

# Traffic Light Tec

Ramírez, Hortencia; Salcedo, Andrea; Buenaventura, José Gustavo; León, José Antonio  
Gaeta, Carlos; Antunez, Arnold; Taboada, Natalia; Marquez, Renatta; Villarreal, Erasmo; Soriano, Emilio  
*School of Engineering and Sciences*  
*Tec de Monterrey*  
Monterrey, Nuevo León, México  
amunoz@tec.mx

## Abstract—

### I. RESUMEN EJECUTIVO

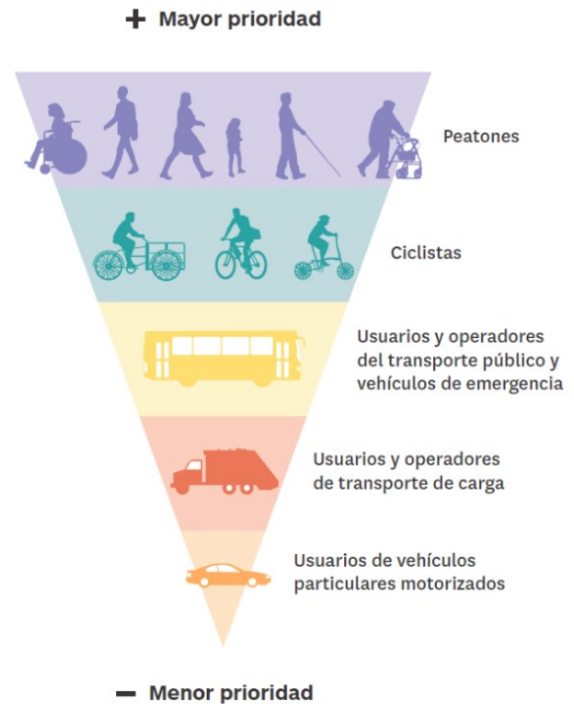
### II. INTRODUCCIÓN

De acuerdo al censo de población y vivienda del 2020, 7,168,178 millones de personas tiene una discapacidad y/o algún problema o condición mental. Esto representa el 5.7% de la población total Mexicana. De esta población, el 12% son jóvenes y 31% personas adultas. Siendo personas adultas el segundo más alto después de personas adultas mayores que conforman el 45% de la población con discapacidad.

Aproximadamente 348,373 personas son las que tienen una discapacidad en el estado de Nuevo León. Actualmente personas con discapacidad, son estudiantes, maestros o personas externas que están involucradas en actividades dentro del tecnológico de Monterrey. Aunque el Tecnológico de Monterrey campus Monterrey ha hecho grandes esfuerzos para dar instalaciones más incluyentes para la comunidad de estudiantes, docentes y administrativos, todavía queda mucho por mejorar y reajustar para lograr una comunidad mucho más incluyente.

Entre algunas de las cosas que hay que reajustar, es el funcionamiento de los semáforos que se encuentran a los alrededores del Tecnológico de Monterrey, campus Monterrey. Dentro de la zona existen varios señalamientos visuales y auditivos para el cruce de los peatones, sin embargo, hoy en día hay varios problemas que hay que trabajar. Dentro de estas problemáticas que hay que trabajar es el tiempo de espera para los peatones en el cruce de los semáforos, ya que muchas veces es muy tardado y muy pocas veces se le da prioridad al peatón. Por otro lado, hablando de personas con habilidades motrices diferentes muchas veces cuando se trata del momento en que tienen que cruzar las calles, es mucho más difícil para ellas hacer estas tareas puesto que los semáforos no están completamente diseñados para que puedan cruzar las calles.

Según los datos del INEGI, la actividad con dificultad más reportada entre las personas con alguna habilidad motriz diferente es caminar, subir o bajar, sumando a ello que no se les da prioridad para cruzar las calles, cosa que según la pirámide de movilidad mostrada en la figura 1, es el grupo a quien más prioridad se le debe de dar sobre cualquier otro grupo de movilidad.



