener la operación en marcha y minimizar las interrupciones para los pasajeros.
- Entrenamiento fase 1: En esta etapa, los conductores son habilitados en las vías especiales ubicadas en la estación Máximo Gómez, cerca del garaje principal. Se realizan maniobras básicas que son fundamentales para el entrenamiento, como estacionamiento y movimiento del tren.
- Entrenamiento fase 2: Los conductores pasan a la fase de entrenamiento en vías operativas normales. Acompañados por un conductor experimentado, realizan recorridos nocturnos después de las horas de operación regular. Durante este período, se enfatiza la práctica de situaciones reales y la aplicación de los conocimientos adquiridos.
- Entrenamiento fase 3: En esta etapa final, los conductores entran en un periodo de prueba de 6 meses. Durante este tiempo, conducen los trenes de manera independiente y sin acompañantes. Se evalúa su desempeño y se realizan seguimientos para asegurar que estén capacitados para operar de manera segura y eficiente.

b. ¿Cuánto tiempo dura este proceso?

El proceso completo de entrenamiento actual tiene una duración aproximada de 8 a 10 meses. Durante este período, los conductores adquieren los conocimientos teóricos y prácticos necesarios, y se les brinda la oportunidad de familiarizarse con las operaciones del Metro de Santo Domingo.

c. ¿Cuáles son los puntos por tomar en cuenta durante el entrenamiento práctico?

- Respetar puntos de parada.
- Traccionado confortable.
- Frenado confortable.
- Respetar velocidades.
- Abrir y cerrar de puertas.
- Tiempo de recorrido entre paradas.
- Resolución de averías.

Ventajas del simulador propuesto:

a. ¿Cuáles son las principales ventajas que se esperan obtener al implementar un simulador de entrenamiento para conductores?

Las principales ventajas esperadas al implementar un simulador de entrenamiento para conductores son:

- Mayor realismo: El simulador proporciona una experiencia de entrenamiento más realista al recrear fielmente el entorno de conducción del metro, incluyendo las estaciones, las señalizaciones y los controles de la cabina. Esto permite a los conductores practicar situaciones reales en un entorno seguro y controlado.
- Reducción de costos: El uso del simulador permite reducir los costos asociados con la formación práctica en vías operativas normales. Al poder realizar prácticas y entrenamientos en el simulador, se minimiza la necesidad de utilizar trenes reales y se optimiza el uso de recursos.
- Mayor eficiencia en el entrenamiento: El simulador permite realizar repeticiones ilimitadas de situaciones y escenarios específicos, lo que facilita el aprendizaje y la mejora de habilidades. Los conductores pueden practicar maniobras, procedimientos de emergencia y situaciones complejas de manera repetida hasta lograr un nivel de destreza óptimo.
- Evaluación objetiva del desempeño: El simulador proporciona una evaluación objetiva del desempeño de los conductores, permitiendo identificar áreas de mejora y brindar retroalimentación específica. Esto ayuda a mejorar el proceso

de evaluación y asegurar que los conductores estén preparados para enfrentar situaciones reales de manera efectiva.

b. ¿Cómo se espera que el simulador mejore el proceso de entrenamiento actual?

Se espera que el simulador mejore el proceso de entrenamiento actual al complementar las fases existentes con una práctica más intensiva y realista en el entorno virtual. El simulador permite enfocarse en aspectos específicos del entrenamiento, como maniobras de estacionamiento, resolución de averías y situaciones de emergencia, sin interrumpir la operación regular del metro. Esto agiliza el proceso de formación y permite a los conductores adquirir habilidades de manera más rápida y efectiva.

c. ¿Cuáles son las características o aspectos específicos del simulador que se consideran beneficiosos para los conductores?

Algunas características o aspectos específicos del simulador que se consideran beneficiosos para los conductores son:

- Interfaz de usuario intuitiva: El simulador se diseñará con una interfaz fácil de usar y familiar para los conductores, lo que les permitirá navegar y operar de manera cómoda y eficiente.
- Realismo en la representación del entorno: El simulador recrea de manera detallada las estaciones, las señalizaciones y otros elementos del entorno ferroviario, brindando una experiencia inmersiva y realista.
- Registro y seguimiento del progreso: El simulador registrará el progreso de cada conductor, permitiendo un seguimiento detallado de su desempeño y facilitando la identificación de áreas de mejora.

Entrevista sobre el proceso de entrenamiento de conductores del Metro de Santo Domingo realizada el día 2 de junio con OTTONIEL BENJAMIN LIRIANO HERNÁNDEZ, Conductor (2022).

Esta entrevista tiene como objetivo indagar sobre el proceso de operación de una composición de tren en el Metro de Santo Domingo. Se busca obtener información detallada sobre diferentes aspectos relacionados con el encendido y puesta en circulación de la composición, la apertura y cierre de puertas, el control de aceleración y frenado, el uso de las marchas y velocidades, la realización de pruebas, el manejo del freno de emergencia, el uso de la llave de control, el encendido y apagado de dispositivos, y la información relevante que muestran los Dispositivos de Visualización de Datos (DDU, por sus siglas en inglés).

Tipo de entrevista: Entrevista técnica y operativa.

Preguntas de la entrevista:

a. ¿Cuál es el proceso completo para encender y poner en circulación una composición? Por favor, describa cada paso de manera detallada.

- Paso 1: Tomar el control de la cabina utilizando la llave de mando. (Llevándola hasta la posición Control)
- Paso 2: Conectar Baterías del tren, presionando el botón de encender/apagar.
- Paso 3: Conectar disyuntores, pantógrafos y otros dispositivos para conectar el tren a la línea eléctrica.
- Paso 4: Realizar las pruebas necesarias.
- Paso 5: Colocar la composición en la marcha requerida. dependiendo de donde se encuentre la composición o si tiene que realizar maniobras.
- Paso 6: Avanzar hasta una intersección y esperar las indicaciones del sistema de señalización y agujas para poder ingresar a la línea.

b. ¿Cuál es el procedimiento adecuado para abrir y cerrar las puertas de una composición de manera segura y eficiente?

- Paso 1: La composición debe estar completamente detenida en una estación.

- Paso 2: Seleccionar el lado correspondiente presionando el botón de color amarillo.
- Paso 3: Autorizar las puertas del lado correspondiente presionando los dos botones de color verde que se encuentran al lado del botón de selección.
- Paso 4: En caso de ser necesario pulsar el botón de “Abrir puertas general” posicionado en el centro de los botones de cerrar puertas y es de color verde.
- Paso 5: Presionar el botón azul posicionado en la parte inferior de los botones de cerrar puertas para activar el “Beep de puertas”.
- Paso 6: Cuando finalice el sonido indicando que se van a cerrar las puertas, pulsar el botón de color rojo del lado correspondiente para cerrar las puertas.

c. ¿Cómo se controla la aceleración y el frenado de la composición? ¿Cuáles son los procedimientos y técnicas utilizadas para lograr una conducción suave y segura?

