



Año 4, Edición 16, Mayo - Junio 2024.
Número ISSN asignado: 2992-6815

**ING. EMMA OLIVIA
DE LA CRUZ FLORES**
GRTE. de Infraestructura
vial e Hidráulica

**DONAS, GATOS Y MÁS. ENTENDIENDO LAS APLICACIONES DE
LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES EN LA INGENIERÍA CIVIL**
Ing. Ulises Osmar Rangel Rivera.



Colocación de
malla reforzada



Colocación de malla
de triple torsión



Colocación de
concreto lanzado



Drenes de
Penetración



Muro de
contención



Barrenación
y anclaje.



Tel: (473) 733 1518 WA: (473) 141 6939

estabilizacionesdelbajio.com



Gestión de Ingeniería
y Proyectos Viales S.C.

PRINCIPALES LÍNEAS DE ACTIVIDAD

- Elaboración de Proyectos Ejecutivos
- Estudios de Ingeniería de Tránsito
- Estudios de Gestión Ambiental
- Supervisión de Infraestructura Carretera
- Control de Calidad de Materiales
- Demarcación Horizontal
- Control de Calidad de Pintura de Tráfico



Bosques de Chapultepec N° 307
Arboledas 1era sección Celaya, Gto.
CP. 38060



gesipv@hotmail.com



(461) 615 6358

CONTENIDO

06

**ING. EMMA OLIVIA
DE LA CRUZ FLORES**
Entrevista y foto: Editorial



08

**DONAS, GATOS Y MÁS.
ENTENDIENDO LAS
APLICACIONES DE LAS
REDES NEURONALES
ARTIFICIALES EN LA
INGENIERÍA CIVIL.**
Ing. Ulises Osmar Rangel Rivera
Universidad de Guanajuato.
uo.rangelrivera@ugto.mx



18

EFFECTO EN LA CALIDAD DE LA VÍA Y REDUCCIÓN DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN CON EL EMPLEO DE SUELAS BAJO DURMIENTE

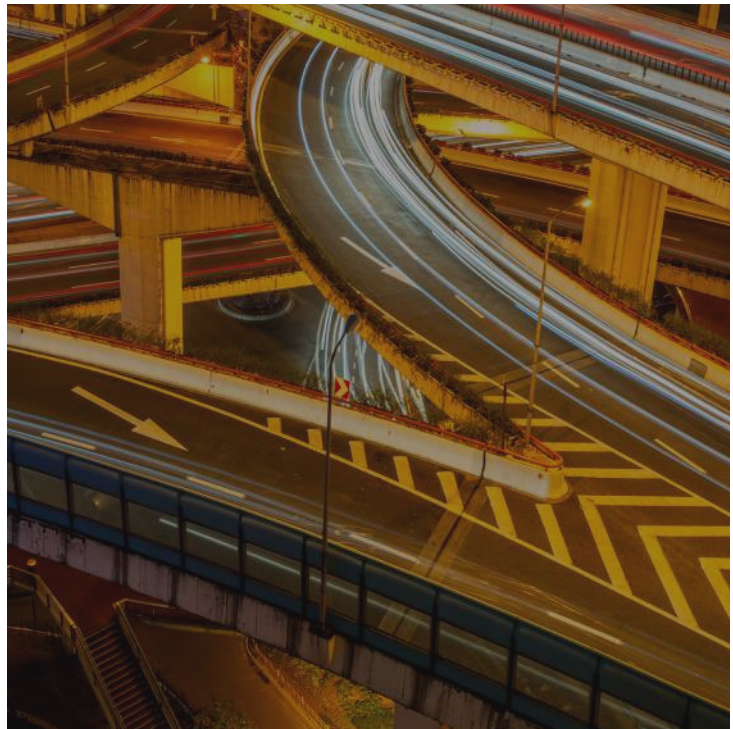
Ing. Civil Alfonso Pérez Salazar
Jefe de Grupo de Investigación
"Evaluación y Monitoreo de Vías Terrestres" División de Laboratorios de Infraestructura de Vías Terrestres, Instituto Mexicano del Transporte.
aperez@imt.mx

Mtra. en Ciencias Norma Patricia Curiel Iñiguez

Investigadora Especialista en Grupo de Mecánica de Suelos y Materiales Granulares, Instituto Mexicano del Transporte.
normalcuriel@imt.mx

Ing. Civil Federico Castro Mondragón

Investigador Especialista en Equipos de medición superficial y estructural. Profesor de Aeropuertos, Instituto Politécnico Nacional.



29

REDISEÑO DEL ESPACIO AÉREO EN EL VALLE DE MÉXICO

M. en C. Demetrio Galíndez López
Docente e investigador de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Zacatenco del Instituto Politécnico Nacional



35

DESAYUNO-PLÁTICA TÉCNICA: EXPERIENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA DURANGO-MAZATLÁN



CONSEJO EDITORIAL

Presidente del Consejo Editorial:

Dr. Luis Enrique Mendoza Puga

Consejeros:

Mtro. Alfonso Pérez Salazar

Dra. Alma Hortensia Serafin Muñoz

Mtro. David Jiménez Molina

Dr. Horacio Delgado Alamilla

Mtro. José Antonio Guerrero Fernández

Ing. Juan Carlos Capistrán Fernández

Dr. Julio César Leal Vaca

Dr. Paul Garnica Anguas

Ing. Raphael Barraza Mariscal

Ing. Rubén Frías Aldaraca

Ing. Rigoberto A. Moreno Vázquez

CONTACTO

 Amivtac Delegación GTO

 @amivtac_gto

www.amivtacguanajuato.org

Año 4, Edición 16, MAYO - JUNIO 2024

Número ISSN asignada: 2992-6815

Infraestructura del Transporte es una revista cuatrimestral, publicada bajo la dirección de AMIVTAC Delegación Guanajuato. Las opiniones expresadas en cada artículo son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de AMIVTAC Delegación Guanajuato. La mención de marcas o productos son servicios referenciales e informativos, por lo que no conllevan responsabilidad para la editorial. Los contenidos publicitarios son responsabilidad exclusiva de los anunciantes.

Revista Infraestructura del Transporte, Año 4, No. 15, Mayo - Junio 2024, es una publicación bimestral editada por la Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres Delegación Guanajuato A.C. Calle Balcón del Beso 55, Col. Independencia, C.P. 36257, Guanajuato, Gto. Tel. 473 100 4261. www.amivtacguanajuato.org. gerencia.gtoamivtac@gmail.com Editor responsable: Luis Enrique Mendoza Puga. Reservas de derechos al uso exclusivo e ISSN ambas en trámite en el Instituto Nacional del Derecho de Autor, Licitud de título y contenido en trámite ante la Comisión Calificadora de Medios Impresos y Revistas. **Este número se terminó el 25 de abril en su versión impresa y digital.** Impresa por Coloristas y Asociados S.A. de C.V. con dirección en Calzada de los Héroes No. 315, Col. Centro, León, Guanajuato, C.P. 3700.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización.

Fotografía en portada: Toma de Protesta Mesa Directiva AMIVTAC Guanajuato.

DISEÑO ORIGINAL

Koutye Comunicación 360

www.koutye.com.mx

MESA DIRECTIVA

Presidenta

Dalia Eréndira Mendoza Puga

Vicepresidente

Francisco Anzures Constantino

Vicepresidenta

Maura Mónica Rangel Aguilar

Secretaria

Emma Olivia de la Cruz Flores

Tesorera

Eréndira Castellanos Mendoza

Vocal I

Luis Anaya Martínez

Vocal II

Eduardo Alfonso Chan Euan

Vocal III

Benito Gerardo Lozada Quintana

Vocal IV

José Olaya Hernández

COMISIONES

Comisión de Honor y Justicia

Raphael Barraza Mariscal

Comisión de Conservación de Carreteras

Luis Alfonso Morales Cazarez

Cruz Enrique Sánchez Tovar

Comisión de Puentes

Juan Manuel Yebra Valtierra

Francisco Gerardo Guerrero Gutiérrez

María Carmen Cervantes González

Comisión de Seguridad Vial

Martha Carina Gutiérrez Méndez

Comisión de Pavimentos

Lorenzo Gildardo Cazares Rizo

Andrés Roberto Romo Lugo

Comisión de Gestión de Pavimentos

José Stefanoni Ramirez

Comisión de Evaluación Financiera y Concesiones

Daniel Hörner García

Sergio Thompson López

Héctor Thompson López

Comisión de Normatividad

Juan López Tapia

Comisión Ambiental y Sustentabilidad

Maria Guadalupe Blancarte Garnica

Comisión de Aeropuertos

Cecilia Gil Soto

Francisco Javier Saucedo López

Comisión de Planeación y Proyectos

José Juan Lozano Razo

Eduardo Flores Palacios

Comisión del Capítulo Estudiantil

Victor Manuel Rivera



Estimados lectoras y lectores:

Es un honor darles la bienvenida a la decimosexta edición de nuestra publicación colectiva, Infraestructura del Transporte. Agradezco profundamente a quienes han contribuido con su tiempo y conocimiento, así como a los colegas que han compartido valiosos artículos para enriquecer este proyecto.

En esta edición, destacamos la trayectoria de la ingeniera Emma de la Cruz, secretaria de nuestra mesa directiva, cuya carrera, marcada por logros y un constante afán de aprendizaje, es un ejemplo de dedicación y visión.

En el ámbito tecnológico, abordamos la incorporación de la inteligencia artificial en la ingeniería, un tema que plantea preguntas clave: ¿qué es realmente esta tecnología?, ¿cómo integrarla en nuestros procesos? y ¿qué beneficios tangibles aporta a nuestra labor? Este artículo busca ofrecer respuestas prácticas y útiles para nuestra profesión.