Fuente: Adaptación de ITDP, 2014

Fig. 1. Pirámide de movilidad y su importancia

Durante los últimos años, el estado de Nuevo León se ha involucrado en la construcción de más carreteras y vías rápidas que faciliten el movimiento del último sector que se encuentra en la pirámide de la figura 1, cuando a los peatones se les ha dejado al final, es por ello, que como estudiantes de una carrera a fines a la tecnología nos hemos dado cuenta de esta problemática y para dar una solución a dicho problema proponemos el desarrollo de un semáforo inteligente en la zona de los alrededores del Tec de Monterrey.

### III. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Para priorizar a los peatones durante el cruce entre el cambio de color del semáforo, se propone el desarrollo del proyecto Traffic Light Tec, dicho proyecto consiste en el desarrollo de un semáforo inteligente capaz de priorizar a los peatones con diferentes tipos de habilidades motrices.

El semáforo desarrollado tiene varias funciones y métodos que ayudan a una sana convivencia entre los diferentes grupos de movilidad, es decir, priorizando a los peatones, pero al mismo tiempo evitando que los automóviles tengan que esperar mucho tiempo cuando no se encuentra ningún peatón. El funcionamiento del cruce del semáforo se llevará a cabo de la siguiente forma: los semáforos inteligentes contarán con una cámara capaz de hacer la detección de los diferentes tipos de peatones que quieran cruzar la calle.

El semáforo actuará y cambiará sus ciclos acorde a la prioridad que se le configure. Es decir, siempre priorizando a los peatones y salvaguardando su seguridad. Si detecta a un peatón o una persona con discapacidad, se le dará la prioridad máxima sobre los autos u otros cruces que hayan en el lugar. El orden de prioridad es el siguiente:

- Detección una persona con discapacidad
- Peatones
- Fila de carros con mayor concentración de carros
- Fila de carros con menor concentración de carros

Los peatones, incluidas las personas con discapacidad, podrán cruzar la calle cuando la señal les indique que pueden caminar y/o cuando se active la señal para todos los peatones, que se activa al final de cada ciclo del semáforo. El semáforo contará tanto con alertas visuales, como auditivas para indicar que esta señal se activó. El esquema de diseño del semáforo inteligente se puede observar en la figura 2.

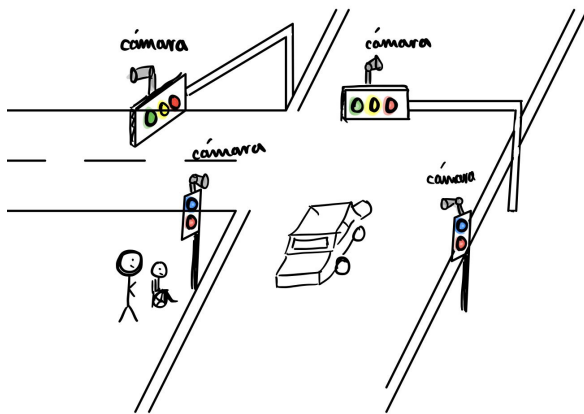


Fig. 2. Esquema de semáforo inteligente

Cada uno de los semáforos tanto los que son para peatones como los que son para los automóviles cuentan con la instalación de una cámara capaz de detectar el flujo en cada uno de los sentidos hacia los cuales están apuntando.

#### IV. METODOLOGÍA

El desarrollo de este proyecto se dividió en tres principales etapas que fueron ejecutadas de manera simultánea. Estas pueden ser observadas en la figura 3.

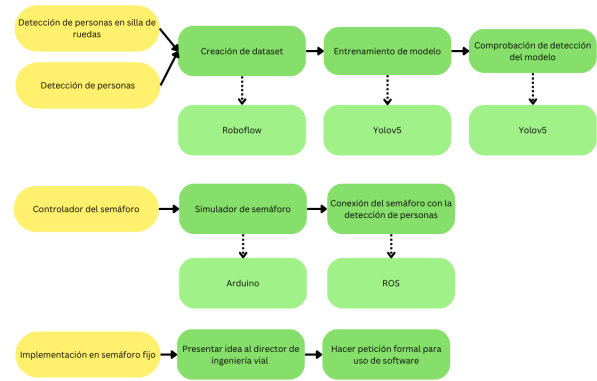


Fig. 3. Diagrama de metodología del desarrollo del proyecto

En la primera etapa, la cual hace referencia a la detección de peatones, se hace uso de visión computacional y algoritmos de detección. Se realizó un dataset en la herramienta de Roboflow con la cual se entrenó el modelo de reconocimiento con ayuda de Yolov5. El cual, una vez de ser probado, se robusteció para una mejor detección.