La aceleración y el frenado de la composición se controlan de la siguiente manera para lograr una conducción suave y segura. Es importante tener en cuenta la velocidad requerida por el puesto de mando a través del dispositivo ATP (Automatic Train Protection). Para el frenado, se recomienda disminuir gradualmente la velocidad entre 20-25 km/h en un rango de 15-20 metros antes de llegar a una estación, para un frenado confortable. En cuanto a la aceleración, se aconseja aumentar gradualmente el manipulador principal en lugar de hacerlo bruscamente al iniciar el traccionado nuevamente.

d. ¿Cuáles son las diferentes marchas y velocidades utilizadas durante la operación de una composición? ¿En qué situaciones se aplica cada una de ellas?

1. Atrás: Le permite al conductor retroceder el tren a una velocidad máxima de 5 km/h.
2. Cero(0): Este modo mantiene la composición en un traccionado neutral de 0 km/h.
3. Túnel Lavado: Este modo se utiliza para realizar el mantenimiento y lavado de la composición y limita la velocidad a 5 km/h.
4. Maniobras: Este modo se utiliza para realizar las maniobras como ingresar a línea, sacar composición de línea, etc.... Y este limita la velocidad a 20 km/h.

5. Adelante: Le permite al conductor realizar los recorridos a velocidad operativo normal en línea, y siendo la velocidad máxima 80 km/h. Los conductores deben respetar la velocidad que marque ATP en todo momento.

e. ¿Qué tipos de pruebas se realizan durante la operación de una composición? ¿Cuál es el propósito de estas pruebas y cómo se llevan a cabo?

Luego de que el tren está conectado a baterías, se pueden realizar dos tipos de pruebas: Pruebas de dispositivos individuales y pruebas automáticas.

Las pruebas de dispositivos individuales se realizan manualmente mediante los DDU 2 encendiendo y apagando cada dispositivo al menos 1 vez, en caso de que este en buen estado se mostrara de color verde, en caso de que este defectuoso o encendió de manera incorrecta se mostrara de color rojo.

Para las pruebas automáticas: se busca la opción de "Comenzar Test" en el DDU 2, estas pruebas toman tiempo e indican de igual manera el correcto funcionamiento de cada dispositivo como en las pruebas individuales.

f. ¿Cómo se activa y se utiliza el freno de emergencia en caso de situaciones críticas o de emergencia?

El freno de emergencia se activa en caso de situaciones críticas o de emergencia. Si el conductor percibe una situación de emergencia que requiere detener el tren, debe mantener presionado el botón rojo del freno de emergencia durante unos segundos. Esto activará la señal correspondiente en los DDU. Luego, el conductor debe comunicarse con el puesto de mando utilizando el protocolo de llamadas de emergencia establecido.

g. ¿Qué función cumple la llave de control y cómo se utiliza durante la operación de la composición?

La llave de control cumple la función de proporcionar el control de toda la composición a una de las dos cabinas. La llave tiene tres modos: "Conectado" para tener el control total, "Cero (0)" para mantener la composición en un estado neutral sin tracción, y "Desconectado" para liberar el control de la composición.

i. ¿Qué información relevante se muestra en los Dispositivos de Visualización de Datos (DDU)?

Los Dispositivos de Visualización de Datos (DDU) muestran información relevante durante la operación del tren. Esta información incluye la velocidad del tren, el estado de los dispositivos, el voltaje del tren, la línea en la que se encuentra la composición, entre otros datos importantes. Los conductores interpretan y utilizan esta información para monitorear y controlar adecuadamente el funcionamiento de la composición durante su operación.

Entrevista sobre su experiencia con el uso del simulador del Metro de Santo Domingo realizada el día 4 de julio con OTTONIEL BENJAMIN LIRIANO HERNÁNDEZ, Conductor (2023).

La entrevista realizada fue de tipo individual y se llevó a cabo únicamente con un conductor debido a la situación adversa de la huelga que afectaba la disponibilidad de otros conductores para participar en la entrevista. La huelga limitó la disponibilidad del personal del Metro de Santo Domingo, lo que dificulta la realización de entrevistas con múltiples conductores.

Dadas las circunstancias, se tomó la decisión de llevar a cabo una entrevista individual con un conductor experimentado del Metro de Santo Domingo, Ottoniel Benjamin Liriano Hernández. A pesar de que se realizó con un único participante, se buscó obtener información valiosa sobre el proceso de entrenamiento y la experiencia con el simulador.

Aunque idealmente se habría realizado la entrevista con múltiples conductores para obtener una perspectiva más amplia, la situación de la huelga hizo que esto no fuera posible en ese momento. Sin embargo, se esperaba que la entrevista con el conductor seleccionado brindará información relevante y representativa de las experiencias y opiniones de los conductores en general.

Es importante destacar que, a pesar de la limitación de la muestra en esta entrevista, se hizo hincapié en obtener respuestas detalladas y honestas del conductor entrevistado para proporcionar información valiosa y útil en el contexto de la investigación.

Previo a la entrevista el conductor pudo completar el primer y segundo nivel del simulador sin ningún tipo de inconveniente. El tercero no se completó en su totalidad.

a. ¿Cómo describirías el realismo y precisión del simulador en comparación con la conducción real?

El realismo y la precisión del simulador son impresionantes y se acercan mucho a la conducción real. La experiencia de manejo, las características del tren y las reacciones del sistema son muy similares a lo que experimentamos en la realidad.

b. ¿Qué aspectos del entrenamiento en el simulador te han parecido más útiles y beneficiosos?

Varios aspectos del entrenamiento en el simulador me han parecido extremadamente útiles y beneficiosos. En particular, la capacidad de practicar situaciones de emergencia o soluciones de averías, el manejo de frenado de emergencia y la toma de decisiones rápidas en escenarios realistas habían sido de gran ayuda para mejorar mis habilidades como conductor en mi etapa como nuevo conductor.

c. ¿Crees que el simulador mejorará tu capacidad para tomar decisiones rápidas y efectivas en situaciones de emergencia?

Aunque el simulador pudo haber mejorado mi capacidad para tomar decisiones rápidas y efectivas en situaciones de emergencia, debo mencionar que aun así se sentiría cierta tensión y presión al enfrentar escenarios de alta exigencia. Si bien la repetición y la retroalimentación inmediata han sido útiles, considero que siempre existe un grado de incertidumbre y nerviosismo al enfrentar situaciones reales.

d. ¿Consideras que el simulador mejorará tu comprensión de los procedimientos operativos y las reglas de conducción?