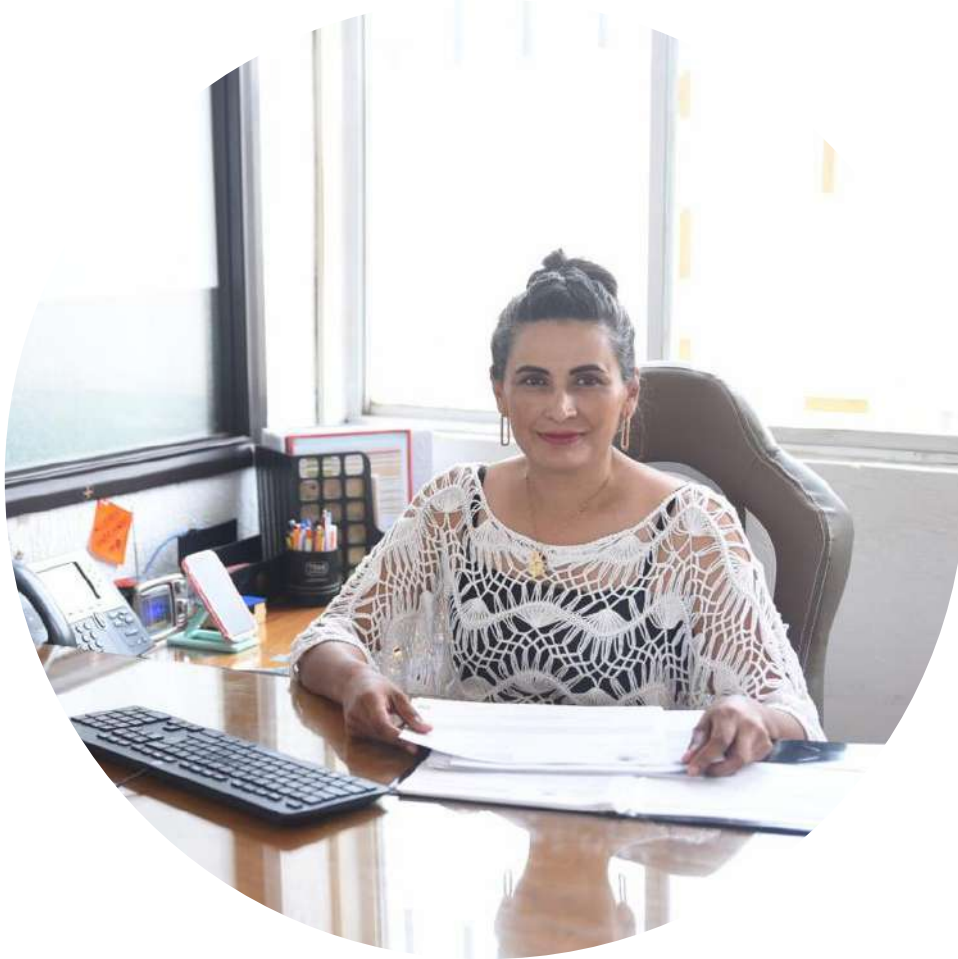
También exploramos una problemática técnica vinculada al ferrocarril, una solución eficiente para el transporte de carga pesada. Analizamos el impacto de las suelas bajo durmiente y las afectaciones del tráfico ferroviario, presentando una solución innovadora que mitiga estos efectos y contribuye a la durabilidad de las estructuras.

Finalmente, cerramos con un análisis del Plan Rector para la modernización del espacio aéreo, enfocado en la Navegación Basada en el Performance (PBN). Este estudio destaca la necesidad de rediseñar el espacio aéreo de la Ciudad de México para mejorar la eficiencia y seguridad de las operaciones.

Además, compartimos la experiencia del reciente Desayuno-Plática Técnica sobre la Construcción de la Autopista Durango-Mazatlán. La intervención del Ing. Clemente Poon Hung ofreció valiosas enseñanzas sobre cómo enfrentar los desafíos de obras de gran magnitud.

Confiamos en que este número será de gran interés para ustedes, aportando datos relevantes, nuevas perspectivas y herramientas útiles para sus proyectos.

Atentamente,
C.P. Dalia Eréndira Mendoza Puga
Presidenta, AMIVTAC Delegación Guanajuato



ING. EMMA OLIVIA DE LA CRUZ FLORES

**JEFA DEL DEPARTAMENTO DE CONTRATOS Y
ESTIMACIONES EN EL CENTRO SICT GUANAJUATO**

Entrevista y foto: Editorial

**“ Cuando haces lo que te apasiona
tienes armonía en tu vida y logras
grandes acciones que beneficia
a la sociedad ”**

Para la Ing. de la Cruz, la ingeniería civil fue una elección natural, nacida de su entorno familiar y reforzada por su formación como técnica en construcción durante la preparatoria. “La carrera de ingeniería se me hizo muy familiar”, recuerda, destacando cómo los años en la Universidad de Guanajuato no sólo consolidaron su amor por esta disciplina, sino también su capacidad para enfrentar retos personales y profesionales, como equilibrar su rol de estudiante y madre. Este equilibrio temprano le brindó habilidades de organización y resiliencia que han sido clave en su desarrollo profesional.

Uno de los aprendizajes más valiosos que destaca de su formación universitaria es la importancia de la comunicación. “El poder relacionarse adecuadamente con las personas abre un mundo de posibilidades profesionalmente”, señala. Esta habilidad fue crucial durante su transición de egresada a profesional, especialmente al integrarse a la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) en su último semestre de carrera. Esta experiencia temprana no solo marcó su debut profesional, sino que también cultivó su amor por el trabajo en infraestructura vial.

Uno de los momentos más desafiantes en su trayectoria fue asumir el cargo de jefa de departamento en un entorno donde los puestos de liderazgo estaban tradicionalmente ocupados por hombres con amplia experiencia. Este reto no solo puso a prueba sus capacidades, sino que también le permitió demostrar su talento para implementar procedimientos administrativos innovadores. “Ser condescendiente y mantener una buena comunicación con los compañeros fue clave para superar las dificultades”, recuerda. Estas mejoras no solo optimizaron el trabajo interno, sino que también facilitaron la operación diaria de su equipo.

La actualización constante es un pilar en su carrera. Su participación en diplomados y cursos, como aquellos enfocados en licitaciones de obra pública, ha sido crucial para perfeccionar los procesos administrativos de proyectos de infraestructura. “Estos cursos permiten implementar mejoras significativas en la administración de obras públicas”, explica. Además, su certificación en sistemas de la Administración Pública Federal ha sido fundamental para mantenerse al día con las herramientas tecnológicas y regulaciones necesarias para ofrecer resultados eficientes.

Como socia activa y actual secretaria de la Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres (AMIVTAC), la Ing. de la Cruz ha impulsado iniciativas de capacitación y profesionalización. Considera que la asociación es una plataforma esencial para quienes buscan destacar en el ámbito de las vías de comunicación. Su visión para el futuro es clara: “Mi objetivo es que todos los socios sean profesionales certificados, capaces de avanzar en el desarrollo vial del país”. Este enfoque en la certificación refleja su compromiso con la excelencia técnica y administrativa.

Cuando se le pregunta qué la motiva a seguir creciendo, su respuesta es clara: contribuir a una mejor sociedad a través de una infraestructura vial de calidad. Su compromiso se refleja no solo en su trabajo actual, sino también en los proyectos que lidera para agilizar los procesos administrativos y reducir la burocracia en la obra pública.

“Todos somos usuarios de las vías de comunicación, y mi meta es dejar un legado de eficiencia e innovación en la administración de obras públicas”, asegura.

La Ing. de la Cruz invita a los jóvenes ingenieros civiles a invertir en su desarrollo profesional. “Capacítense continuamente y acérquense a asociaciones relacionadas con la ingeniería civil. Estas organizaciones son el punto de partida para un crecimiento profesional sólido”, recomienda. Para ella, la profesionalización del sector es clave para atender las necesidades de infraestructura del país de manera más efectiva.

La evolución de la ingeniería civil en México, especialmente en el ámbito de la obra pública, es prometedora, pero requiere un enfoque renovado. La Ing. de la Cruz enfatiza la necesidad de contar con profesionales certificados y comprometidos, capaces de innovar y adaptarse a las demandas actuales. Su trayectoria demuestra que el cambio es posible cuando se combinan pasión, disciplina y una visión clara.

Con una sólida carrera la Ing. Emma Olivia de la Cruz Flores se ha posicionado como una líder que prioriza la eficiencia, la innovación y el impacto social. Su legado no solo reside en los proyectos realizados, sino también en el ejemplo que brinda a las futuras generaciones de ingenieros civiles: construir un México mejor desde sus vías de comunicación.

DONAS, GATOS Y MÁS. ENTENDIENDO LAS APLICACIONES DE LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES EN LA INGENIERÍA CIVIL.

Ing. Ulises Osmar Rangel Rivera.
Universidad de Guanajuato. uo.rangelrivera@ugto.mx.

RESUMEN

La inteligencia artificial ya tiene usos en la ingeniería civil, y en el futuro únicamente habrá más herramientas que acelerarán nuestra manera de trabajar o incluso la mejorarán, pero es importante que como profesionales entendamos cómo funcionan estas herramientas, por ejemplo, las redes neuronales artificiales totalmente conectadas lo que hacen es crear una representación nueva de un conjunto de datos que no pueden ser separados con una línea simple; otro ejemplo de estos sistemas son las redes neuronales artificiales convolucionales que aprenden y construyen patrones que les permiten identificar formas en los datos que toman como entradas, éstos pueden ser imágenes, videos e información con formato de imagen.

En carreteras se han utilizado redes neuronales artificiales convolucionales en la optimización de tareas de gabinete como la creación de inventarios, el autor ha realizado esto, se han diseñado sistemas que pueden identificar el daño en estructuras de concreto lo cual resulta útil en la evaluación de infraestructura existente en vías de comunicación y las redes neuronales artificiales totalmente conectadas se han utilizado en carreteras para detectar el flujo del tráfico utilizando información de registros existentes e información en tiempo real, lo cual puede ayudar con la determinación de mejores rutas con el objeto de ayudar con el manejo de tráfico en la ciudad, estas son solo algunas de las muchas aplicaciones existentes de estas metodologías en el área de las carreteras.

Abstract: En el siguiente artículo se presentan de forma resumida y sencilla los mecanismos principales bajo los que operan las redes neuronales artificiales totalmente conectadas, las redes neuronales artificiales convolucionales y como se han utilizado en la Ingeniería Civil en algunas aplicaciones relacionadas con las áreas de transporte y las carreteras en el mundo y en México.

Abstract: The following article presents in a summarized and simplified manner the principal mechanisms involved in the operation of fully connected artificial neural networks, artificial convolutional neural networks, and how they've been used in some applications in civil engineering specifically in the context of roads and transportation around the world and in Mexico.

Keywords: IA (Inteligencia artificial), Ingeniería Civil, transporte, carreteras, Redes neuronales artificiales.

EL PRESENTE

Actualmente la inteligencia artificial está en todos lados en nuestros teléfonos, autos y hasta en el refrigerador (Samsung y LG tienen productos actualmente en venta que utilizan estos sistemas), algo que antes parecía ciencia ficción hoy es totalmente normal por lo que no es sorprendente encontrar usos para estas herramientas en nuestra disciplina, para ser específicos los métodos que se están utilizando en la ingeniería civil tienen que ver con el aprendizaje de máquina (o en inglés machine learning) una rama de la inteligencia artificial que tiene como objetivo “darle a las computadoras la habilidad de aprender sin ser programadas de manera explícita” de acuerdo con Géron (2019, pág. 2) que cita Arthur Samuel (1959), esto es dejar que las computadoras utilicen la información que les damos para ejecutar tareas sin decirles exactamente qué pasos específicos deben seguir.

¿Qué es no programar de manera explícita una computadora?, bueno en lugar de crear una receta de pastel que tiene paso a paso lo que se debe hacer, únicamente le daremos datos al sistema y este realizará una tarea general, puede ser clasificación o regresión que son las actividades más comunes en las que se utilizan estas herramientas.

La frase “receta de pastel” se refiere a una serie de instrucciones muy específica que incluye todas las consideraciones que se tienen que hacer para poder desempeñar una tarea.