De manera paralela se creó la simulación de un semáforo para observar cómo influye la detección de peatones en la secuencia del mismo. Para visualizar este funcionamiento primero se realizó un semáforo virtual y después se pasó a uno físico con Arduino el cual se comunicó con el algoritmo de detección mediante ROS.

Por último, se realizó una investigación con el departamento de movilidad de Monterrey para poder analizar la viabilidad del proyecto y su desarrollo a largo plazo.

El desarrollo de estas tres secciones se explicará con mayor detalle en las siguientes páginas de este documento.

#### V. DESARROLLO DEL SERVICIO SOCIAL

Al ser un equipo conformado por 10 personas, la manera en la que delegamos responsabilidades y dividimos tareas fue mediante el uso de herramientas virtuales para poder tener acceso a los avances de todos los miembros y tener un flujo de trabajo eficiente y colaborativo. El enfoque que se tuvo para plantear el desarrollo del proyecto estuvo orientado a tener avances semanales que fueron presentados cada miércoles para validar que se estuvieran cumpliendo un mínimo de número de horas dedicadas por parte del equipo para que fuera posible completar un prototipo mínimo viable al finalizar el periodo académico.

Para la semana 1, se identificaron los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) relacionados al proyecto para poder tener un mejor entendimiento de la problemática y tener una visión y objetivos más claros. Los ODS mencionados fueron "Industria, Innovación e Infraestructura (9)", "Reducción de las Desigualdades (10)", y "Ciudades y Comunidades Sostenibles (11)". El razonamiento detrás de esta selección de ODS fue que el proyecto está orientado a innovar la infraestructura urbana del Distrito Tec con la finalidad de promover una cultura vial inclusiva donde se genere un sentido de pertenencia y todos se sientan seguros, evitando que hayan grupos

minoritarios que sean excluidos y que se sientan vulnerables ante el entorno que los rodea.



Fig. 4. ODS Relacionados al proyecto

Durante el transcurso de la semana 2, con base en las ODS y la problemática planteada con anterioridad, se tomó la decisión de crear un sistema de detección de personas con discapacidad motriz y autos conectado a la red de semáforos en la intersección de Av. Luis Elizondo y calle Junco de la Vega, con el propósito de que al detectar personas con alguna deficiencia motriz, la persona tenga prioridad para cruzar de un lado de cada calle, con un tiempo de cruce adecuado o que al cruzar este mismo reanude la secuencia de semáforos.

Dentro de la secuencia de semáforo, dependiendo de la cantidad de autos que se encuentren esperando en la intersección se planteó en darle prioridad al semáforo que cuente con más autos en espera, de ser el número de autos igual o mínimo, la secuencia predeterminada por la secretaría de movilidad será utilizada.

A lo largo de la semana 3, con la idea del proyecto más concreta, se acordó en trabajar de la siguiente manera, primeramente se investigó de algoritmos existentes que detecten personas y autos, y basandonos en estos algoritmos creamos nuestro propio algoritmo.

Para hacer más específico nuestro sistema, decidimos enfocarnos en que el sistema detecte personas en sillas de ruedas, por lo cual empezamos a ver la manera en entrenar un modelo con estas especificaciones.

Asimismo, en la semana 4 se realizó una investigación más profunda sobre temas como los patrones de caminata, la ley para regular la video vigilancia en el estado de Nuevo León, el centro de gravedad de las sillas de ruedas y patentes ya existentes relacionadas con este proyecto. De los patrones de caminata se descubrió que gracias a la visión computacional y algoritmos de Machine Learning, es posible detectar anomalías en dichos patrones. Varios modelos de aprendizaje supervisado se han entrenado para detectar posibles padecimientos dependiendo de la anomalía que se encuentre, entre ellas se encuentra Edad Avanzada, Enfermedad de Parkinson, Problemas Ortopédicos, Demencia, Esclerosis Lateral Amiotrófica, Enfermedad de Huntington, entre otros. Estos modelos han sido entrenados para detectar estas anomalías en videos, cámaras en tiempo real e incluso desde teléfonos móviles inteligentes.