Sí, considero que el simulador mejorará mi comprensión de los procedimientos operativos y las reglas de conducción. El hecho de poder practicar y experimentar diferentes situaciones en un entorno virtual me permitió familiarizarme con los procedimientos correctos y adquirir un mayor conocimiento de las reglas de conducción. Además, la retroalimentación inmediata y la posibilidad de repetir escenarios me ayudarán a reforzar y mejorar mi comprensión de estos aspectos importantes.

e. ¿Qué opinas de la retroalimentación y evaluación recibida por parte de los instructores durante el entrenamiento en el simulador?

El simulador me ha brindado una valiosa retroalimentación y evaluación durante el entrenamiento. Sus comentarios detallados y su observación directa me han ayudado a identificar áreas de mejora y a perfeccionar mis habilidades como conductor. Además, su apoyo constante y su disposición habrían sido fundamentales en mi proceso de aprendizaje.

f. ¿Has encontrado alguna limitación o aspecto que consideres que se pueda mejorar en el simulador?

Sí, he encontrado algunas limitaciones en el simulador que considero que se pueden mejorar. Una de ellas es la falta de reproducción completa de la experiencia de manejo en una cabina real. Aunque el simulador ofrece una representación visual y funcional de la cabina, aún faltan elementos físicos como las anulaciones físicas y otras características que se encuentran en la cabina real. Estas diferencias pueden afectar la sensación y la experiencia de manejo.

Además, considero que se podría mejorar la respuesta y la sensibilidad de los controles del simulador para que se asemejen aún más a los del tren real. Esto ayudaría a que la experiencia de entrenamiento sea más realista y se acerque lo más posible a la conducción real.

g. ¿Crees que el simulador ha contribuido a tu confianza y seguridad como conductor?

Sin duda, el simulador ha reforzado mi confianza como conductor. La experiencia que he adquirido en la operación de trenes reales se ha transmitido de manera efectiva al momento de utilizar el simulador. Al estar familiarizado con los procedimientos y las reglas de conducción en el entorno real, he podido aplicar ese conocimiento en el simulador y tomar decisiones con confianza.

Además, el simulador me ha brindado la oportunidad de enfrentar situaciones de emergencia y practicar cómo responder de manera adecuada. Esta práctica repetida ha aumentado mi confianza en mi capacidad para tomar decisiones rápidas y efectivas en momentos críticos.

h. ¿Recomendarías el uso del simulador a otros conductores y por qué?

Definitivamente, recomendaría el uso del simulador a otros conductores. Es una herramienta extremadamente útil para mejorar las habilidades de conducción, practicar situaciones difíciles y desarrollar la confianza necesaria para enfrentar cualquier desafío. Lo que lo convierte en una herramienta valiosa para el desarrollo profesional de los conductores. Como dicen ustedes el salto de entrenamiento teórico a practicar es un poco extremo ya que no es como conducir cualquier otro tipo de vehículo. Recomiendo

que se utilice durante los primeros días en conjunto con el entrenamiento teórico y las prácticas en las vías de entrenamiento.

ANEXO E: MANUAL DE USUARIO.

I. Interfaz

1. Iniciar Sesión

1. Credenciales de acceso:

Para iniciar sesión, necesitarás tus credenciales de acceso. Estas incluyen tu número de cédula y la contraseña que hayas registrado previamente. Asegúrate de tener a mano esta información antes de continuar.

2. Pantalla de menú principal:

Una vez que tengas tus credenciales, inicia el sistema e ingresa tus datos en la pantalla de inicio de sesión.

Si los datos ingresados son correctos, el sistema te redirigirá automáticamente a la pantalla de menú principal.

En esta pantalla, encontrarás una variedad de funciones y opciones disponibles, adaptadas a tu rol específico como conductor o instructor.

3. Mensaje de error:

Si el sistema no puede encontrar un usuario que coincida con los datos ingresados, se mostrará un mensaje de error.

Este mensaje puede indicar que las credenciales ingresadas son incorrectas o que el usuario no existe en la base de datos.

Si recibes un mensaje de error, verifica nuevamente tus datos e inténtalo de nuevo.

2. Crear un conductor

1. Acceso al sistema y navegación:

Para acceder al sistema, ejecuta la aplicación correspondiente.

Explora las opciones y navega hasta encontrar la pantalla de registro de conductor. Esta pantalla te permitirá crear una cuenta como conductor.

2. Registro de cuenta:

En la pantalla de registro, completa los campos requeridos con tu información personal. Asegúrate de ingresar tu número de cédula correctamente, ya que se utilizará para validar tu identidad.

También deberás elegir una contraseña que cumplirá con los requisitos de seguridad establecidos por el sistema.

3. Validación de cédula:

Una vez ingresados tus datos, el sistema realizará una validación para asegurarse de que no exista otro usuario registrado con la misma cédula en la base de datos.

Si no se encuentra ninguna coincidencia, el proceso de registro continuará. - En caso de que se encuentre un usuario registrado con la misma cédula, el sistema mostrará un mensaje de error indicando que la cédula ya se encuentra en la base de datos.

4. Registro exitoso:

Si la cédula es válida y no hay duplicados, el sistema procederá a registrar la información del nuevo conductor en la base de datos.

Todos los datos personales y la contraseña elegida serán almacenados de forma segura para su uso posterior.

5. Pantalla de menú principal:

Una vez completado el registro exitosamente, el sistema te redirigirá a la pantalla de menú principal.

En esta pantalla, encontrarás todas las funciones y opciones disponibles para los conductores.

Explora las diferentes secciones y familiarízate con las acciones que puedes realizar como conductor.

3. Crear una cuenta de instructor:

1. Crear Cuenta Instructor:

Si deseas convertirte en un instructor, sigue los siguientes pasos para crear una cuenta y acceder a las funcionalidades exclusivas para instructores.

2. Acceso al sistema y autenticación:

Ejecuta el sistema correspondiente e inicia sesión utilizando las credenciales de instructor proporcionadas.

Asegúrate de ingresar correctamente tu número de cédula y la contraseña asociada a tu cuenta de instructor.

3. Registro de datos personales:

Una vez iniciada la sesión, el sistema te proporcionará la opción de registrar los datos personales del nuevo instructor.

Ingresa la información requerida en los campos correspondientes, asegurándose de proporcionar datos precisos y actualizados.

4. Validación de cédula:

El sistema realizará una validación para asegurarse de que no exista otro usuario con la misma cédula en la base de datos.

Si no se encuentra ninguna coincidencia, podrás continuar con el proceso de registro. - En caso de que se encuentre un usuario registrado con la misma cédula, el sistema mostrará un mensaje de error indicando que la cédula ya se encuentra en la base de datos.