A continuación, se presenta “La receta de pastel” en la forma de una lista de pasos generales:

1. Importar librerías: funciones existentes que pueden ser útiles.
2. Definir variables y funciones: creamos las funciones que usaremos, definimos los parámetros que utilizaremos y sus valores.
3. Procesar información o crear información: crea la secuencia de operaciones que te devolverán la información que quieres obtener con tu programa.
4. Visualizaciones: presentas la información de manera visual si es tu objetivo.
5. Final del programa.

En la lista de pasos anteriores debemos tener claro como iremos resolviendo nuestro problema, quizá primero dividiendo el problema en otros más pequeños o si encontramos una solución simple entonces resolvemos todo en pocos pasos.

Ahora se tiene que recordar que todo esto de diseñar un sistema de inteligencia artificial utilizando machine learning (ML) se hace a través de un lenguaje de programación, en donde vamos a crear un proceso con instrucciones específicas sobre cómo se manejará la información en el sistema como podemos ver en la siguiente lista:

1. Importar librerías.
2. Definir ubicación de bases de datos.
3. Transformaciones a las imágenes.
4. Definición de cómo se le dará la información a la red.
5. Definición de la estructura de la red (capas) o carga de un modelo existente.
6. Definición de optimizador y función de pérdida.
7. Definición del entrenamiento y la validación.
8. Visualizaciones del desempeño de la red.

En la lista anterior podemos ver que solo estamos dando información, una guía para lo que el programa hará y con que, no estamos en ninguna parte especificando el problema que se va a resolver.

ALGUNAS APLICACIONES DE ML EN CARRETERAS

En los últimos años varias aplicaciones del aprendizaje de máquina se han desarrollado para resolver o agilizar tareas de la ingeniería civil (yo mismo desarrollé un sistema para mi trabajo de tesis) en el contexto de las carreteras se han utilizado para:

- Crear un mapa de los dispositivos de seguridad presentes en la carretera para evaluar el impacto que produce la infraestructura de transporte en el medio natural, por medio de las colisiones entre los vehículos y la fauna (Wildlife-Vehicle Collisions) de acuerdo con la investigación de Graf, S. et al. (2019).
- Detectar grietas en estructuras de concreto como se hizo en la investigación de Mohamad, A. et al. (2019)
- En la prevención de congestión en vías de comunicación Sempere-García et al. (2017)
- Detectar de forma automática daños en la superficie de la carretera como hicieron en su investigación Chun y Ryu (2019)

Estos métodos, si bien no son sencillos se pueden explicar y entender de una manera simple, en este artículo se dará respuesta a lo siguiente:

- ¿Por qué funcionan las redes neuronales artificiales totalmente conectadas?
- ¿Por qué funcionan las redes neuronales artificiales convolucionales?

Se comenzará explicando el mecanismo más importante de ambos sistemas, es decir lo que les permite hacer clasificación de datos y regresión que son las actividades en las que se utilizan más a menudo. Haré uso de un poco de matemáticas sencillas acompañadas de visualizaciones, ejemplos de su aplicación y el funcionamiento básico de estas aplicaciones en la ingeniería civil que he mencionado.

REDES NEURONALES ARTIFICIALES TOTALMENTE CONECTADAS

Las redes neuronales artificiales provienen de una abstracción del funcionamiento de una neurona biológica, estas reciben información, la procesan y después esta información se envía a otras neuronas o no, claro el proceso es más complejo, pero en pocas palabras esto es lo que hacen.

La red totalmente conectada hace algo similar, recibe datos, los procesa y después nos devuelve un resultado, este resultado se puede interpretar como una probabilidad cuando estamos haciendo clasificación debido a que esta salida de la red siempre será un valor entre 0 y 1, también podemos interpretar el resultado como una medida de lo cercana que es la información que entró a una de las clases que estamos tratando de identificar, ya sean imágenes o datos relacionados con muestras de medidas reales.

Por ejemplo, tenemos dos conjuntos de datos uno con información de uvas y otro con información de manzanas de las cuales estamos midiendo su altura y el peso; utilizando un par de ejes coordenados (x, y), será posible graficar las características de estas frutas, por lo que podríamos diseñar un sistema para identificarlas de manera automática, este sistema haría predicciones sobre el tipo de fruta que se está midiendo a través de un dispositivo.

Si hiciera la explicación numérica de cómo la red totalmente conectada logra su objetivo pasaría mucho tiempo introduciendo conceptos que son específicos del diseño de estos sistemas, pero existe un camino más sencillo, aunque menos preciso y específico, pero refleja lo que ocurre en el sistema.

La manera en la que nuestra red totalmente conectada puede distinguir una fruta de otra solo viendo los datos asociados a cada una de las clases (se requieren cientos o miles de muestras de ambos parámetros para cada fruta) puede ser explicado geométricamente usando una analogía que involucra ¡donas!

¿Donas? A todos nos gustan, pero para los matemáticos específicamente para los topólogos las donas tienen un significado especial, pues se utilizan para explicar el concepto de homeomorfismo pues el convertir una dona en una taza de café es un ejemplo de esta idea, porque podemos en teoría deformar una taza de café sin romperla hasta convertirla en una dona y viceversa pues “dos espacios son homeomorfos cuando uno de ellos puede «deformarse sin romperse» hasta obtener el otro” de acuerdo con Wikipedia (2020).

Reglas sencillas para un juego complejo, pero la idea es que mientras se preserven ciertas condiciones relacionadas con el tipo de operaciones realizadas podemos en teoría transformar una dona en una taza de café como se muestra en las siguientes imágenes:



Ilustración 1. Dona

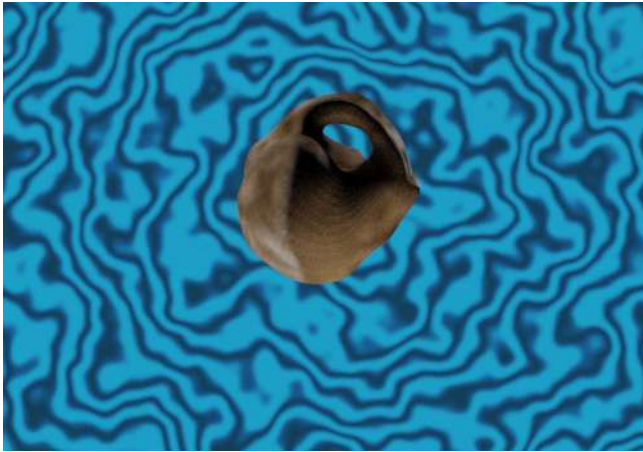


Ilustración 2. Dona después de transformaciones



Ilustración 3. Paso previo a la transformación en taza.



Ilustración 4. Dona transformada en taza.

¿Que tiene que ver esto con las redes neuronales artificiales? La forma en la que operan específicamente las redes neuronales artificiales totalmente conectadas puede crear una dinámica que se puede comparar con el concepto de homeomorfismo, este concepto de acuerdo con Wikipedia (2020) es “una función de un espacio topológico a otro, que satisface tres condiciones: es biyectiva, es continua y su inversa también es continua”.

Las redes totalmente conectadas pueden tener operaciones básicas (depende de las funciones específicas usadas en cada red) que son y realizan (en términos sencillos) lo siguiente:

- Productos que estiran
- Sumas que desplazan los datos en el espacio
- Funciones biyectivas continuas aplicadas puntualmente que introducen no linealidad en el sistema

Como lo explica Olah (2014) en su excelente artículo de blog en donde especifica las condiciones que deben satisfacer estas operaciones para considerarse homeomorfismos con la terminología matemática precisa.

Todo esto ocurre en esta ecuación:

$$s_j = \varphi\left(\sum_{i=0}^n w_i * x_i + b_j\right)$$

En la ecuación anterior φ representa la función no lineal (pero puede ser casi-lineal), w_i representa el peso i , x_i representa un dato (valor numérico) i que entró a la red, b_j representa el valor de sesgo asociado a la neurona j de la red y por último s_j representa la salida de la neurona j .

Esta ecuación es la que se utiliza en toda la red para transferir información entre una capa y otra, incluso se utiliza al momento de determinar la probabilidad de clase cuando utilizamos la red totalmente conectada como un clasificador (un clasificador puede decirnos si tenemos uvas o manzanas solo viendo datos, volviendo al ejemplo que introduje previamente). Esta ecuación modifica los datos de una manera que se puedan separar con una línea recta.

¿Entonces cómo se ve esto? Sé que es abstracto pero una vez que lo vemos el proceso deja de ser tan misterioso, como nos lo muestran la siguiente serie de gráficos

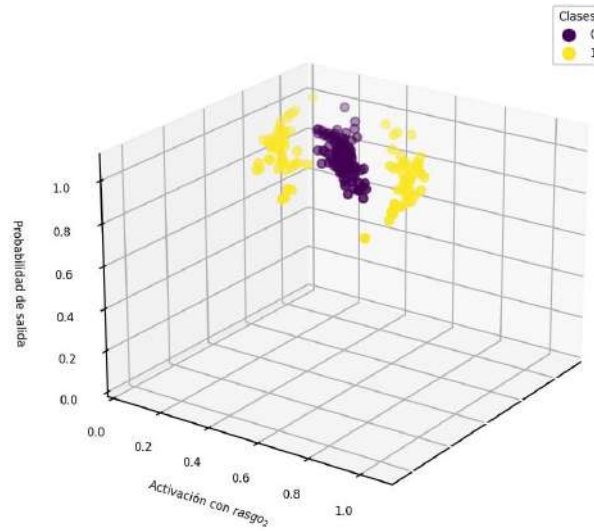


Ilustración 5. Distribución inicial de datos no separable linealmente.

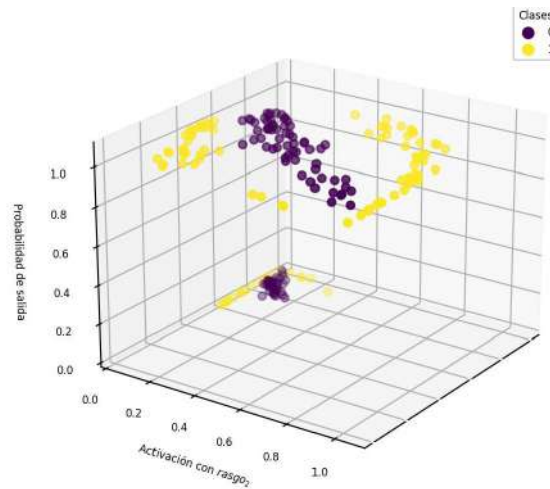


Ilustración 6. Transformación de la distribución de los datos.