System suggested	Year	Computer Vision technology used	Machine learning technique used	The abnormality identified using the Gait analysis	Reference
Automatic Health Problem Detection	2018	Videos captured using digital cameras	DNN	Parkinson's disease Pose Stroke orthopaedic problems	[16]
A vision-based proposal for classification of normal and abnormal gait	2016	RGB Camera	KNN and SVM	Dementia frailty	[2]
Computer Vision-Based Gait Analysis	2018	Smart Phone	KNN	Senility Frailty	[2]
Extracting Body Landmarks from Videos	2019	Videos	Suggested future work for classification or regression algorithms	Parkinson disease	[66]
System to support the Discrimination of Neuro-degenerative Diseases	2009	Videos	SVM, Random Forest and KStar	Amyotrophic lateral sclerosis, Parkinson's disease and Huntington's disease	[67]

Fig. 5. Tabla con patrones de caminata asociados a ciertas condiciones

Además, una preocupación que había en cuanto al uso de una cámara en la vía pública era que podía atentar contra la privacidad de las personas, por lo que se decidió que para no infringir la ley de video vigilancia del estado, la cámara sería usada solo como un sensor que detecta si hay personas analizando la silueta de las mismas, por lo que no se guardaría ningún registro de sus rostros, solo se sabría si hay un humano queriendo cruzar la calle, siendo un cálculo que ocurre en tiempo real y que no almacena el video capturado.

Y en cuanto a las patentes investigadas, los puntos claves que presentaban era como a partir de sistemas de visión computacional se podían implementar diversos métodos y algoritmos para detectar objetos estáticos y en movimiento, delimitar su silueta identificando los bordes de una persona y realizar un rastreo de su desplazamiento a una corta distancia.

Mientras que en la semana 5 el desarrollo del proyecto tuvo un enfoque más práctico, donde se analizó como es la silueta de los usuarios de sillas de ruedas y como se puede diferenciar en una imagen por medio de una plataforma llamada Roboflow, en la cual se cargaron 3785 imágenes donde hubieran sillas de ruedas, para que a pesar del fondo, el ángulo, la resolución, la distancia y las personas, el modelo pudiera ser lo más preciso posible.

Asimismo, el propósito del servicio social es crear un proyecto que ayude a la comunidad, por lo cual en la semana 6 tuvimos la oportunidad de agendar y asistir a una cita con el Director de Movilidad de Monterrey, en la cual se le platicó acerca de nuestro proyecto y como nos gustaría implementarlo en nuestra comunidad en el Tec de Monterrey. De manera que el Director, Gerardo Gloria, nos dio su aprobación sobre nuestro proyecto, además de que nos hizo saber acerca de una compañía llamada Semex, que se encarga de la producción y instalación de semáforos.



Fig. 6. Presentación de propuesta al director de ingeniería vial Gerardo Gloria

Por otra parte, también nos encargamos de seguir investigando acerca de la implementación del semáforo, y nos percatamos que en varios países ya existían proyectos similares al que nosotros estábamos desarrollando. Por ejemplo el proyecto KI4LSA y KI4PED (Centro de inv. Fraunhofer IOSB-INA) en Lemgo, Alemania, el cual utiliza cámaras de alta resolución y sensores de radar para que con aprendizaje de refuerzo profundo (red neuronal que representa control de semáforos) pueda generar nubes de puntos 3D si llega a detectar personas o algún medio de transporte, para así adecuar el ciclo del semáforo a su entorno. O en países como Estados Unidos, Reino Unido y Australia donde pueden detectar el flujo y volumen del tráfico, coordinar semáforos interconectados, darle prioridad a medios de transporte público y ciclistas, e implementar una gestión adaptativa del tráfico con algoritmos y modelos de predicción.