5. Registro exitoso:

Si la cédula es válida y no hay duplicados, el sistema procederá a registrar la información del nuevo instructor en la base de datos.

Se asignará una contraseña por defecto al nuevo instructor, la cual deberá ser cambiada en el primer inicio de sesión por motivos de seguridad.

El sistema mostrará un diálogo confirmando el registro exitoso del instructor.

6. Error de cédula duplicada:

Si se encuentra un usuario registrado con la misma cédula ingresada, el sistema mostrará un mensaje de error indicando que la cédula ya se encuentra en la base de datos.

En este caso, verifica la información ingresada y asegúrate de no haber cometido un error al ingresar la cédula.

7. Cambio de contraseña inicial:

En el primer inicio de sesión del nuevo instructor, el sistema requerirá un cambio de contraseña por motivos de seguridad.

Sigue las instrucciones proporcionadas por el sistema para crear una nueva contraseña personalizada y única.

Asegúrate de elegir una contraseña segura que cumpla con los requisitos de longitud y complejidad establecidos por el sistema.

4. Modificar Perfil

1. Modificar Perfil:

Tanto para instructores como para conductores, esto permite al usuario actualizar la información en su perfil de usuario.

2. Acceso al sistema y autenticación:

Ejecuta el sistema correspondiente e inicia sesión utilizando las credenciales de usuario (instructor o conductor) proporcionadas.

Asegúrate de ingresar correctamente tu número de cédula y la contraseña asociada a tu cuenta.

3. Navegar a la pantalla "Modificar Perfil":

Una vez iniciada la sesión, navega por las opciones del sistema hasta llegar a la pantalla "Modificar Perfil".

Esta pantalla contendrá la información actual del usuario en campos modificables.

4. Realizar cambios en el perfil:

El actor, ya sea instructor o conductor, puede realizar los cambios deseados en su perfil.

Modifica los campos necesarios para actualizar tu información personal, como nombre, apellido, número de teléfono u otros datos relevantes.

5. Validación de la información:

El sistema realizará una validación de los datos ingresados para asegurarse de que sean correctos y cumplan con los requisitos establecidos.

Si la información suministrada es válida, podrás continuar con el proceso de actualización de perfil.

En caso de que se detecten errores o información no válida, el sistema mostrará un mensaje de error indicando que los datos no son válidos.

6. Actualización del perfil:

Si los datos ingresados son válidos, el sistema actualizará la información en el perfil del usuario y la registrará en la base de datos.

Una vez completada la actualización, el sistema mostrará una ventana emergente o mensaje confirmando que los cambios se realizaron correctamente.

7. Error en la validación de datos:

Si se detectan errores en la información proporcionada, como campos vacíos, formatos incorrectos o datos faltantes, el sistema mostrará un mensaje de error. - En este caso, revisa los datos ingresados y asegúrate de corregir los errores antes de intentar nuevamente la actualización.

5. Habilitar/Deshabilitar Dirección de Correo

1. Habilitar/Deshabilitar Dirección de Correo:

Esto permite al instructor habilitar o deshabilitar una dirección de correo electrónico asociada a su cuenta.

2. Acceso al sistema y autenticación:

Inicia sesión utilizando las credenciales de instructor proporcionadas. - Asegúrate de ingresar correctamente tu número de cédula y la contraseña asociada a tu cuenta.

3. Navegar a la pantalla "Manejar Correos":

Una vez iniciada la sesión, navega por las opciones del sistema hasta llegar a la pantalla "Manejar Correos".

En esta pantalla, se mostrará una lista de correos electrónicos asociados a tu cuenta, con la opción de habilitar o deshabilitar cada uno de ellos.

4. Habilitar o deshabilitar una dirección de correo:

El actor selecciona la opción deseada (Habilitar o Deshabilitar) para el correo electrónico específico al que desea aplicar cambios.

Al seleccionar una opción, el sistema mostrará una pantalla de confirmación para asegurarse de que el cambio sea intencional.

5. Confirmar el cambio:

El actor confirma que el cambio seleccionado es el deseado.

Esto se puede hacer mediante un botón de confirmación o similar en la pantalla de confirmación.

6. Habilitar o deshabilitar la dirección de correo:

Una vez confirmado el cambio, el sistema procederá a habilitar o deshabilitar la dirección de correo seleccionada según la opción elegida.

Esto se refleja en la lista de correos de la pantalla "Manejar Correos".

7. Añadir/Eliminar Correos:

El sistema ofrece la posibilidad de añadir y eliminar correos electrónicos de forma sencilla.

8. Error en la habilitación de correos:

Si se intenta deshabilitar todas las direcciones de correo asociadas a la cuenta del instructor, el sistema mostrará un mensaje de error.

Este mensaje indicará que al menos una dirección de correo debe estar habilitada para poder realizar esta acción.

9. Envío de correos al final de la simulación:

El sistema enviará el correo a las direcciones de correo activas al finalizar cada simulación.

Esto permitirá que los usuarios activos reciban los informes o notificaciones relevantes a través de sus correos electrónicos.

6. Elegir Nivel

1. Elegir Nivel:

Esto permite al conductor seleccionar el nivel de simulación que desea realizar.

2. Acceso al sistema y autenticación:

Ejecuta el sistema correspondiente e inicia sesión utilizando las credenciales de conductor proporcionadas.

Asegúrate de ingresar correctamente tu número de cédula y la contraseña asociada a tu cuenta.

3. Navegar a la pantalla "Elegir Nivel":

Una vez iniciada la sesión, navega por las opciones del sistema hasta llegar a la pantalla "Elegir Nivel".

En esta pantalla, se mostrará una lista de niveles habilitados para que el conductor elija.

4. Selección del nivel:

El actor selecciona el nivel de simulación deseado de entre los disponibles en la lista.

Esta selección puede realizarse mediante un conjunto de botones.

5. Inicio de la simulación:

Una vez seleccionado el nivel, el sistema iniciará la simulación correspondiente al nivel elegido.

Esto implica cargar los escenarios, configuraciones y parámetros específicos del nivel seleccionado.

6. Realización de maniobras:

Durante la simulación, el conductor deberá realizar las maniobras adecuadas según las indicaciones y condiciones del nivel.

Utiliza los controles y dispositivos interactivos de la cabina para llevar a cabo las acciones requeridas.

7. Error en nivel no disponible:

Si el conductor intenta seleccionar un nivel que no está disponible debido a que no se ha completado el nivel anterior, el sistema mostrará un mensaje de error. - Este mensaje indicará que el nivel indicado no está disponible hasta que se complete satisfactoriamente el nivel anterior.

8. Envío de reporte al finalizar la simulación:

Al finalizar la simulación, el sistema generará un reporte que contiene los resultados y el desempeño del conductor durante la simulación.