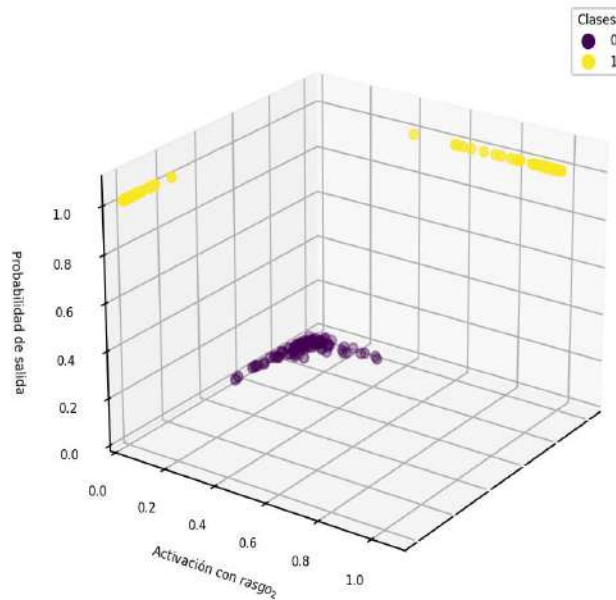


Ilustración 7. Base de datos transformada en una interpretación linealmente separable.

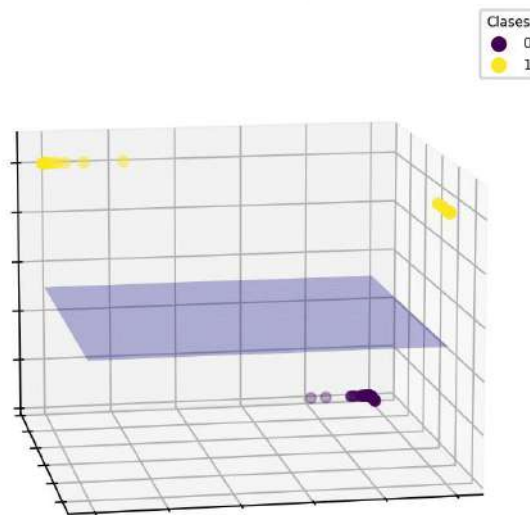


Ilustración 8. Base de datos separada por un plano.

En las imágenes anteriores podemos ver como un conjunto de datos que no puede ser dividido por una línea recta al final de nuestro proceso de entrenamiento es transformado en una interpretación que puede ser organizado en dos montoncitos fácilmente separados por una línea recta o un plano (en dimensiones mayores a 3 sería un hiperplano), en términos técnicos esto es dividir en conjunto de datos en dos clases con una frontera de decisión. Por esta razón estas redes pueden hacer esta tarea de clasificación, y de regresión.

En el caso de la regresión lo que ocurre es que la red diseña una curva que puede ajustarse bien a los puntos en la distribución que se le está mostrando, aunque dependiendo de la profundidad y cantidad de neuronas en la red podemos enfrentarnos con el problema del sobreajuste que hace que la red no pueda hacer buenas predicciones.

La manera sencilla de explicar esta aplicación es que el sistema toma información de los autos y de registros existentes relacionados con el tráfico en las vías de comunicación, para determinar cuándo se debe elegir una ruta alternativa, desviando así el tráfico para evitar la congestión en algunas vialidades. Sistemas como este también se pueden utilizar para actualizar señaléticas que les informen a los conductores con anticipación para que seleccionen sus rutas sin depender de un sistema específico.

¿Por qué podemos hacer esto? Porque podemos enseñarle a nuestro modelo información de datos reales y dejar que él aprenda los rasgos que distinguen una situación de otra a través del entrenamiento, esto creará la interpretación interna que le permite al modelo, en este caso, identificar una situación con mucho tráfico y una situación sin tráfico.

Ahora que sabemos porque funcionan las redes neuronales artificiales totalmente conectadas podemos hablar acerca de las redes neuronales artificiales convolucionales, comenzando con una investigación hecha en felinos (al principio) que tuvo un papel importante en su desarrollo.

REDES NEURONALES ARTIFICIALES CONVOLUCIONALES

¡Gatos!, ¿qué tienen que ver los gatos con las redes neuronales convolucionales? Bueno además de tener neuronas, los descubrimientos que inspiraron la primera red neuronal artificial convolucional surgieron de una serie de estudios hechos en gatos realizados por David H. Hubel y Torsten Wiesel en 1958 y 1959 de acuerdo con Gerón (2019).

De acuerdo con Gerón (2019) en sus investigaciones David H. Hubel y Torsten Wiesel encontraron que muchas neuronas en la corteza visual tienen pequeños campos receptivos locales. Entonces, solo reaccionan a un estímulo localizado en una región limitada del campo visual y algunas de estas neuronas podrían compartir campo receptivo pero reaccionar a patrones distintos, algunas reaccionaban a líneas horizontales, otras a líneas de

diferentes orientaciones, y también había neuronas que reaccionaban a patrones más complejos que eran combinaciones de patrones sencillos, de ahí surgió la idea de que las neuronas de niveles más profundos se basaban en las salidas de neuronas en niveles superficiales.

En palabras de David H. Hubel en Hubel and Harvard Medical School, Department of Neurobiology (1981) *“Estábamos insertando el portaobjetos de vidrio con su punto negro en la ranura del oftalmoscopio cuando repentinamente en el monitor de audio la célula comenzó a dispararse como una metrallera, después averiguamos que estaba pasando, la respuesta de la célula no tenía nada que ver con el punto negro. Cuando el portaobjetos fue insertado su borde proyectó una sombra tenue pero afilada, esencialmente una línea recta oscura sobre un fondo claro. Eso era lo que la célula quería, solo en un rango estrecho de orientaciones.”*, en esa investigación lo que trataban de hacer con el portaobjetos con puntos negros era ver a que reaccionaban las células en la retina del gato, partiendo de ese resultado accidental comenzaron a describir como estaban estructuradas las células en los ojos de los gatos y que función tenía cada tipo.

Estas investigaciones inspiraron el diseño del neocognitron, en 1980, lo que inspiró el diseño de la red neuronal convolucional años más tarde, el neocognitron de Kunihiko Fukushima era una red neuronal artificial que tenía la peculiaridad de no verse afectada tanto por la traslación (no cambia la orientación del objeto sólo su posición) del patrón a detectar lo cual hasta su desarrollo era un problema que no había sido resuelto con éxito de acuerdo con Fukushima (1980), este diseño de red poseía una similitud estructural a la propuesta del sistema nervioso visual hecha por Hubel y Wiesel. Más adelante Yann-LeCun introdujo el esquema de la arquitectura de LeNet-5 de acuerdo con Geron (2019) esta red introdujo dos innovaciones, las capas de convolución y de muestreo, en las primeras capas de convolución las neuronas no están conectadas a todos los píxeles de la imagen pero solo a los de sus campos receptivos, en la segunda capa solo se conectan a una región que contiene los resultados del

procesamiento de algunos de los campos receptivos previos, esto le permite a la red concentrarse en características pequeñas al inicio hasta llegar a rasgos más complejos en capas convolucionales posteriores, esta estructura jerárquica de patrones es común en imágenes reales según Gerón (2019) por lo que estas redes generalmente se utilizan con ellas.

Las capas de convolución y muestreo se encargan de resaltar patrones en las imágenes que entran en la red, la capa de convolución lo que hace es crear diferentes versiones de la imagen que entró a la red a través del uso de filtros convolucionales, cada uno resalta aspectos distintos de la imagen (pueden suavizar, resaltar bordes, etc.) y después tenemos

una capa de muestreo que hace algo similar pero reduciendo el tamaño de la imagen, esto tiene el efecto de mostrar características más generales que le ayudan al sistema a aprender patrones nuevos.

Los filtros en la red neuronal convolucional resaltan rasgos diferentes dependiendo de qué tan profundo estén en la red: los primeros patrones sencillos, los siguientes patrones compuestos de los anteriores, los últimos filtros patrones que ayudan a diferenciar entre cada clase, en la siguiente imagen podemos ver el efecto que tienen los filtros en las imágenes que entran a la red.

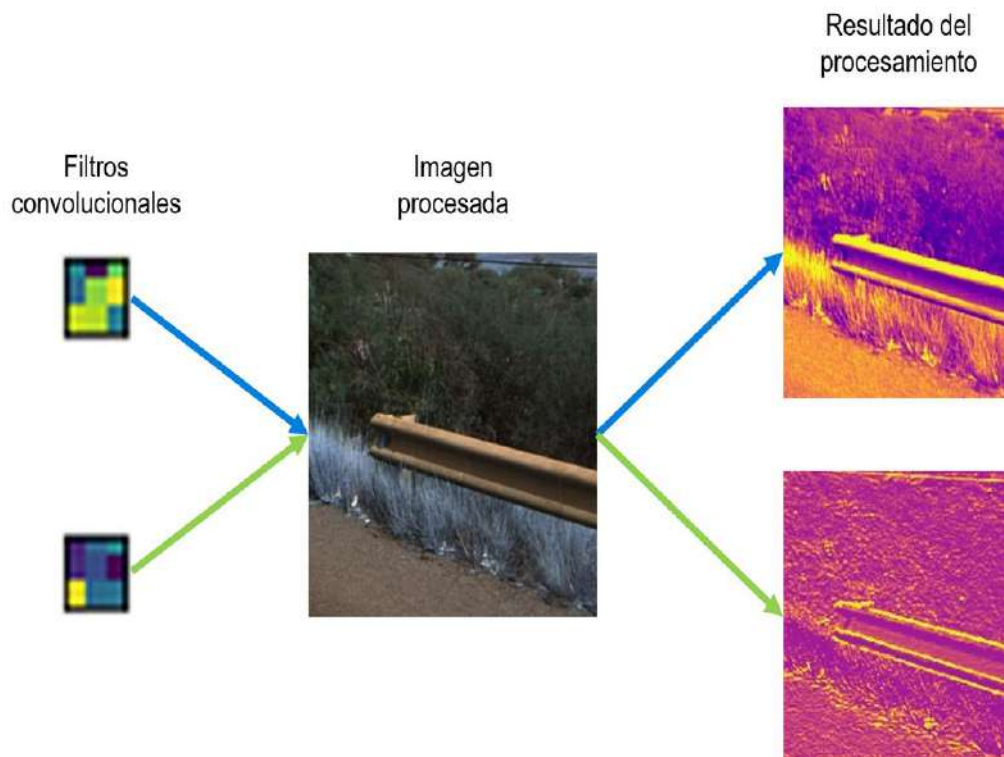


Ilustración 9. Filtros convolucionales a afectando una imagen de una defensa metálica (Imagen de la defensa metálica obtenida de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes utilizando su portal web Recorridos Virtuales (sctcloud.com.mx))

Entonces las neuronas de la red se activan con una intensidad proporcional a lo cerca que están los rasgos resaltados de los que ha aprendido que le pertenecen a una de las clases que esta diseñada para identificar (cuando hablamos de clasificadores), en las siguientes imágenes las partes en amarillo representan valores de activación grandes y las partes en morado valores pequeños.

Estos rasgos que ha aprendido la red están codificados en los valores de peso y sesgo que tiene

la red, y dependen enteramente de lo que se haya modificado durante el entrenamiento con nuestro algoritmo de optimización.

