

# **Sistema Web para el Monitoreo de los Andenes de una Estación del Sistema de Transporte Colectivo Metro utilizando Visión Artificial**

**Trabajo Terminal No. \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_**

*Alumnos: \*Vélez Lozano Pedro Emilio, Aragón Juárez Adrian*

*Directores: Benjamín Luna Benoso, Adolfo Guzmán Arenas*

*\*e-mail: [pvelez1800@alumno.ipn.mx](mailto:pvelez1800@alumno.ipn.mx)*

**Resumen** - El Sistema de Transporte Colectivo (STC) Metro de la Ciudad de México es uno de los mayores sistemas de transporte público del país. Al transportar aproximadamente 70 millones de personas al mes, es necesario utilizar soluciones tecnológicas que ayuden a monitorear y sirvan como apoyo de seguridad en cada una de sus 195 estaciones. Así, utilizando Visión Artificial, una rama de la Inteligencia Artificial (IA), se propone desarrollar un Sistema Web que analice videos de los andenes del metro. Detectará el sobrepaso de la línea de seguridad por los pasajeros emitiendo una alerta al personal de monitoreo con el objetivo de servir como auxiliar a la seguridad del metro. También, detectará llegada de los trenes conforme transcurre el video y proporcionará estadísticas sobre los tiempos de espera y arribo respectivamente para las subdirecciones generales de operación y mantenimiento.

**Palabras clave** - Inteligencia Artificial, Monitoreo, Sistema Web, STC Metro, Visión Artificial

## **1. Introducción**

El STC Metro es el Sistema de Transporte Colectivo con más afluencia del país. Transportando aproximadamente 70 millones de personas mensualmente [1], cuenta con 195 estaciones, 12 líneas y se extiende por 225 km [2]. En los andenes de cada estación, y en general en todo el STC, existen diversas reglas que se deben seguir para garantizar la seguridad de los usuarios del metro (pasajeros) y evitar peligro [3].

En la actualidad, el personal de seguridad de los Centros de Monitoreo dentro de las instalaciones del STC Metro se encarga de analizar las cámaras de seguridad de los andenes y pasillos en busca de situaciones como peleas, violencia de género, delincuencia, y prevención de suicidios, entre otras cosas [4].

Pese a esto y la cantidad de policías que existen vigilando los andenes y las cámaras de seguridad, es relativamente difícil poder observar que se respeten los límites de seguridad en todo momento. Esto sumado a que no en todas las estaciones se encuentra algún policía vigilando los andenes.

También, en algunas estaciones como las de la Línea 1 existen pantallas que avisan el tiempo de llegada aproximado de los tres siguientes trenes utilizando sensores ópticos [5]. Sin embargo, no en todas las líneas se tiene la infraestructura implementada y es necesario mantenimiento y calibración frecuente para dar resultados precisos.

De esta forma, se genera un área de oportunidad para mejorar el monitoreo y ofrecer un sistema que sólo recurra a videos de seguridad, aprovechando los recursos que ofrece. Así, la inteligencia artificial (IA) se convierte en una solución tentativa para realizar este proyecto.

La IA, es una herramienta que imita la inteligencia humana, permitiendo a las computadoras aprender de la experiencia por medio de procesos iterativos y entrenamiento algorítmico. Estos sistemas pueden ser completados de forma rápida, haciéndolos expertos y efectivos en poco tiempo. De esta forma, la inteligencia artificial se convierte en una tecnología sumamente poderosa y valiosa [6].

Detectar el cruce de la línea de seguridad y la llegada de los trenes con el apoyo de una computadora se convierte importante en el sentido que, el STC Metro puede utilizar software para poder amplificar el nivel de visión que existe. Esto no con la intención de sustituir al personal que se encarga de la vigilancia, sino como una herramienta de apoyo para llevar más control encaminado a ofrecer información sobre los tiempos de espera y que las autoridades tomen las acciones correspondientes.