Mientras realizábamos esta búsqueda nuestro profesor Dr. Luis Alberto Muñoz nos comentó acerca de una iniciativa conocida como Sunflower Lanyard, la cual consiste en que una persona con algún tipo de discapacidad o condición no visible, pueda ser identificada mediante el uso de un gafete con girasoles con el propósito de que en caso de que necesite de algún tipo de asistencia especial. Con esta iniciativa en mente, nos propusimos el implementar la detección del gafete de girasoles en el sistema del semáforo inteligente, para poder proporcionar a todo tipo de personas con algún tipo de discapacidad ya sea visible o no visible, el tiempo adecuado para cruzar la calle.



Fig. 7. Gafete de Sunflower Lanyard

También durante esta semana, se llevarán a cabo pruebas con el data set para comprobar que al entrenar nuestro modelo, si pudiera detectar correctamente a una persona en silla de ruedas. Sin embargo, al estar realizando las pruebas nos percatamos que la plataforma detectaba bicicletas como sillas de ruedas, por lo cual tuvimos que seguir con la tarea de etiquetar más fotografías para evitar esta confusión.

Durante la semana 7 del desarrollo de este proyecto se integró un par del desarrollo de la implementación del Sunflower Lanyard en conjunto con todos los demás proyectos sociales del salón, con el cual el proyecto del semáforo inteligente impacta dentro de Distrito Tec de manera que las personas con alguna discapacidad no visible pueda ser identificada gracias a nuestro sistema de visión computacional para el reconocimiento de personas con alguna discapacidad.

En esta misma semana se desarrolló el prototipo para simular el funcionamiento del sistema. Todo esto utilizando ROS para integrar este sistema para ver que sea funcional, se hizo utilizando YOLOv5 para el reconocimiento de las sillas de ruedas, además utilizamos rosserial para la comunicación con el microcontrolador el cual simula el funcionamiento del semáforo para los peatones y para los automóviles.

Además se nos proporcionó el manual de SEMEX en una de las juntas que se tuvo con el departamento de movilidad de Monterrey, SEMEX es la empresa encargada de desarrollar las rutinas de los semáforos y sincronizarlos, es por eso que hay que trabajar con este manual para poder integrar este sistema de reconocimiento de sillas de ruedas para regular el tiempo de cruce de las calles para las personas que más lo necesiten.

## VI. RESULTADOS Y LOGROS

*Escala de TRL* El producto desarrollado actualmente se encuentra dentro de la escala de TRL en el nivel 4, puesto que actualmente está en la etapa de validación de componente y/o disposición de los mismos en entorno de laboratorio, esto es porque el producto desarrollado es un prototipo con todas sus funcionalidades, sin embargo, aún se encuentra en las etapas de desarrollo puesto que aún no ha sido probado en un entorno real o con condiciones parecidas bajo las cuales estará el dispositivo desarrollado.



Las condiciones bajo las cuales se estuvo desarrollando el avance del prototipo mencionado fueron dentro de un periodo de 8 semanas, en las que cada semana se propusieron objetivos que lograr, bajo esto, los resultados y logros obtenidos son los descritos a continuación.

### Construcción de un dataset

Uno de los objetivos plateados fue lograr la identificación de personas con alguna discapacidad, en el caso del prototipo planteado, se propuso centrarse en un tipo de discapacidad. Para esto se propuso identificar a personas con alguna discapacidad motriz que hagan uso de silla de ruedas para moverse. A través del uso de la plataforma de roboflow, se creó un dataset con un total de 3785 imágenes, en las cuales se clasificaron personas en sillas de ruedas, con bicicletas y personas sin alguna discapacidad motriz. El resultado obtenido fue un modelo entrenado con YoloV5, sistema para la detección de objetos en tiempo real, que permite hacer el reconocimiento de estas tres diferentes clases mencionadas anteriormente.

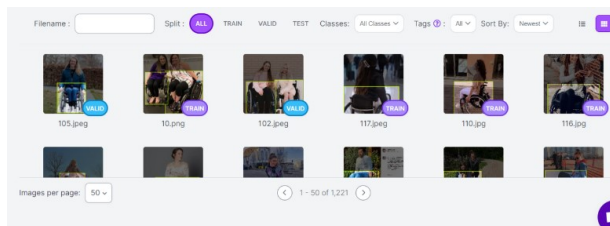


Fig. 8. Dataset en roboflow

Por otro lado, el dataset construido está disponible: Dataset *Resultados del dataset:* Video de prueba del dataset .