El punto es que la salida de todo este proceso es una serie de valores numéricos que pueden o no estar cerca de lo que ha aprendido nuestro modelo a través de todos los ejemplos que se le mostraron, esta cercanía se verá reflejada en la probabilidad de salida de la red al procesar los resultados de la extracción de rasgos ya que las imágenes de los mapas de activación, producto de las operaciones de extracción de rasgos

no son suficientes para que podamos saber que tan bueno será el sistema (aunque nos da una idea muy buena).

Lo que aprenda nuestro modelo no sigue nuestros sesgos humanos, por lo que el sistema puede identificar rasgos que simplifican la tarea pero que para nosotros no parecen tener sentido, considero que esa es la magia de estos sistemas, el potencial de encontrar algo novedoso en aquello que nos puede parecer mundano.

Algo curioso es que si le damos un formato de imagen a nuestros datos también pueden hallar patrones en ellos, debido a que los píxeles de las imágenes están correlacionados, si nuestros datos presentan estas características también pueden ser utilizados en una red convolucional, como algunas investigaciones lo han mostrado entre ellas la de Ghazvineh, S. et al., (2021) donde presentan un método para detectar daños en estructuras de marcos de acero utilizando información de acelerómetros.

HACIA UN MAÑANA BRILLANTE

En las aplicaciones de ingeniería civil que mencione con anterioridad, las cuales fueron Chun y Ryu (2019), Mohamad, A. et al. (2019) y Graf, S. et al. (2019), lo que se hace es bastante sencillo, se le muestran imágenes a la red de las cosas que queremos que identifique y entrenamos el modelo, claro dependiendo de lo que deseemos nuestra red puede identificar objetos de maneras diferentes, como es el caso de la aplicación de identificación de grietas en concreto donde se requieren técnicas especiales para que pueda identificar esos detalles pequeños, pero en pocas palabras solo es esto, mostrarle a la red las clases que queremos que identifique y sus posibles variaciones para prepararla para las condiciones del mundo real.

Entonces si podemos entender cómo funcionan los sistemas a nivel general, podemos darnos una idea de los requisitos que se deben cumplir para que nuestro problema pueda ser solucionado utilizando una herramienta como las que he expuesto en este artículo, por ejemplo, si queremos utilizar una red neuronal artificial convolucional necesitamos al menos dos condiciones:

- Rasgos identificables en ambas categorías (o entre todas nuestras categorías).
- Acceso a una base de datos con posibles variaciones de las categorías a identificar en el entorno de trabajo.

Si vamos a usar una red totalmente conectada podemos pensar en el ejemplo sencillo de un conjunto de datos para el cual deseamos una curva con la que podamos hacer predicciones (tarea de regresión), en estos casos sólo necesitamos asegurarnos de que nuestros datos sean correctos y estén lo más limpios que se pueda.

Pensando en todo lo anterior creo que podemos decir que al menos la idea de la inteligencia artificial ya no involucra cajas negras o entidades digitales de intenciones desconocidas, pero si sistemas con procesos que se han ido desarrollando con el tiempo y si bien no son sencillos tienen una explicación.

Nuestro futuro es incierto, pero algo que podemos decir sin temor a equivocarnos es que la IA (Inteligencia Artificial) formará parte de él, y su impacto en nuestra disciplina no será insignificante.

¿Entonces cómo usarás estas herramientas de IA en tu vida diaria? ¿Optimizarás tu trabajo o solo dejarás que te recomienden películas en plataformas de streaming?

Preguntas del siglo 21.

BIBLIOGRAFÍA

- Sempere-García, D., Montero, S., Sepulcre, M., & Gozalvez, J. (2017). Predicción del Estado del Tráfico Usando Redes Neuronales y Datos FCD del Vehículo Conectado. In UWICORE Lab. Universidad Miguel Hernández De Elche (UMH). Avda. Universidad S/N, 03202, Elche. [Journal-article]. https://uwicore.umh.es/files/paper/2017_national/URSI2017_PrediccionFCD_DanielSempereGarcia.pdf
- Graf, S., Pagany, R., Dörner, W., and Weigold, A. (2019). Georeferencing of road infrastructure from photographs using computer vision and deep learning for road safety applications. Proceedings of the 5th International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management. <https://doi.org/10.5220/0007706800710076>.
- Géron, A. (2019). Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems. O'Reilly Media, 2nd ed edition.
- Mohamad, A., Harris, D., and Miller, G. (2019). Robust pixel-level crack detection using deep fully convolutional neural networks. Recuperado el 26 de Diciembre, 2022 de [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000854](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000854). Journal of Computing in Civil Engineering.
- Chun, C., & Ryu, S. (2019). Road surface damage detection using fully convolutional neural networks and Semi-Supervised Learning. Sensors, 19(24), 5501. <https://doi.org/10.3390/s19245501>
- Colaboradores de Wikipedia (2020). Homeomorfismo. Recuperado el 13 de abril, 2022 de <https://es.wikipedia.org/wiki/Homeomorfismo>. Wikipedia, la enciclopedia libre.
- Sotaquirrá, Miguel. (2021). La Neurona Artificial. Recuperado el 15 de Septiembre, 2024 de 2.8 - La Neurona Artificial | Codificando Bits. Codificando bits.
- Hubel, D. H. & Harvard Medical School, Department of Neurobiology. (1981). EVOLUTION OF IDEAS ON THE PRIMARY VISUAL CORTEX, 1955-1978: A BIASED HISTORICAL ACCOUNT. In Nobel Lecture [Journal-article]. <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/hubel-lecture.pdf>
- Fukushima, K. (1980). NeoCognitron: a self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position. In Biological Cybernetics (Vols. 36-36, pp. 193-202) [Journal-article]. Springer-Verlag. <https://www.rctn.org/bruno/public/papers/Fukushima1980.pdf>
- Ghazvineh, S., Nouri, G., Lavassani, S., Gharehbaghi, V., and Nguyen, A. (2021.). Application of 2-d convolutional neural networks for damage detection in steel frame structures. Recuperado el 26 de Diciembre, 2022 de <https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.15895>. Arxiv.



TRAFIVOL

BASE AGUA • BASE SOLVENTE

Una carretera bien señalizada es una carretera SEGURA.
LÍDERES EN SEÑALAMIENTO DE TRÁFICO.

MÁXIMO DESEMPEÑO
Pintura para
señalamiento
de tráfico



- FÓRMULAS AVANZADAS
- CUMPLIMOS CON ALTOS ESTÁNDARES DE CALIDAD
- MEJOR DESEMPEÑO
- MAYOR DURACIÓN

Nuestros productos cumplen con las Normas
SCT N-CMT-5-01-001/23 y NMX-C-451-ONNCCE-2009.

OFICINA GUADALAJARA
Tels. 333 645 9406

PLANTA MORELIA
Tels. 443 323 1348, 443 323 1361

OFICINA MEXICO
Tels.: 555 564 5701, 555 564 7206

WHATSAPP
443 202 9024

www.volton.com.mx ventas@volton.com.mx

SAUCEDO ARQUITECTOS

- ☐ ARQUITECTURA
- ☐ INGENIERÍA
- ☐ CONSULTORÍA
- ☐ PROVEEDOR EMPRESARIAL



Panorámica, Guanajuato Centro
C.P. 36000



473 652 3400



Saucedo Arquitectos



Saucedo Arquitectos

EFFECTO EN LA CALIDAD DE LA VÍA Y REDUCCIÓN DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN CON EL EMPLEO DE SUELAS BAJO DURMIENTE

Ing. Civil Alfonso Pérez Salazar.

Jefe de Grupo de Investigación "Evaluación y Monitoreo de Vías Terrestres" División de Laboratorios de Infraestructura de Vías Terrestres, Instituto Mexicano del Transporte. aperez@imt.mx

Mtra. en Ciencias Norma Patricia Curiel Iñiguez.

Investigadora Especialista en Grupo de Mecánica de Suelos y Materiales Granulares, Instituto Mexico del Transporte. normalcuriel@imt.mx

Ing. Civil Federico Castro Mondragón.

Investigador Especialista en Equipos de medición superficial y estructural. Profesor de Aeropuertos, Instituto Politécnico Nacional.

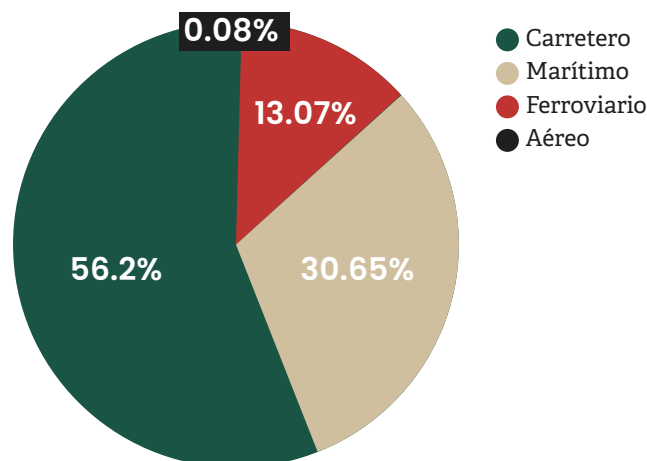
El sistema ferroviario ha experimentado incrementos importantes en el transporte de pasajeros y de carga, producto de la globalización. El transporte por ferrocarril es altamente competitivo cuando se trata de mover mercancías de gran volumen y peso a largas distancias. México cuenta con una extensión de vía férrea de 26 914 km de los cuales 23 731 km se encuentran en operación y casi 23 000 km corresponden a vía principal y secundaria, Figura 1



Fuente: Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario [ARTF]. (2023). Atlas del Sistema Ferroviario Mexicano. [Consulta en línea]. <https://www.gob.mx/artf/documentos/mapas-del-sistema-ferroviario-mexicano>

Figura 1. Red Ferroviaria en México

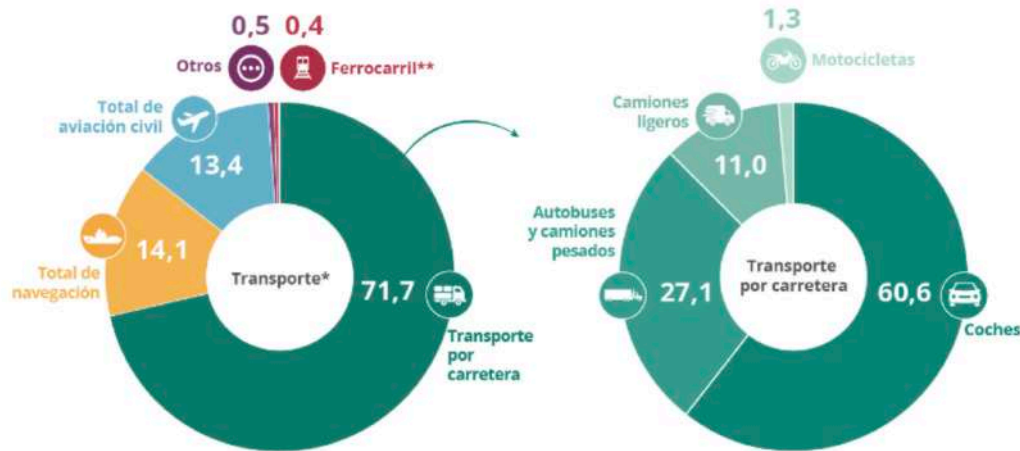
De acuerdo con el Anuario Estadístico Ferroviario 2022 entre el 2016 y 2022 se han transportado 6 737.37 millones de toneladas de carga, la mayor parte se mueve por carretera, 56%; solo el 13% de la carga se mueve por ferrocarril, Figura 2.