Este reporte será enviado a todas las direcciones de correo habilitadas en las cuentas de los instructores para su revisión y análisis.

Los usuarios recibirán el informe en sus correos electrónicos y mostrarán los resultados en pantalla.

II. Maniobras (Conductor)

7. Armar Simulador

1. Armar Simulador:

Esto tiene como objetivo que el conductor devuelva los controles de la cabina interactiva a su posición original antes de iniciar la simulación.

2. Inicio de la simulación y controles desplazados:

El sistema inicia la simulación, pero los controles de la cabina no se encuentran en su posición inicial.

Esto puede deberse a simulaciones anteriores o a ajustes realizados por otros usuarios.

3. Detención del sistema:

El sistema se detiene automáticamente y muestra una imagen o representación gráfica de los controles en su estado inicial.

Durante esta pausa, el sistema espera a que el conductor devuelva los controles a su posición original.

4. Devolución de los controles a la posición inicial:

El actor, utilizando las diferentes entradas y dispositivos interactivos de la cabina, realiza los ajustes necesarios para volver los controles a su posición original.

Esto implica mover los deslizadores y botones a sus posiciones correspondientes.

5. Reanudación de la simulación:

Una vez que los controles se han devuelto a su estado inicial, el conductor indica al sistema que ha completado la tarea.

El sistema verifica que todos los controles estén en su posición correcta y reanuda la simulación.

6. Realización de la simulación deseada:

Una vez que los controles estén en su posición inicial y el sistema haya reanudado la simulación, el conductor podrá llevar a cabo la simulación deseada.

Utiliza los controles y dispositivos interactivos de la cabina según las indicaciones y condiciones de la simulación.

8. Realizar Maniobras

1. Realizar Maniobras:

Esto permite al conductor utilizar los controles de la cabina interactiva para ejecutar las maniobras requeridas durante la simulación.

2. Inicio de la simulación y controles armados:

El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles de la cabina deben estar correctamente armados y en su posición inicial.

3. Ejecución de las maniobras:

El actor utilizará las diferentes entradas y dispositivos interactivos de la cabina para ejecutar las maniobras requeridas en la simulación.

Algunas maniobras comunes incluyen acelerar, frenar, abrir puertas, cerrar puertas, ingresar a línea, encender cabina, realizar test y apagar cabina.

4. Utilización de los controles:

El conductor interactúa con los interruptores, deslizadores, botones y pantallas de la cabina para llevar a cabo las maniobras necesarias.

Sigue las indicaciones y procedimientos específicos según las instrucciones proporcionadas por la simulación.

5. Continuación de la simulación:

Después de realizar una maniobra, el sistema debe continuar con la siguiente situación esperada dentro de la simulación.

Esto implica que el sistema actualice la posición, velocidad, estado de las puertas u otras condiciones relacionadas con la maniobra realizada.

6. Monitoreo de la situación:

El conductor debe estar atento a las respuestas y cambios que el sistema muestra en la pantalla de la cabina u otros indicadores relevantes.

Esto le permitirá evaluar el impacto de la maniobra realizada y prepararse para las siguientes acciones.

7. Seguimiento de las instrucciones:

Durante la simulación, el conductor deberá seguir las instrucciones proporcionadas por el sistema o por el instructor, si corresponde.

Estas instrucciones pueden incluir cambios de velocidad, apertura o cierre de puertas, detenciones en estaciones, entre otros.

8. Finalización de la simulación:

La simulación se dará por finalizada una vez que se hayan realizado todas las maniobras requeridas según los objetivos establecidos.

El conductor deberá seguir las indicaciones del sistema para concluir la simulación de manera adecuada.

9. Seleccionar Control

1. Seleccionar Control:

Esto permite al conductor utilizar los controles de la cabina interactiva para tomar el control del tren durante la simulación.

2. Inicio de la simulación y controles armados:

El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles de la cabina deben estar correctamente armados y en su posición inicial.

3. Utilización del slider "Llave de control":

El actor utilizará el slider "Llave de control" ubicado en la cabina interactiva.

El actor desliza el control hacia adelante o hacia atrás, deteniéndose en el modo deseado.

4. Asignación del control:

El sistema detectará el modo seleccionado por el actor y asignará el control de la cabina al modo correspondiente.

Por ejemplo, el modo Conectado,0, Desconectado.

5. Visualización del modo seleccionado:

El sistema mostrará por pantalla el modo seleccionado, lo cual indica que el control ha sido asignado correctamente.

Esto puede aparecer en la pantalla de la cabina o en otros indicadores visuales.

6. Cumplimiento de las normativas:

Es importante que el conductor cumpla con todas las reglas y normativas establecidas durante la simulación.

En caso de que el conductor viole alguna de estas normas, el simulador añadirá una multa correspondiente.

7. Actualización de la situación:

Después de cada maniobra realizada por el conductor, el sistema actualizará la situación de la simulación según las acciones ejecutadas.

Esto puede incluir cambios en la velocidad, posición, estado de las puertas u otras variables relevantes.

10. Cambiar de Marcha

1. Cambiar de Marcha:

Esto permite al conductor utilizar los controles de la cabina interactiva para cambiar la marcha del tren durante la simulación.

2. Inicio de la simulación y controles armados:

El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles de la cabina deben estar correctamente armados y en su posición inicial.

3. Realización de las pruebas y toma de control:

El actor deberá realizar las pruebas necesarias y tomar el control de la cabina antes de cambiar la marcha.

Estos pasos pueden incluir la verificación de los dispositivos y asegurarse de que todo esté en condiciones óptimas.

4. Utilización del slider "Selector de Modos":

El actor utilizará el slider "Selector de Modos" ubicado en la cabina interactiva.

El actor desliza el control hacia adelante o hacia atrás, deteniéndose en el modo deseado de la marcha: adelante, Maniobras, Túnel Lavado, 0, Atrás.

5. Asignación de la velocidad máxima:

El sistema detectará el modo de marcha seleccionado por el actor y asignará la velocidad máxima correspondiente a ese modo.

6. Visualización del modo seleccionado:

El sistema mostrará por pantalla el modo de marcha seleccionado, lo cual indica que la velocidad máxima ha sido asignada correctamente.

Esto puede aparecer en la pantalla de la cabina o en otros indicadores visuales.

7. Cumplimiento de las normativas:

Es importante que el conductor cumpla con todas las reglas y normativas establecidas durante la simulación.

En caso de que el conductor viole alguna de estas normas, el simulador añadirá una multa correspondiente.

8. Actualización de la situación:

Después de cada maniobra realizada por el conductor, el sistema actualizará la situación de la simulación según las acciones ejecutadas.

Esto puede incluir cambios en la velocidad, posición, estado de las puertas u otras variables relevantes.