¿Cómo es que podemos aplicar exactamente la IA al proyecto? Existe un área llamada Visión Artificial (Computer Vision) que permite a las computadoras y a los sistemas derivar información relevante de las imágenes digitales, videos y otras entradas visuales para después tomar acciones o hacer recomendaciones basándose en esa información.

Si la Inteligencia Artificial permite a las computadoras “pensar”, el campo de Visión Artificial las permite ver, observar y entender [7].

La Visión Artificial ha sido un tema de interés e investigación por décadas. Cada vez nuevas tecnologías hacen a esta rama más capaz de replicar la visión humana. De hecho, la visión artificial se está volviendo más adepta a identificar patrones de imágenes y video que los sistemas cognitivos humanos [8].

## 2. Estado del Arte

Hoy en día, se han implementado diversos sistemas utilizan artificial que han intervenido en el sector público, como el metro o las calles. Esto con el objetivo de reconocer objetos, patrones y utilizarlos para diversas aplicaciones.

En la siguiente tabla, se presentan distintas herramientas similares que fueron creadas con el fin de monitorear las avenidas y sistemas de transporte colectivos. Enseguida se muestra una tabla comparativa de alguna de ellas con la propuesta de este trabajo:

<b>SOFTWARE</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Sistema inteligente del metro de Shanghai [9]	Este sistema utiliza la IA para diferentes tareas que van desde el reconocimiento de voz para la venta de boletos, hasta detección de multitudes, control del flujo de pasajeros y el cálculo del tiempo de espera.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lleva control sobre la afluencia de pasajeros</li> <li>• La predicción de los tiempos de espera es muy precisa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Está enfocado completamente en la experiencia de los usuarios.</li> </ul>
Plataforma que muestra el avance de los trenes [5]	Haciendo uso de sensores ópticos y algoritmos matemáticos, actualiza los tiempos de trenes que ingresan a cada estación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Predice con certeza el tiempo estimado de llegada de los trenes</li> <li>• Se implementó satisfactoriamente en el metro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere mucha infraestructura y recursos para implementarlo</li> <li>• Necesita mantenimiento</li> <li>• Su precisión se degrada con el tiempo</li> <li>• Su implementación depende varía con respecto a la estación</li> </ul>
Icetana [10]	Esta es una herramienta para el monitoreo de sistemas de cámaras de seguridad, que mediante el uso de IA, aprende sobre el ambiente en el que se encuentra para poder detectar actividad sospechosa o eventos que sean de interés.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solo nos muestra los eventos que nos pueden llegar a interesar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se pueden analizar videos almacenados.</li> </ul>
IntelliVision Smart City Security [11]	Es una herramienta para analizar videos y detectar eventos importantes, llevar conteo del flujo de personas y vehiculos, reconocer rostros y actividad sospechosa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede analizar rápidamente los videos.</li> <li>• Detecta cuando una persona cruza una línea de seguridad.</li> <li>• Puede llevar un conteo de personas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene un costo elevado.</li> <li>• Para una aplicación específica se desaprovecha la mayoría de funcionalidades que ofrece</li> </ul>