Fuente: Anuario estadístico ferroviario 2022

Figura 2. Distribución de carga por tipo de transporte en México del 2016-2022

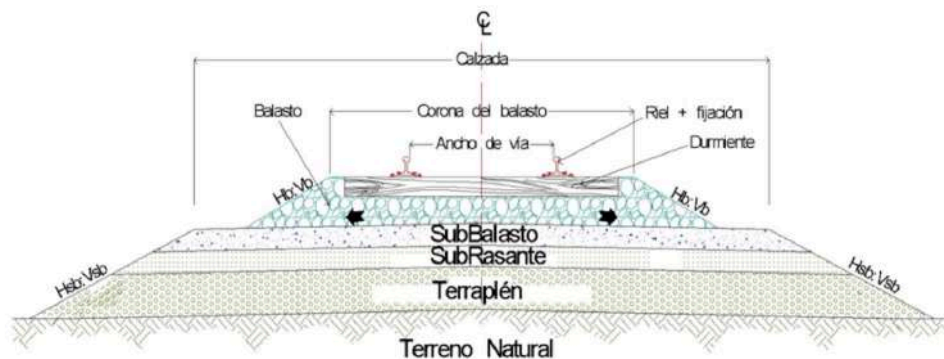
De acuerdo con la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA), casi tres cuartas partes de los gases de efecto invernadero emitidos en la Unión Europea proceden del transporte por carretera, principalmente de los automóviles y el transporte por ferrocarril corresponde a uno de los medios que emite menos gases, Figura 3. Dentro de las medidas que propone la AEMA para la sostenibilidad del sector transporte en Europa, se propone cambiar a modos de transporte más ecológicos como: pie, bicicleta, tren y navegación interior.



Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente
Figura 3. Impacto ambiental por el modo de transporte en Europa.

COMPONENTES DE LA VÍA FÉRREA, SUELAS BAJO DURMIENTE (SBD)

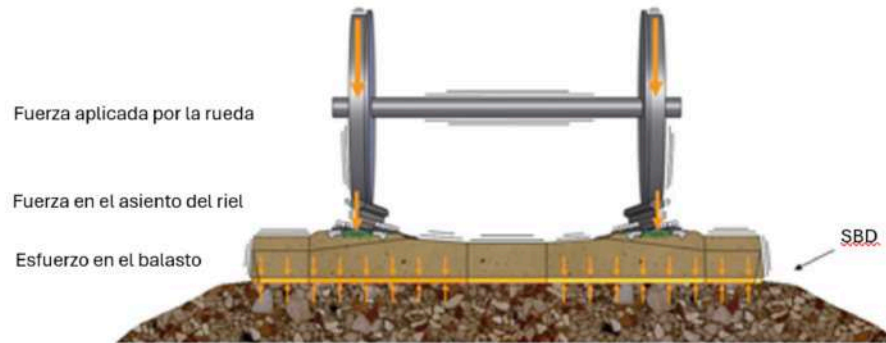
Los componentes principales de la vía férrea no han presentado gran cambio con el paso de los años, algunos han presentado avances tecnológicos, sin embargo, en esencia, sus componentes son la superestructura formada por; rieles, fijación riel-durmiente, durmientes, apoyado sobre un lecho con un grado de flexibilidad constituido por balasto, la subestructura formada por subbalasto, subrasante y terraplén, y los elementos de sujeción, que desempeñan un papel crucial en la seguridad, estabilidad y eficiencia de la vía férrea (Montoya, G. 2020). En la Figura 4 se puede observar una sección típica de vía férrea.



Fuente: Guerrero, F., 2017
Figura 4. Sección transversal de vía férrea en terraplén.

Se han presentado innovaciones en la superficie de contacto entre el durmiente y el balasto, agregando las suelas bajo durmiente que aumentan la superficie de contacto entre los elementos y reducen los esfuerzos sobre los bordes de durmiente, su uso ha mostrado un incremento en la vida útil del balasto, mejor absorción de ruido, reducción de vibraciones y de asentamientos locales (Seoane, T. A., 2013). Experiencias en diferentes países demuestran que las suelas bajo durmiente (SBD) prolongan la vida útil de la superestructura de la vía y ayudan a reducir los costos del ciclo de vida.

Los SBD representan una evolución de los componentes elásticos clásicos utilizados en la construcción de vías permanentes. Se instalan adicionalmente en la superficie inferior de los durmientes y aumentan el grado de elasticidad vertical en la superestructura de la vía. Su objetivo es transmitir las cargas de los rieles, las sujeciones de riel y los durmientes de la superestructura a la subestructura, Figura 5.



Fuente: Schilder, 2007

Figura 5. Suelas bajo durmiente (SBD) dentro de la superestructura de la vía.

En Europa se utilizan desde mediados de los años ochenta y se instalan en las líneas principales para velocidades de tren de hasta 300 km/h. También se utilizan cada vez más en desvíos, así como para mejorar la geometría de la vía y reducir las vibraciones, como alternativa a las mantas bajo balasto.

La vía sobre balasto sigue siendo la forma de construcción más utilizada para las vías férreas. Sin embargo, debido al aumento constante de las cargas por eje y de la velocidad de los trenes, las cargas operativas aumentan gradualmente. Como eslabón más débil de la superestructura tradicional de la vía, el balasto está sometido a asentamientos dinámicos permanentes, casi el 70% se debe a la deformación propia de la capa de balasto en las vías con durmientes de concreto (Seoane, T. A., 2013), así como problemas de desgaste que incrementan los costos de mantenimiento e inhabilitación de vía durante el mantenimiento (García M. M. I., Miramontes V. V., 2010). Las cargas transmitidas por los durmientes provocan el deterioro del balasto, causado por la abrasión y el agrietamiento, que conducen a la rotura y desintegración de los granos de balasto individuales. Estos daños en el balasto repercuten negativamente en la geometría y la calidad de la vía.

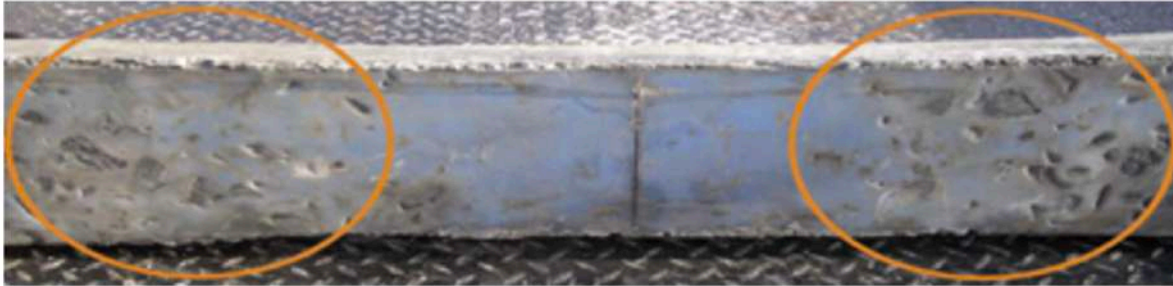
El uso selectivo de suelas bajo durmiente puede ayudar a retrasar este proceso de las siguientes maneras:

- Aumento de la superficie de contacto entre el durmiente y el balasto desde un 5% a 8% sin suelas, hasta un 30% a 35% con suela bajo durmiente para un módulo elástico de $C=0.2 \text{ N/mm}^3$
- Reducción del esfuerzo transmitido al balasto desde un 10% hasta un 25%
- Reducción de la fuerza de impacto en la capa de balasto causada por los durmientes suspendidos que no presentan contacto cabal con la capa superior del balasto
- Reducción de las vibraciones en la capa de balasto y de su transmisión al entorno

Por estas razones, las SBD se han adoptado como componente estándar en varias redes ferroviarias europeas y se están implantando en ubicaciones especializadas de América del Norte y del Sur, Australia y Asia.

Al haber más contacto entre el durmiente y las partículas de balasto se reduce el daño en el fondo del durmiente y en las partículas debido a la abrasión, ya que, ambos experimentan menores esfuerzos generales. La Figura 6 muestra un durmiente con SBD después de 4.5 años de funcionamiento. Este durmiente se instaló en una de las líneas más utilizadas de Bad Krotzingen en Alemania y muestra las hendiduras producidas por las partículas del balasto en las zonas de carga después de 190 millones de toneladas de carga. Hay menos hendiduras en el centro del durmiente, ya que el balasto no se compacta en esa zona, a pesar de la enorme carga operativa, no se ha producido ninguna perforación u otro tipo de destrucción del material de relleno elástico. Las hendiduras en la capa elástica necesarias para garantizar una resistencia suficiente contra el desplazamiento horizontal, es decir, el pandeo del riel, contribuyen a estabilizar la capa superior de

balasto. Las cargas dinámicas se transfieren a zonas más profundas del balasto y, al mismo tiempo, la mayor superficie de contacto del durmiente da lugar a un asentamiento más uniforme.



Fuente: Schilder, 2007

Figura 6. Suela bajo durmiente después de 190 millones de toneladas de carga.

La tendencia actual para reducir el desgaste del balasto y estabilizar adecuadamente a la superestructura de la vía es utilizar suelas más rígidas, con módulo elástico mayor o igual a $0,2 \text{ N/mm}^3$ ($C \geq 0,2 \text{ N/mm}^3$).

En general, puede conseguirse una prolongación de la vida útil de todo el sistema gracias al perfeccionamiento y la optimización de la vía sobre balasto utilizando durmientes con suelas.

PROPIEDADES Y EXPERIENCIAS DE USO DE SBD

Los elastómeros de las SBD han sido probados y utilizados por los principales operadores ferroviarios de Europa durante más de 15 años. Estos elastómeros de poliuretano (PUR) son extremadamente resistentes y presentan muy poca rigidez dinámica. Además de la mejora de la calidad de la geometría de la vía y la estabilidad de esta mediante el uso de la SBD, una de las principales ventajas de su uso a largo plazo es la posibilidad de reducir la altura de la capa de balasto.

De acuerdo con Schilder, 2007, se han evidenciado experiencias positivas en la utilización de SBD a partir de mediciones realizadas durante el periodo 2001-2008 en un tramo de vía de prueba en Markersdorf (Austria). En la Figura 7 se muestran las mediciones en el tiempo de la desviación estándar del nivel longitudinal del riel en donde puede apreciarse una mejora sustancial del comportamiento con la utilización de las suelas bajo durmiente en comparación con los tramos contiguos que no las tienen.