11. Acelerar

1. Acelerar:

Esto permite al conductor utilizar los controles de la cabina interactiva para acelerar el metro durante la simulación.

2. Inicio de la simulación y controles armados:

El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles de la cabina deben estar correctamente armados y en su posición inicial.

3. Realización de las pruebas y toma de control:

El actor deberá realizar las pruebas necesarias y tomar el control de la cabina antes de acelerar el metro.

Estos pasos pueden incluir la verificación de los dispositivos y asegurarse de que todo esté en condiciones óptimas.

4. Selección del modo adecuado:

El actor deberá seleccionar un modo que permita la aceleración del metro.

Esto puede implicar seleccionar un modo de marcha que permita un aumento de velocidades 0-4

5. Utilización del slider "Mando Principal":

El actor utilizará el slider "Mando Principal" ubicado en la cabina interactiva.

El actor desliza el control hacia adelante, alejándose del 0 y los números negativos, para aumentar la velocidad del metro.

6. Actualización de la velocidad:

El sistema actualizará la velocidad del metro en cada fotograma, dependiendo de la distancia desde el 0 hacia adelante en el slider "Mando Principal".

A medida que el actor desliza el control hacia adelante, la velocidad del metro aumentará progresivamente.

7. Visualización de la velocidad actual:

El sistema mostrará por pantalla la velocidad actual del metro en cada momento durante la simulación.

Esto puede aparecer en la pantalla de la cabina u otros indicadores visuales.

8. Cumplimiento de las normativas:

Es fundamental que el conductor cumpla con todas las reglas y normativas establecidas durante la simulación.

En caso de que el conductor viole alguna de estas normas, el simulador añadirá una multa correspondiente.

9. Actualización de la situación:

Después de cada maniobra realizada por el conductor, el sistema actualizará la situación de la simulación según las acciones ejecutadas.

Esto puede incluir cambios en la velocidad, posición, estado de las puertas u otras variables relevantes.

12. Frenar

1. Frenar:

Esto permite al conductor utilizar los controles de la cabina interactiva para frenar el metro durante la simulación.

2. Inicio de la simulación y controles armados:

El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles de la cabina deben estar correctamente armados y en su posición inicial.

3. Realización de las pruebas y toma de control:

El actor deberá realizar las pruebas necesarias y tomar el control de la cabina antes de poder frenar el metro.

Estos pasos pueden incluir la verificación de los dispositivos y asegurarse de que todo esté en condiciones óptimas.

4. Utilización del slider "Mando Principal":

El actor utilizará el slider "Mando Principal" ubicado en la cabina interactiva.

El actor desliza el control hacia atrás, alejándose del 0 y los números positivos, para aplicar el freno y reducir la velocidad del metro.

5. Actualización de la velocidad:

El sistema actualizará la velocidad del metro en cada fotograma, dependiendo de la distancia desde el 0 hasta -6 en el slider "Mando Principal".

A medida que el actor desliza el control hacia atrás, la velocidad del metro disminuye progresivamente.

6. Visualización de la velocidad actual:

El sistema mostrará por pantalla la velocidad actual del metro en cada momento durante la simulación.

Esto puede aparecer en la pantalla de la cabina u otros indicadores visuales.

7. Cumplimiento de las normativas:

Es fundamental que el conductor cumpla con todas las reglas y normativas establecidas durante la simulación.

En caso de que el conductor viole alguna de estas normas, el simulador añadirá una multa correspondiente.

8. Actualización de la situación:

Después de cada maniobra realizada por el conductor, el sistema actualizará la situación de la simulación según las acciones ejecutadas.

Esto puede incluir cambios en la velocidad, posición, estado de las puertas u otras variables relevantes.

13. Realizar Test del metro

1. Realizar Test del metro:

Esto permite al conductor utilizar los DDU de la cabina interactiva para realizar las pruebas correspondientes en el metro durante la simulación.

2. Inicio de la simulación y controles armados:

El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles de la cabina deben estar correctamente armados y en su posición inicial.

3. Navegación a la pantalla de prueba del DDU2:

El actor deberá navegar por los menús y opciones disponibles en la cabina interactiva hasta llegar a la pantalla de prueba del DDU2.

Esta pantalla permitirá al conductor realizar las pruebas necesarias en los dispositivos del metro.

4. Visualización del estado del tren y dispositivos:

Una vez en la pantalla de prueba del DDU2, el sistema mostrará al actor el estado actual del tren y todos los dispositivos asociados.

Esto puede incluir información sobre las luces, frenos, puertas, sistemas de comunicación, entre otros.

5. Inicio de las pruebas de dispositivos:

El actor tendrá la opción de iniciar las pruebas de cada dispositivo individualmente o realizar las pruebas en todos los dispositivos en general.

Esta elección dependerá de las necesidades y requerimientos de la simulación.

6. Confirmación exitosa de la prueba:

Una vez completada una prueba en un dispositivo, el sistema mostrará por pantalla que la prueba se ha completado satisfactoriamente.

Esto puede incluir un mensaje o indicador visual que confirme la correcta ejecución de la prueba.

7. Información al conductor sobre el estado del tren:

El sistema utilizará los DDU para informar al conductor sobre el estado actual del tren y los dispositivos, especialmente si el tren no se encuentra en estado óptimo para realizar la siguiente maniobra.

Esta información puede ser mostrada en forma de mensajes, alertas o indicadores visuales en los DDU.

8. Actualización de la situación de prueba del metro:

El sistema actualizará la situación de las pruebas del metro después de cada prueba realizada por el conductor.

Esto puede implicar cambios en el estado de los dispositivos, la disponibilidad de ciertas funciones o requerimientos adicionales para continuar con las maniobras.

14. Controlar Dispositivos

1. Controlar Dispositivos:

Esto permite al conductor utilizar los DDU de la cabina interactiva para controlar los diferentes dispositivos del metro durante la simulación.

2. Inicio de la simulación y controles armados:

El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles de la cabina deben estar correctamente armados y en su posición inicial.

3. Navegación a la pantalla de "Control de dispositivos" del DDU2:

El actor deberá navegar por los menús y opciones disponibles en la cabina interactiva hasta llegar a la pantalla de "Control de dispositivos" del DDU2.

Esta pantalla permitirá al conductor encender o apagar los diferentes dispositivos del metro.

4. Visualización del estado del tren y dispositivos:

Una vez en la pantalla de "Control de dispositivos" del DDU2, el sistema mostrará al actor el estado actual del tren y todos los dispositivos asociados.

Esto incluirá información sobre los dispositivos disponibles y su estado (encendido o apagado).

5. Encender o apagar los dispositivos:

El actor podrá seleccionar cada dispositivo individualmente o encender o apagar los dispositivos en general.

Utilizando los controles del DDU2, el actor realizará las acciones necesarias para encender o apagar los dispositivos deseados.