Simulador del PCC línea 4 del STC Metro elaborado por la Escuela Superior de Cómputo del IPN[12]	Es un sistema capaz de simular el tablero de control óptico del puesto central de control del metro de la CDMX, así como las diferentes fallas y eventos que puedan ocurrir, el tráfico y las regulaciones para la capacitación de los reguladores, jefes de reguladores e inspectores jefes de estación.	Es parametrizable, lo que permite que si se tienen los archivos necesarios podría emular cualquier línea, no solo la trabajada durante el proyecto. Tiene sesiones para que los reguladores se puedan capacitar. Contempla el tráfico, alimentación, alarmas y los horarios dentro de toda la línea. Los datos que se usan para la simulación está basado en datos reales recogidos por el PCC durante un día de operaciones.	Las sesiones de entrenamiento serían monótonas, una vez entrenado todos los eventos que se desarrollaron se tendrían que repetir una y otra vez. No muestra estadísticas de tiempo, ya que se centra en el funcionamiento de una línea completa. Únicamente emula el TCO.
<b>Solución propuesta</b>	<b>Es un sistema web para el monitoreo en los andenes de una estación del STC Metro. Detecta el incumplimiento de los límites de seguridad, así como la llegada de los trenes, utilizando visión artificial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Emite una alerta al usuario del sistema cuando se sobrepasa la línea</b></li> <li>• <b>Genera un reporte de estadísticas anónimas y alertas sobre el incumplimiento de esta medida de seguridad y los tiempos de espera.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>No contempla todos los posibles incidentes dentro de un andén.</b></li> <li>• <b>Es una solución específica.</b></li> </ul>

Tabla 1. Tabla de comparación con productos similares y solución propuesta

En términos de seguridad, se proporcionará una solución agregada a las necesidades del STC Metro, esto encaminado a mejorar la seguridad de los pasajeros así como generar estadísticas con el fin de ofrecer un mejor servicio.

### 3. Objetivo

Implementar un Sistema Web que detecte la llegada de los trenes conforme avanza la señal de video, así como el sobrepaso de la línea de seguridad por los pasajeros con el objetivo de servir como auxiliar a la seguridad del Metro y proporcionar estadísticas sobre los tiempos de espera del tren.

#### Objetivos específicos

Es necesario poder fragmentar el objetivo en objetivos específicos para tener claro los puntos que se deben desarrollar para alcanzarlo. Entre esos puntos, se incluye la lista de sucesos que el sistema monitorea.

A continuación, se listan los objetivos específicos de este trabajo.

- Detectar si una persona cruza la línea de seguridad amarilla para emitir una alerta al usuario del sistema que corresponde al personal de vigilancia A, B, C o D con el objetivo de servir como auxiliar a la

seguridad del metro [13] de acuerdo a sus atribuciones y responsabilidades presentadas en la información del puesto [14], [15], [16], [17] así como en el apartado “Calidad e Imagen del Servicio” del Plan Maestro del metro [18].

- Detectar el arribo y salida de los trenes en una estación para medir el intervalo de llegada entre dos trenes, ofreciendo estadísticas de los tiempos de espera entre trenes para las subdirecciones generales de operación [19] y mantenimiento [20] con el objetivo de servir como datos a los protocolos de medición que se utilizan en el Plan Maestro del metro [18]. A su vez, las estadísticas y reportes servirán para verificar los procesos de medición de los indicadores de fiabilidad [21], [22] para la compañía responsable de la licitación pública internacional 30102015-002-20, a la que se adjudica un contrato de prestación de servicios a largo plazo para la modernización integral de trenes, sistema de control y vías [23].

#### **4. Justificación**

Desde su creación la IA permitió que por primera vez, las capacidades tradicionalmente humanas puedan llevarse a cabo en software de forma económica y a escala. La IA se puede aplicar a todos los sectores para habilitar nuevas posibilidades y eficiencias. [24]. Ahora, los sistemas de IA llevan cada vez más tiempo siendo parte del día a día, y cada año están teniendo más relevancia en diversas zonas y con aplicaciones más variadas. En los últimos 10 años, ha tenido un crecimiento exponencial, y el mercado de la IA está creciendo como nunca antes [25].

Según CDMXENLARED, durante el 2019, 2020 y 2021 se registraron 46, 41 y 33 suicidios respectivamente provenientes de caídas en los rieles del metro [26]. Esto quiere decir, que en promedio en los tres años se suicidaron 3.3 personas cada mes aproximadamente. Como pasajeros, es importante respetar los límites de seguridad y para el Metro es importante saber que se están respetando. Con el trabajo propuesto, se pretende emitir una alerta mientras se cruza la línea de seguridad para que las autoridades tomen las acciones pertinentes con el objetivo de prevenir accidentes o posibles suicidios.