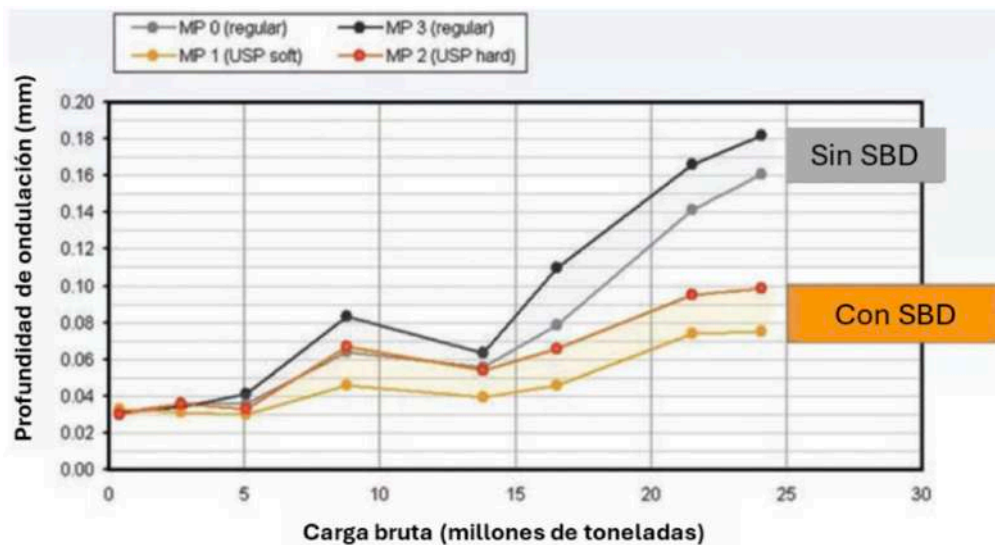


Fuente: Schilder, 2007

Figura 7. Desviación estándar de nivel longitudinal del riel como una medición de la calidad de la geometría de la vía.

Diferentes autores coinciden en que en aquellos lugares en los que es conveniente o necesario construir a baja altura, por ejemplo, en túneles con poca altura libre, o en puentes para alcanzar condiciones de soporte adecuadas, el uso de SBD puede tener un impacto financiero adicional y suponer un importante ahorro de costos.

De acuerdo con Prager y Kopp, 2001, las mediciones realizadas en la Universidad de Innsbruck indican que en las curvas de radio reducido con el uso de SBD se puede retrasar la formación de ondulaciones del riel en la superficie, que se produce en función de la velocidad, el radio y el peralte, además, la rigidez vertical de la vía influye en la formación y desarrollo de las ondulaciones con el tiempo. Por lo general, la ondulación de los rieles provoca un aumento de las cargas dinámicas sobre la superestructura, lo que puede provocar el deterioro de la geometría de la vía y la destrucción de las sujeciones de los rieles, los durmientes y el balasto. En el experimento se pudo evidenciar que con SBD, la profundidad media de la ondulación en las curvas de prueba creció a un ritmo más lento que en la superestructura de vía estándar y fue aproximadamente un 50% menor tras una carga bruta total de 25 millones de toneladas (Figura 8). En los durmientes equipados con SBD, la profundidad media de la ondulación fue de 0.075 – 0.1 mm y, por tanto, considerablemente inferior a los valores de los durmientes sin suelas, que presentaban una profundidad media de la ondulación de 0.15 – 0.18 mm. La longitud media de la ondulación también fue menor en la sección con suelas que en los puntos de medición de referencia.



Fuente: Schilder, 2007

Figura 8. Desarrollo de la corrugación medida en la superficie del riel con SBD y sin ella.

Con el uso de SBD se observa una reducción significativa de las vibraciones, especialmente para frecuencias superiores a 40 Hz, esto tiene un efecto benéfico sobre la estabilidad del balasto, ya que la estructura de balasto es sensible principalmente a las vibraciones de frecuencia media en el rango de 50-150 Hz y, en consecuencia, muestra una mayor tendencia a la deformación y, por tanto, a volverse inestable, Eisenmann y Leykauf; 1992. Las pruebas realizadas en Alemania han demostrado que el uso de la SBD mejora significativamente el comportamiento ante las vibraciones en comparación con la vía sobre balasto tradicional de acuerdo con Leykauf y Stahl, 2004. Al mismo tiempo, también es posible compensar las no homogeneidades locales de la vía sin cambiar el diseño de los durmientes.

Basándose en los datos de medición disponibles de líneas ferroviarias con durmientes con suelas, la Universidad Técnica de Graz ha realizado diversos estudios sobre la rentabilidad de las vías férreas (Veit, 2007). Estos estudios se basaron en la investigación de los aspectos del costo del ciclo de vida. Para ello, se analizaron datos de medición sobre la calidad de la geometría de las vías durante un periodo de ocho años. Se llegó a la conclusión de que el objetivo deseado de la planificación del mantenimiento, es decir, reducir el costo del ciclo de vida de la vía, puede alcanzarse con mayor eficacia prolongando la vida útil. El uso de durmientes con suelas puede prolongar los intervalos entre bateos en un factor de 2 a 2.5. Incluso adoptando una postura conservadora, esto puede al menos duplicar la vida útil del balasto. Al momento de determinar la rentabilidad, también se deben tener en cuenta los costos derivados de las interrupciones operativas debidas a los trabajos de mantenimiento; por ejemplo, cierres de vías, zonas de reducción de velocidad, etc.

Aunque en un principio los durmientes con suela suponen un factor de incremento de costos, hay que considerar específicamente las repercusiones técnicas y económicas demostradas. Además de ser una opción muy económica y eficaz para reducir los costos de mantenimiento, el aspecto básico que debe tenerse en cuenta a este respecto es la prolongación de la vida útil de la vía.

Las SBD de elastómeros PUR están disponibles como productos estándar en niveles de rigidez muy graduados con un módulo de elasticidad que va desde $C=0.02 \text{ N/mm}^3$ hasta más rígido que $C=0.30 \text{ N/mm}^3$, aunque en algunos proyectos se han utilizado suelas con valores menores.

Antes de la instalación, los componentes elásticos deben adherirse a toda la superficie inferior del durmiente de concreto. Por un lado, el pegado de las suelas contribuye a garantizar un transporte seguro y, por otro, las suelas deben estar firmemente unidas al durmiente durante su vida útil. Esto es necesario para que el durmiente pueda transmitir las fuerzas longitudinales y laterales, además de soportar las cargas de tracción, por ejemplo, cuando se levanta el bastidor de la vía para realizar trabajos de mantenimiento. En el pasado, las SBD se pegaban con un adhesivo a los durmientes después de su fabricación. Sin embargo, la tendencia actual es integrar la suela en la fabricación del propio durmiente, para ello se utiliza una capa adhesiva resistente. Otro método que ha sido probado con varios casos de éxito corresponde a la aplicación del producto de poliuretano sobre los durmientes con el concreto ya endurecido por medio de un proceso de esprayado (Figura 9), lo que ha logrado rendimientos en la fabricación muy importantes asegurando la resistencia al arrancamiento requerida para este tipo de elementos de acuerdo con la normativa UNE EN 16730 inciso 5.5.2. La resistencia al arrancamiento normalmente se especifica para valores de 0.5 N/mm^2 ; en suelas elaboradas con el sistema de esprayado se han evaluado valores muy por encima de dicha especificación.



Figura 9. Aplicación de poliuretano esprayado en sitio para la conformación de suelas bajo durmiente.

Algunas investigaciones realizadas por Branson y sus colaboradores, muestran que el espesor de las SBD es una de las características más importantes cuando se selecciona un producto para reducir los esfuerzos de contacto. Tanto la dureza como el tipo de material mostraron también influencia en el desempeño de la mitigación de la presión de las SBD, pero en menor medida que el espesor. También se pudo constatar que todas las muestras de espesor superior a 3.2 mm presentaron presiones máximas en el balasto inferiores a los umbrales tanto para el aplastamiento por partículas de balasto como para el aplastamiento por fatiga del concreto.

EXPERIENCIAS NACIONALES DE USO Y MEDICIÓN DE PROPIEDADES DE SBD DE SBD

En México hay varias experiencias en el uso de este tipo de tecnologías como es el caso de algunas zonas del sistema colectivo Metro y en nuevos proyectos ferroviarios como es el caso del Tren Maya. Con la demanda actual de la evaluación de las propiedades de las SBD se ha evidenciado la falta de infraestructura de los laboratorios del país para evaluar su comportamiento.

En ese sentido, el Instituto Mexicano del Transporte ha implementado varios procedimientos para la evaluación mecánica de las SBD, como el caso de los módulos de rigidez tanto estáticos, con aplicación de carga incrementalmente constante, como dinámicos para frecuencias de aplicación de carga de 5 Hz y 10 Hz.

En la Figura 10 se puede apreciar el arreglo para la determinación de módulos de rigidez en estos elementos, utilizando la placa geométrica de balasto de acuerdo con la normativa UNE EN 16730.



Figura 10. Ensayo de módulo de rigidez sobre Suela bajo durmiente en el IMT con placa geométrica de balasto.

El módulo estático C_{stat} de la suela bajo durmiente es una relación entre el esfuerzo aplicado (fuerza por unidad de superficie) y la deflexión que produce, se mide bajo una carga uniaxial (Figura 11). El valor del módulo estático depende del nivel de esfuerzo, aunque no es lineal, es por ello por lo que se define para diferentes rangos de cargas dependiendo de las condiciones de aplicación de la suela bajo durmiente. Dichos rangos de carga se establecen en función de los niveles operativos (velocidad máxima y cargas por eje) para cuatro categorías de vía: TC1, TC2, TC3 y TC4.

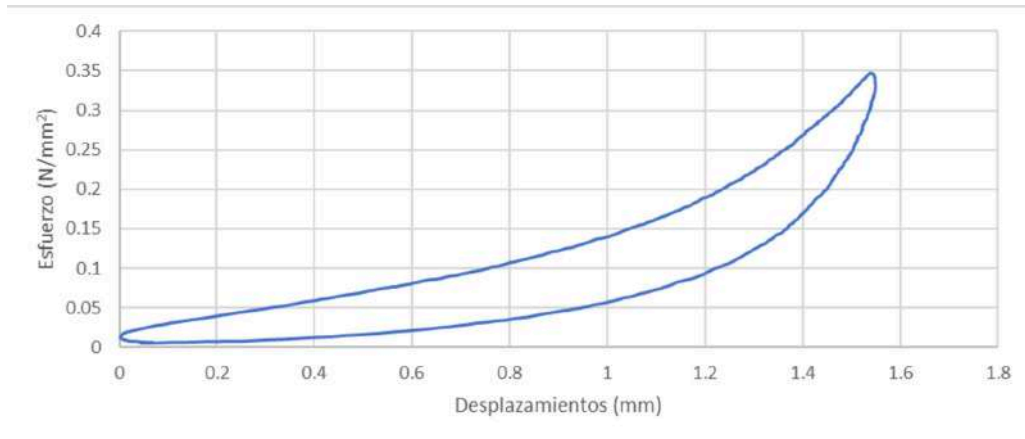


Figura 11. Curva de variación de carga para el módulo de elasticidad estático en la SBD ensayada en IMT.