### Prototipo físico y digital

Para probar el funcionamiento del dataset se realizó un prototipo tanto digital como físico lo cual permitió visualizar con mucho más detalle cómo tendría que funcionar, para esto se implementó el uso de las librerías disponibles en python de ROS para su implementación.

Además para poder hacer la implementación física se implementó el uso de la herramienta de arduino, lo cual nos permitió hacer un producto funcional físicamente. Para el desarrollo del prototipo usando arduino implementamos las librerías disponibles de ROS para arduino, lo cual nos ayudó a establecer la comunicación entre el prototipo digital y el prototipo físico.

Resultado final: Video de prototipo funcional

Tras esto es claro que el proyecto aún tiene un gran futuro en su desarrollo y un gran camino por delante. Y sobre todo se trata de un proyecto que aún puede crecer en la escala de TRL tras su continuación.

## VII. CONCLUSIONES

Después de llevar a cabo un servicio social centrado en la inclusión de personas con discapacidad, se pueden extraer las siguientes conclusiones generales. Es importante crear

conciencia y sensibilizar a la sociedad sobre las necesidades y derechos de las personas con discapacidad. Existen barreras físicas y sociales que dificultan su plena inclusión, las cuales deben ser abordadas. La accesibilidad es fundamental para garantizar su inclusión. Además, es necesario fomentar el empoderamiento y la autodeterminación de las personas con discapacidad. La colaboración y el trabajo en equipo son esenciales para lograr una inclusión efectiva. Se requieren políticas inclusivas a nivel gubernamental y organizacional para asegurar la igualdad de oportunidades y el ejercicio pleno de los derechos de las personas con discapacidad.

Como resultado de la investigación, se ha avanzado en la implementación de proyectos destinados a mejorar el acceso de las personas con discapacidad a los cruces de calles, permitiéndoles transitar de manera autónoma y salvaguardar su integridad física. Nuestro objetivo es lograr que estas personas se sientan seguras en las calles sin depender de la asistencia de terceros. El desarrollo de semáforos inteligentes es un primer paso hacia la autonomía de las personas con discapacidad motriz.

En colaboración con el departamento de movilidad del municipio de Monterrey y siguiendo las pautas establecidas por SEMEX, se ha obtenido información crucial para la configuración de los semáforos y la integración de sistemas de reconocimiento de personas en sillas de ruedas. Este enfoque nos permite continuar el proyecto de manera adecuada, utilizando las herramientas de planificación y desarrollo utilizadas por el departamento de movilidad del municipio. Con la implementación de estas soluciones, podemos llevar a cabo pruebas de eficacia y seguir integrando los semáforos inteligentes en diferentes cruces peatonales, con el objetivo de lograr una ciudad inclusiva para todos los peatones.

## VIII. ANEXOS

Link de Avances: MIRO con los avances semanales

### REFERENCES

US9710716B2 - Computer vision pipeline and methods for detection of specified moving objects - Google Patents. (2015, December 15). Google.com.

US6697502B2 - Image processing method for detecting human figures in a digital image - Google Patents. (2000, December 14). Google.com.

US6829370B1 - Near-IR human detector - Google Patents. (2000, November 28). Google.com.

US7043084B2 - Wheelchair detection using stereo vision - Google Patents. (2002, July 30). Google.com.

CN102048621A - Human-computer interaction system and method of intelligent wheelchair based on head posture - Google Patents. (2010, December 31). Google.com.

Fuentes, V. (2022, March). Semáforos inteligentes para

reducir atascos y mejorar la seguridad de peatones: la tecnología mediante IA que Motorpasion.com; Motorpasión.

and, K. (2022). KI4LSA and KI4PED projects turn deep reinforcement learning on the problems of traffic optimization, pedestrian safety. Wevolver.

Chair. (2022). Smart Traffic Signal Systems - RWTH AACHEN UNIVERSITY Chair and Institute of Highway Engineering - English. Rwth-Aachen.de.

City Brain: what happens when we connect a city's traffic lights to Alibaba. (2019, June 3). Tomorrow.city.

Hits, A. (2018). AI Hits the Road with a New Generation of Smart Traffic Lights. IMNOVATION.