En el 2018 existían 37 trenes que recorrían la línea 1. Los tiempos de llegada entre estaciones se calculó en aproximadamente 90 segundos [27]. Con el trabajo propuesto, se ofrecerán estadísticas y datos para su análisis del lado del personal del metro pretendiendo mejorar y comparar los tiempos y por lo tanto la experiencia de los pasajeros del Metro. Del lado de los pasajeros, se pretende que conozcan los tiempos de llegada de un andén, con el fin de mejorar la experiencia que ofrece el sistema.

Implementar un sistema de monitoreo es algo que lleva tiempo y es costoso. La razón de este sistema es que aprovecha la infraestructura que tiene actualmente el metro y utiliza software para satisfacer las necesidades de calidad y servicio que debe ofrecer el STC. Al no utilizar sensores ni otros sistemas físicos, se reducen los costos que puedan ser de implementación e implantación, aprovechando los recursos y la tecnología.

Para la realización de este Trabajo Terminal se pondrán en práctica los conocimientos adquiridos en las distintas unidades de aprendizaje cursadas en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, entre las que destacan: Algoritmia y Programación Estructurada, Estructuras de Datos, Teoría Computacional, Análisis y Diseño Orientado a Objetos y Análisis de Algoritmos. Finalmente, se hará uso de materias optativas como Inteligencia Artificial y Redes Neuronales Artificiales.

#### **5. Productos o resultados esperados**

Se entregará un Sistema Web que monitoree un video que corresponda al andén de una estación del STC Metro. Al recorrer el video, el sistema lo monitorea y detectará a los trenes que van transcurriendo la línea, las personas que están dentro del andén y la línea amarilla que existe en cada andén.

En cuanto a la detección de trenes, se medirá el tiempo entre que un tren llega y se va de la estación, y el tiempo que dura en la estación sin moverse. En cuanto a las personas y la línea amarilla, se detectará si cruza la línea de seguridad amarilla.

Cuando se cruce la línea de seguridad amarilla, se emitirá un mensaje de alerta al usuario del sistema. Mientras transcurre el video, se exponen los resultados del monitoreo. Se generará un reporte donde se mostrarán datos de

cuántas veces se ha cruzado la línea amarilla, así como tiempo mínimo, promedio y máximo de llegada de trenes y tiempo de espera en la estación.

Este sistema se ve plasmado en la siguiente figura:

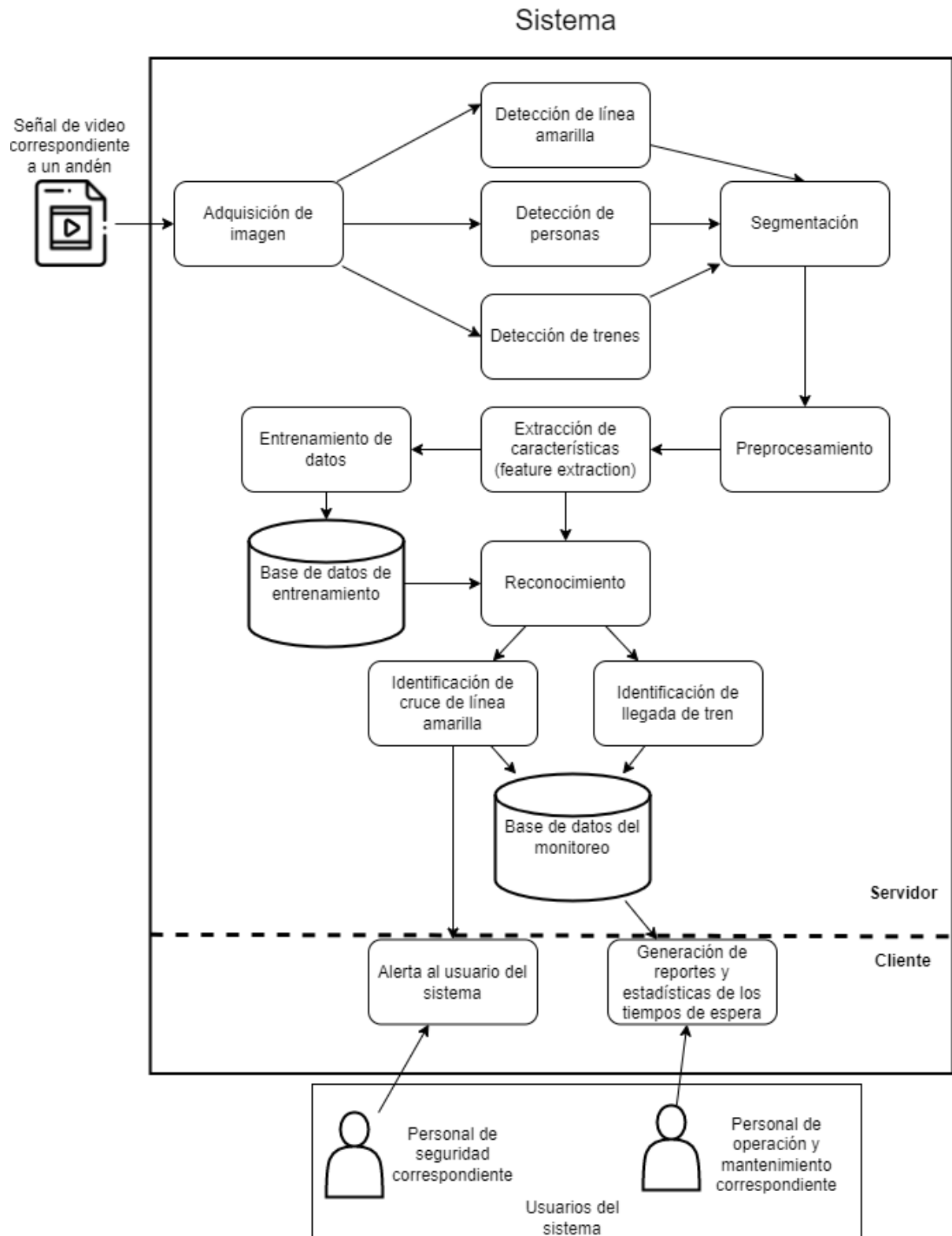


Figura 1. Arquitectura del sistema

Una vez explicada la forma en que se realizará el sistema, se pueden listar los productos que se esperan obtener:

1. Sistema Web para el Monitoreo de los Andenes de una Estación del Sistema de Transporte Colectivo Metro utilizando Visión Artificial
2. Manual de usuario
3. Manual técnico

## 6. Metodología

Se utilizará la metodología SCRUM ya que es un marco de trabajo que se utiliza dentro de equipos que manejan proyectos completos. Esta metodología es de tipo ágil que tiene como finalidad la entrega de valor en períodos cortos de tiempo, y se basa en tres pilares: transparencia, inspección y adaptación. Esto nos permitirá implementar el producto de manera rápida y empezar a obtener resultados en las etapas tempranas. [28]

Algunos beneficios que obtenemos al utilizar dicha metodología son:

- Cumplimiento de expectativas: Se establecen las expectativas indicando el valor que se le aporta a cada requisito. De manera regular, en las demos de Sprint el Product Owner comprueba que efectivamente los requisitos se han cumplido y se transmite feedback al equipo.
- Flexibilidad a cambios y ajustes: Existe una alta capacidad de reacción ante los cambios de requerimientos generados por necesidades del cliente o evoluciones del mercado. La metodología está diseñada para adaptarse a los cambios de requerimientos que conllevan los proyectos completos.
- Predicciones de tiempos: Mediante esta metodología se conoce la velocidad media del equipo por sprint, con lo que consecuentemente es posible estimar fácilmente para cuando se dispondrá de una determinada funcionalidad que todavía está en el Backlog.
- Reducción de riesgos: El hecho de llevar a cabo las funcionalidades de más valor en primer lugar y de conocer la velocidad con que el equipo avanza en el proyecto, permite despejar riesgos eficazmente de manera anticipada
- Mayor productividad: Se consigue entre otras razones gracias a la eliminación de la burocracia y a la motivación del equipo.
- Mayor calidad del software: La metódica de trabajo y la necesidad de obtener una versión funcional después de cada iteración, ayuda a la obtención de un software de calidad superior. [29]

## 7. Cronograma

Cada fase o sprint de nuestro cronograma cuenta con sus respectivas etapas que siguen el proceso SCRUM:

1. Planificación
2. Etapa de desarrollo
3. Revisión de la fase
4. Retroalimentación

A continuación se muestran los cronogramas del proyecto por cada integrante:

Nombre del alumno: Vélez Lozano Pedro Emilio

Tabla 2. Cronograma de actividades de Pedro Emilio Vélez Lozano

Fase	Actividad	2022					2023					
		AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Fase 1. Inicio y Planificación	Definir dónde, cuándo y en qué horarios se van a tomar las grabaciones											
	Definir el equipo necesario para grabar											
	Obtención de videos											
Fase 2. Selección de algoritmos con el conjunto de datos	Crear el conjunto de datos											
	Elegir el algoritmo adecuado para la detección de los trenes del Metro											
	Elegir el algoritmo adecuado para la detección de personas en el andén											
Fase 3. Evaluación y cambios pertinentes	Evaluación TT1											
Fase 4. Elaboración y entrenamiento de algoritmos	Entrenar algoritmo para detectar los trenes usando el conjunto de datos											
	Entrenar el algoritmo para la detección de personas usando el conjunto de datos											
Fase 5. Diseño del sistema Web	Diseño y creación del sistema de mensajes, alertas, predicciones y estadísticas											
	Diseño y creación del sistema de monitoreo											
Fase 6. Elaboración del manual y ajustes pertinentes y cierre	Elaboración del manual técnico											
	Evaluación TT2											

Nombre del alumno: Aragón Juárez Adrian

Tabla 3. Cronograma de actividades de Adrián Aragón Juárez

Fase	Actividad	2022					2023					
		AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Fase 1. Inicio y Planificación	Definir el ángulo y altura de grabación para maximizar el campo de visión											
	Obtención de videos											
	Recolectar y depurar videos											
Fase 2. Selección de algoritmos con el conjunto de datos y diseño del sistema	Diseñar el sistema web											
	Elegir el algoritmo adecuado para la detección de la línea de seguridad											
	Evaluación TT1											
Fase 4. Elaboración y entrenamiento de algoritmos	Entrenar el algoritmo para la detección de la línea de seguridad utilizando el conjunto de datos											
	Diseño y creación del algoritmo para combinar los resultados de todos los algoritmos anteriores											
Fase 5. Diseño del sistema Web	Diseño y creación del sistema de monitoreo											
Fase 6. Elaboración del manual y ajustes pertinentes y cierre	Pruebas											
	Elaboración del manual de usuario											
	Evaluación TT2											

## 8. Referencias

- [1] “Transporte de Pasajeros”, [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx), Marzo 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/transporteurb/>. [Último acceso 22-marzo-2022]
- [2] “Sistema de Transporte Colectivo Metro de la Ciudad de México”. [En línea]. Disponible en: <https://www.metro.cdmx.gob.mx/>. [Último acceso 22-marzo-2022]