6. Confirmación exitosa del encendido o apagado:

Una vez encendido o apagado un dispositivo, el sistema mostrará por pantalla que el dispositivo se ha encendido o apagado satisfactoriamente.

Esto puede incluir un mensaje o indicador visual que confirme la acción realizada.

7. Información al conductor sobre el estado del tren:

El sistema utilizará los DDU para informar al conductor sobre el estado actual del tren y los dispositivos, especialmente si el tren no se encuentra en estado óptimo para realizar la siguiente maniobra.

Esta información puede ser mostrada en forma de mensajes, alertas o indicadores visuales en los DDU.

8. Actualización de la situación de prueba del metro:

El sistema actualizará la situación de las pruebas del metro después de cada control realizado por el conductor.

Esto puede implicar cambios en el estado de los dispositivos, la disponibilidad de ciertas funciones o requerimientos adicionales para continuar con las maniobras.

15. Abrir puertas

1. Abrir puertas:

Esto permite al conductor utilizar los botones de la cabina interactiva para abrir las puertas del metro.

El metro debe encontrarse en una parada para poder abrir las puertas de manera segura.

2. Metro detenido en una parada:

Antes de realizar la acción de abrir las puertas, el metro debe estar detenido en una parada.

El conductor verificará que el metro esté en la posición adecuada antes de continuar con la apertura de las puertas.

3. Selección de puertas:

El actor utilizará el botón "Seleccionar puertas" de acuerdo con la dirección del andén correspondiente.

El sistema mostrará una luz en el botón seleccionado, indicando que esas puertas están seleccionadas para abrir.

4. Autorización de puertas:

El actor utilizará los botones "Autorizar Puertas" para autorizar las puertas seleccionadas.

El sistema mostrará una luz en el botón pulsado, indicando que esas puertas están autorizadas para abrir.

5. Apertura de puertas:

El actor utilizará el botón "Abrir Puertas General" para abrir todas las puertas autorizadas.

El sistema realizará la acción de abrir las puertas del metro.

6. Verificación de parada correcta:

En caso de que el metro no esté detenido en el área correspondiente a una parada, el sistema multará al conductor.

Esto indica que las puertas sólo deben abrirse cuando el metro esté en la posición adecuada para permitir el acceso seguro de los pasajeros.

7. Mantenimiento de puertas abiertas:

El sistema mantendrá las puertas abiertas hasta que se realice la acción de cerrarlas.

Los botones utilizados para abrir las puertas permanecerán iluminados para indicar que las puertas siguen abiertas.

16. Cerrar puertas

1. Cerrar puertas:

Esto permite al conductor utilizar los botones de la cabina interactiva para cerrar las puertas del metro.

Las puertas del metro deben estar abiertas para poder realizar esta acción.

2. Activación del sonido de cierre de puertas:

El actor utilizará el botón "Beep de puertas" para activar el sonido que indica que se van a cerrar las puertas.

El sistema mostrará una luz en el botón pulsado, indicando que el sonido se está reproduciendo, y comenzará la reproducción del sonido correspondiente.

3. Selección de puertas a cerrar:

El actor utilizará el botón "Cerrar puertas" de acuerdo con el lado del tren en el cual las puertas están abiertas.

El sistema mostrará una luz en el botón pulsado, indicando que esas puertas se van a cerrar.

4. Verificación de activación del sonido:

En caso de que el conductor no haya accionado el "Beep de puertas", el sistema agrega la multa correspondiente a la falta.

Esto indica la importancia de activar el sonido de cierre de puertas antes de proceder a cerrarlas.

5. Cierre de puertas:

El sistema cerrará las puertas del metro una vez que se haya realizado la selección de las puertas a cerrar.

17. Encender/Apagar cabina

1. Encender/Apagar cabina:

Esto permite al conductor utilizar los botones de la cabina interactiva para encender o apagar el metro.

El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles deben estar armados.

2. Acción de encendido/apagado:

El actor utilizará el botón "Encender/Apagar" para encender o apagar el metro.

Al presionar el botón, el sistema conectará o desconectará el metro a la batería, lo que resultará en el encendido o apagado de los dispositivos correspondientes.

3. Control de dispositivos:

El actor navegará utilizando los DDU hasta la pestaña de control de dispositivos.

Allí, podrá realizar la acción de conectar o desconectar el pantógrafo u otros dispositivos, según corresponda.

4. Estado del tren:

A medida que se realicen las acciones de encendido o apagado, el estado del tren cambiará a encendido o apagado, respectivamente.

18. Cambiar modo de visualización de las cámaras

1. Cambiar modo de visualización de las cámaras:

Esto permite al conductor utilizar los DDU para cambiar el modo de visualización de las cámaras del metro.

El sistema debe haber iniciado una simulación, los controles deben estar armados y el tren debe estar encendido.

2. Acceso a la pantalla de "Cámaras":

El actor utilizará el DDU1 para navegar hasta la pantalla de "Cámaras", donde se encuentran las opciones de visualización de las cámaras.

3. Modo de visualización por defecto:

Al acceder a la pantalla de "Cámaras", el sistema mostrará las cámaras en el modo de visualización por defecto.

4. Cambio de modo de visualización:

El actor seleccionará el botón correspondiente al modo de visualización deseado.

Al pulsar el botón, el sistema cambiará al modo de visualización seleccionado, ajustando la visualización de las cámaras según corresponda.

5. Mantenimiento del modo de visualización:

El modo de visualización seleccionado se mantendrá hasta que el actor decida cambiarlo o hasta que el metro se apague.

19. Activar/Desactivar freno de emergencia

1. Activar/Desactivar freno de emergencia:

Esto permite al conductor activar o desactivar el freno de emergencia del metro.

El sistema debe haber iniciado una simulación y los controles deben estar armados.

2. Acceso al botón "Freno de emergencia":

El actor localizará y pulsará el botón "Freno de emergencia" en los controles de la cabina interactiva.

3. Accionar el freno de emergencia:

Al pulsar el botón, el sistema activará o liberará el freno de emergencia según corresponda.

El sistema mostrará u ocultará el icono correspondiente al estado del freno de emergencia en los DDU.

4. Mantenimiento del freno de emergencia:

Una vez activado o desactivado, el freno de emergencia se mantendrá en ese estado hasta que el actor lo modifique.

20. Activar/Desactivar freno de estacionamiento

1. Activar/Desactivar freno de estacionamiento:

Esto permite al conductor activar o desactivar el freno de estacionamiento del metro.

El sistema debe haber iniciado una simulación, los controles deben estar armados y el metro debe encontrarse totalmente detenido.

2. Acceso al botón "Freno de estacionamiento":

El actor localizará y pulsará el botón "Freno de estacionamiento" en los controles de la cabina interactiva.