- [3] Reglamento de la Ley de Movilidad del Distrito Federal, Gaceta Oficial de Ciudad de México, Septiembre 2017. [En línea]. Disponible en: <https://metro.cdmx.gob.mx/tramites-y-servicios/reglamento-del-df>. [Último acceso 10-abril-2022]
- [4] “Vigilan en tiempo real 4 estaciones del metro”, El Universal, 17-oct-2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.eluniversal.com.mx/metropoli/vigilan-en-tiempo-real-4-estaciones-del-metro> [Último acceso 15-abril-2022]
- [5] “STC Metro instala plataforma que muestra el avance de los trenes en tiempo real”, STC Metro, Junio 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.metro.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/stc-metro-instala-plataforma-que-muestra-en-tiempo-real-el-avance-de-los-trenes> [Último acceso 3-abril-2022]
- [6] “Why is IA important?”, CSU Global, 05-jul-2021. [En línea]. Disponible en: <https://csuglobal.edu/blog/why-is-artificial-intelligence-so-important> [Último acceso 20-marzo-2022]
- [7] “What is computer vision”, IBM, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/topics/computer-vision> [Último acceso 10-febrero-2022]
- [8] “The present and future of computer vision”, Forbes, 26-jun-2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2019/06/26/the-present-and-future-of-computer-vision/?sh=65b4362e517d> [Último acceso 20-febrero-2022]
- [9] “Shanghai’s subway smartens up with AI”, Synced, Diciembre 2017. [En línea]. Disponible en: <https://medium.com/syncedreview/shanghais-subway-smartens-up-with-ai-1b7a36ca5da7>. [Último acceso 15-marzo-2022]
- [10] “AI Security video analytics”, Ictana, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.ictana.com/>. [Último acceso 18-marzo-2022]
- [11] “AI Video analytics for smart city security”, IntelliVision, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.intelli-vision.com/smart-city-security/> [Último acceso 20-marzo-2022]
- [12] “Línea 4 del Metro, simulación del PCC, Instituto Politécnico Nacional [En línea]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/22514/L%20c3%adnea%204%20del%20STC-METRO%20Simulaci%20c3%b3n%20del%20PCC.pdf> [Último acceso 24 mayo-2022]
- [13] “Gerencia de Seguridad Institucional”, Metro CDMX, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.metro.cdmx.gob.mx/secretaria/estructura/21> [Último acceso 26 mayo 2022]
- [14] “Coordinación de Vigilancia Zona A”, Metro CDMX, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.metro.cdmx.gob.mx/secretaria/estructura/143> [Último acceso 26 mayo 2022]
- [15] “Coordinación de Vigilancia Zona B”, Metro CDMX, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.metro.cdmx.gob.mx/secretaria/estructura/126> [Último acceso 26 mayo 2022]
- [16] “Coordinación de Vigilancia Zona C”, Metro CDMX, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.metro.cdmx.gob.mx/secretaria/estructura/182> [Último acceso 26 mayo 2022]
- [17] “Coordinación de Vigilancia Zona D”, Metro CDMX, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.metro.cdmx.gob.mx/secretaria/estructura/138> [Último acceso 26 mayo 2022]
- [18] “Plan Maestro del Metro”, Sistema de Transporte Colectivo Metro, 2018. [En línea]. Disponible en: [https://metro.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Metro%20Acerca%20de/Mas%20informacion/planmaestro18\\_30.pdf](https://metro.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Metro%20Acerca%20de/Mas%20informacion/planmaestro18_30.pdf) [Último acceso 26 mayo 2022]



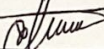
- [19]“Subdirección General de Operación”, Metro CDMX, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.metro.cdmx.gob.mx/secretaria/estructura/8> [Último acceso 26 mayo 2022]
- [20]“Subdirección General de Mantenimiento”. Metro CDMX, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.metro.cdmx.gob.mx/secretaria/estructura/7> [Último acceso 25 mayo 2022]
- [21]”IV INFORME DE LOS AVANCES DEL PROYECTO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS A LARGO PLAZO”, Gobierno de la Ciudad de México, 2019. [En Línea] <https://www.congresocdmx.gob.mx/media/documentos/67e7c9314764cbb787fed6a9c30e87c4621d9197.pdf> [Último acceso 26 mayo 2022]
- [22] “Indicadores de desempeño”. Licitación Pública Internacional Número 30102015-002-20, 2020, [En línea]. Disponible en: <https://metro.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Banners/aclaraciones170920/bases/ANEXO%20III/anexo-iii-indicadores-de-desempeno-17-sept.pdf> [Último acceso 27 mayo 2022]
- [23] “Licitación Pública Internacional 30102015-002-20 Para La Adjudicación De Un Contrato De Prestación De Servicios A Largo Plazo Para La Modernización Integral De Trenes, Sistema De Control Y Vías De La Línea 1 Del Sistema De Transporte Colectivo.”, Gobierno de la Ciudad de México, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://tianguisdigital.cdmx.gob.mx/bases/convocatorias/30102015-002-20/> [Último acceso 28 mayo 2022]
- [24]The State of AI, “Chapter 2: Why is AI important”, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.stateofai2019.com/chapter-2-why-is-ai-important/#:~:text=AI%20technology%20is%20important%20because,efficiently%20and%20at%20low%20cost>. [Último acceso 1-marzo-2022]
- [25]Neil Savage, “The race to the top among the world’s leaders in artificial intelligence”, Nature, Diciembre 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/d41586-020-03409-8>. [Último acceso 5-marzo-2022]
- [26]”Salvemos Vidas: Cuántos suicidios hubo en el metro durante 2021”, CDMX en la Red, 23-dic-2021. [En línea]. Disponible en: <https://cdmxenlared.com/2021/12/23/salvemos-vidas-cuantos-suicidios-hubo-en-el-metro-durante-2021/>. [Último acceso 1-abril-2022]
- [27]Omar Díaz, “Se reducirán ¡25 segundos! los tiempos de espera en la línea 1 del metro”, Publimetro, 21-may-2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.publimetro.com.mx/mx/noticias/2018/05/21/se-reduciran-25-segundos-los-tiempos-espera-linea-1-del-metro.html> [Último acceso 3-abril-2022]
- [28]Encarna Abellán, “Scrum: qué es y cómo funciona esta metodología”, WeareMarketing, 05-mar-2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.wearemarketing.com/es/blog/metodologia-scrum-que-es-y-como-functiona.html#:~:text=Scrum%20es%20una%20metodolog%C3%ADa%20de,equipos%20que%20manejan%20proyectos%20complejos>. [Último acceso 25-marzo-2022]
- [29]”Documentación de Softeng”, Softeng, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.softeng.es/es-es/empresa/metodologias-de-trabajo/metodologia-scrum.html> [Último acceso 23-marzo-2022]

## 9. Alumnos y Directores

Pedro Emilio Vélez Lozano - Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta: 2019630030, Tel. 8711897822, Email: [pvelez1800@alumno.ipn.mx](mailto:pvelez1800@alumno.ipn.mx).

Firma: 

Adrián Aragón Juárez - Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta: 2019630002, Tel. 7352346590, Email: [aaragon1801@alumno.ipn.mx](mailto:aaragon1801@alumno.ipn.mx)

Firma: 

Benjamín Luna Benoso: Doctor en Ciencias Computacionales por el Centro de Investigación en Computación. Profesor de ESCOM desde el 2008. Email: [blunab@ipn.mx](mailto:blunab@ipn.mx). Áreas de Interés: Inteligencia Artificial, Reconocimiento Facial, Redes Neuronales.

Firma: 

Adolfo Guzmán Arenas: Doctor en Ciencias Computacionales por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Profesor del Centro de Investigación de Computación. Áreas de Interés: Inteligencia Artificial, Visión, Minería de Datos. Email: [aguzman@ieee.org](mailto:aguzman@ieee.org). Número de Cédula Profesional: 142197

Firma: 