3. Accionar el freno de estacionamiento:

Al pulsar el botón, el sistema activará o liberará el freno de estacionamiento según corresponda.

El sistema mostrará u ocultará el icono correspondiente al estado del freno de estacionamiento en los DDU.

4. Verificación del estado del tren:

Antes de accionar el freno de estacionamiento, el actor deberá asegurarse de que el metro esté completamente detenido.

En caso de que el tren no se encuentre en reposo, se agregará una multa al conductor.

5. Mantenimiento del freno de estacionamiento:

Una vez activado o desactivado, el freno de estacionamiento se mantendrá en ese estado hasta que el actor lo modifique.

III. Solucionar Averías

1. Inicio del Sistema

Asegúrate de que el sistema haya iniciado la simulación y que los controles estén correctamente armados antes de comenzar la solución de averías.

2. Utilización de los Controles de la Cabina y DDUs

El actor, en el rol de conductor, utilizará los controles de la cabina interactiva y los DDUs para ejecutar la solución requerida.

Consulta el "Libro de averías" en el Material de Tren 1000 para obtener información específica sobre las averías y los pasos de solución correspondientes.

3. Respuesta del Sistema

Después de cada maniobra realizada, el sistema actualizará la situación correspondiente y comenzará con la siguiente acción del procedimiento de solución de averías.

4. Actualización de la Situación

El sistema actualizará la situación en tiempo real para reflejar los cambios resultantes de cada maniobra ejecutada durante la solución de averías.

ANEXO F: IMÁGENES DEL RECORRIDO.

Metro.



Ilustración 78– Vías.



Ilustración 79– Vías parte 2.



Ilustración 80– Interior del metro.



Ilustración 81– Pasillo interior del metro.



Ilustración 82– DDU 1.



Ilustración 83– Puerta de cabina.



Ilustración 84– Parte trasera del tren.



Ilustración 85– Tablero de cabina.



Ilustración 86- Parte frontal del tren.



Ilustración 87– Unión de vagones.

Estación Máximo Gómez.



Ilustración 88– Entrada de la estación Máximo Gómez.



Ilustración 89- Entrada de la estación Máximo Gómez parte 2.

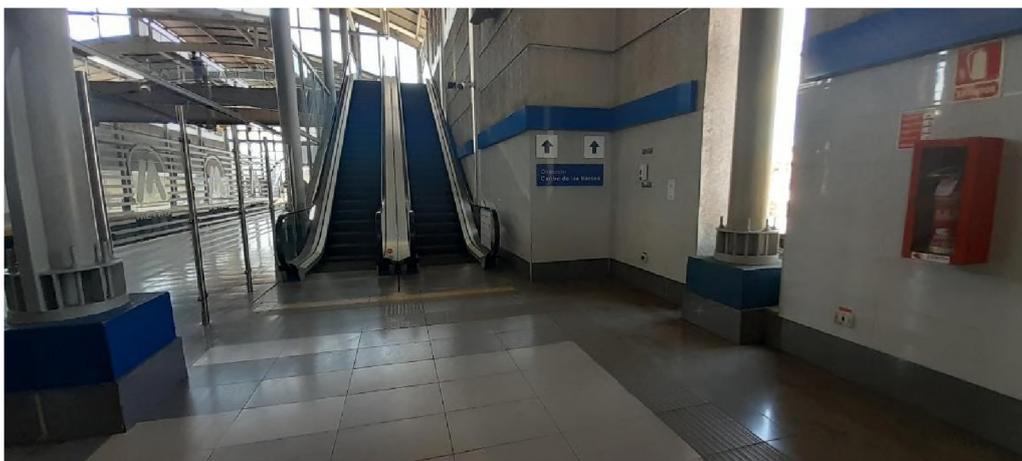


Ilustración 90– Escaleras de la estación Máximo Gómez.



Ilustración 91– Techo de la estación Máximo Gómez.

Estación Pedro Livio Cedeño.



Ilustración 92– Vías de la estación Pedro Livio Cedeño.

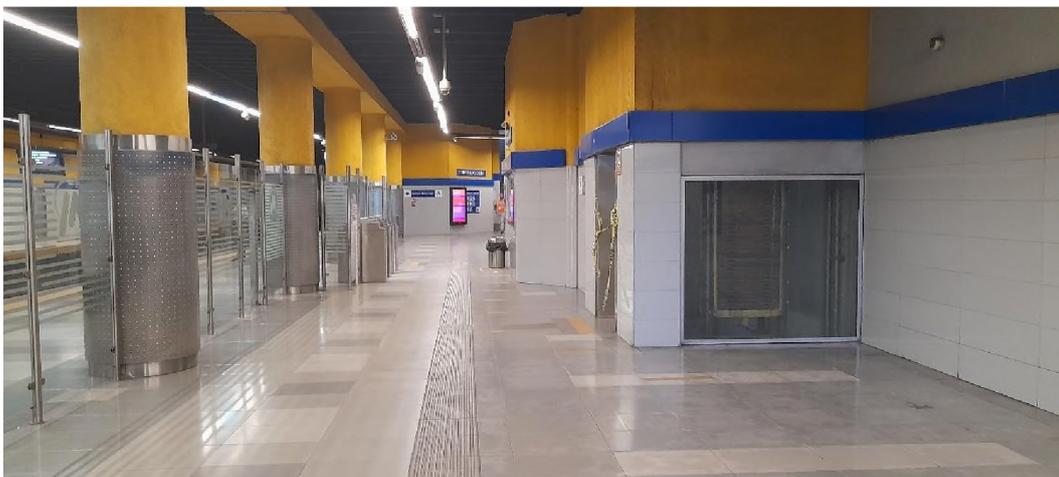


Ilustración 93– Pasillo estación Pedro Livio Cedeño.



Ilustración 94– Pasillo estación Pedro Livio Cedeño parte 2.



Ilustración 95– Pasillo estación Pedro Livio Cedeño parte 3.

Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña

Facultad de Ciencias y Tecnología

Escuela de Informática

Diseño y desarrollo de un simulador de conducción del Metro Santo Domingo para
fines de entrenamiento



HOJA DE EVALUACION

Ashley Iamdra Tarez Caraballo

Sustentante 1

Edwin Javier Samboy Marte

Sustentante 2

José Ramón Romero (9392)

Asesor

Pantaleón Muses (8037)

Miembro del jurado

Nadia Disla (10314)

Miembro del jurado

Leonel Federico Savery (3612)
Presidente del jurado.

Héctor Santillán
Director de la escuela de Informática



Ashley Iamdra Tarez Caraballo

Calificación Numérica: 92

Calificación Alfabética: A

Edwin Javier Samboy Marte

Calificación Numérica: 94

Calificación Alfabética: A