El módulo dinámico C_{dyn} de la suela es una relación entre la presión dinámica, de valor y frecuencia definidos, y la deflexión que se genera bajo una carga uniaxial (Figura 12). El valor del módulo dinámico está relacionado no sólo con la carga, como en el caso del módulo estático, sino también con las frecuencias. Por lo tanto, deben determinarse en los rangos de presión y frecuencia estándar, como lo establece la norma EN 16730.

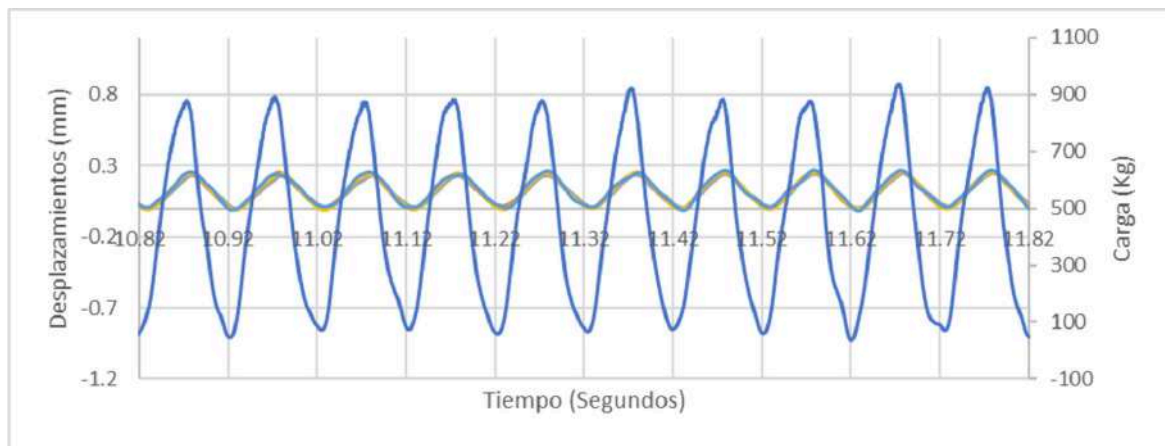


Figura 12. Gráfica de módulo de elasticidad dinámica en la SBD ensayada en IMT.

La relación de rigidez dinámica es una relación entre el módulo dinámico y el estático de la suela bajo durmiente y estima la posibilidad de conseguir una amortiguación eficaz de las vibraciones para las SBD. Debido a la conocida propiedad de los materiales elastoméricos de ser dependientes de la velocidad de carga, se determina para varias frecuencias (5 y 10 Hz y opcionales 20 y 30 Hz). La relación de rigidez dinámica se estima mediante la ecuación:

Donde

k(f) = relación de rigidez para una determinada frecuencia

C_{dyn(f)} = Módulo de rigidez dinámico a la frecuencia f

C_{stat} = Módulo de rigidez estático

$$k(f) = \frac{C_{dyn(f)}}{C_{stat}}$$

El valor de la relación de rigidez dinámica es uno de los factores que caracterizan la eficacia de la atenuación de las vibraciones; cuanto más cercano a 1.0, mejor propiedad de aislamiento de las vibraciones tendrá la pieza ensayada.

En general, en proyectos ferroviarios en México en los que se ha utilizado este tipo de tecnología, se han especificado para dos categorías de tráfico: TC3, carga por eje de 22.5 T y TC4, carga por eje de 30 T; ambas para una velocidad máxima de 200 km/h. Se especifica su ubicación en donde se coloque vía en balasto sobre superficies rígidas como es el caso de vía sobre balasto en estructura elevada, vía sobre balasto en losa pilotada sobre terreno de naturaleza kárstica o vías de transición. Los valores especificados han sido, por ejemplo, para rigidez estática y categoría de tránsito TC3: C_{stat}= 0.25 ± 20% N/mm³ y para categoría de tránsito TC4: C_{stat}= 0.30 ± 20% N/mm³ y para el caso de rigidez dinámica: categoría TC3: C_{dyn}= 0.42 ± 25% N/mm³ y para categoría TC4: C_{dyn}= 0.52 ± 25% N/mm³.

CONCLUSIONES

El aumento de las cargas operativas en los ferrocarriles exige un mayor desarrollo del sistema de vía sobre balasto. La instalación de componentes elásticos definidos con precisión puede ayudar a cumplir los requisitos, como un comportamiento elástico satisfactorio para evitar el asentamiento de la vía, la reducción de las vibraciones y del ruido propagado por la estructura y la disminución de los costos de mantenimiento de la vía. En el futuro, el aumento del uso de suelas bajo durmiente promete una excelente relación costo-beneficio. Las suelas elásticas ayudan a mitigar las fuerzas en la zona de contacto entre el durmiente de concreto y las partículas de balasto y, al mismo tiempo, protegen el balasto circundante del impacto de las fuerzas dinámicas. En consecuencia, con su uso, la superestructura está sometida a fuerzas considerablemente menores que en el caso de los durmientes de concreto tradicionales. La introducción de una capa elástica bajo el durmiente no requiere ninguna modificación del perfil del riel ni sistemas especiales de fijación de este, que podrían ser necesarios cuando se utilizaran suelas de riel o suelas de placa base extremadamente blandas. Las suelas bajo durmiente, con los nuevos avances en ingeniería y materiales, encontrarán un uso cada vez más extendido en la estructura de la vía férrea como componentes utilizados para limitar los efectos negativos (vibración y ruido) generados por el tráfico ferroviario y aumentar la durabilidad de la estructura de la vía.

Es evidente la necesidad de establecer en las especificaciones particulares los requisitos que deben cumplir los durmientes y los sistemas utilizados para el aislamiento de las vibraciones a fin de garantizar su durabilidad y la eficacia en la atenuación de las vibraciones.

Debido a la existencia de diferentes materiales que se utilizan en la fabricación de estos elementos, es necesario realizar una caracterización completa de los mismos para asegurar un buen comportamiento durante su vida útil; asimismo, es necesario implementar más pruebas en el Instituto Mexicano del Transporte para evaluar los diferentes elementos de infraestructura ferroviaria en virtud de la reactivación de la construcción de este tipo de obras en el país. Para cumplir sus objetivos, deben ensayarse y evaluarse las propiedades más importantes de las SBD, como el módulo estático y dinámico, la resistencia a la fatiga y la fuerza de adherencia a la superficie inferior del durmiente, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

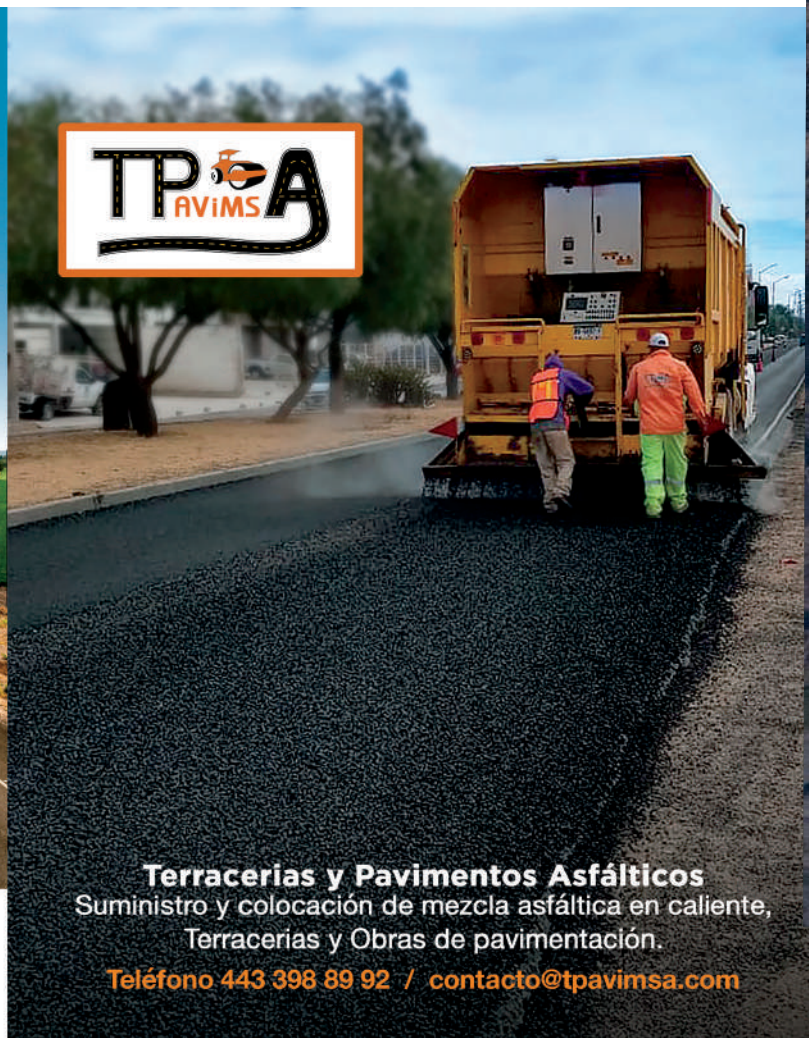
- Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario [ARTF]. (2023). Atlas del Sistema Ferroviario Mexicano. [Consulta en línea]. <https://www.gob.mx/artf/documentos/mapas-del-sistema-ferroviario-mexicano>
- Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario (2023). Dirección de Estadística Ferroviaria. Anuario Estadístico Ferroviario 2022. Ciudad de México.
- EEA Report No 2/2022. Transport and environment report 2021, Decarbonising road transport — the role of vehicles, fuels and transport demand.
- Montoya, G. R. M. (2020). Metodología para la clasificación de tramos de vía ferroviaria para la renovación del balasto a partir de información técnica. Tesis de Maestría en Ingeniería. Universidad EAFIT, Escuela de Ingeniería Maestría en Ingeniería Medellín.
- Guerrero, F. J. A. (2017). Ingeniería de Vías Férreas. México DF, México: Lulu. ISBN 978-1-326-93551-1.
- Seoane, T. A. (2013). Nuevos materiales para su empleo como balasto en líneas de ferrocarril. Tesina de Especialidad. Infraestructura Ferroviaria. Infraestructura del Transporte y del Territorio, Escuela Técnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona, TESINA 722-TES-CA-6292.
- Eisenmann, J., Leykauf, G.: Zukunftsperspektiven zum Eisenbahnoberbau. *EI Der Eisenbahningenieur* (43) 3/1992, S. 130-139.
- Jacob M. Branson, Marcus S. Dersch, Arthur de Oliveira Lima, J. Riley Edwards, Jae-Yoon Kim. Analysis of geometric ballast plate for laboratory testing of resilient track Components. *Transportation Geotechnics*.
- Jacob M Branson, Marcus S Dersch, Arthur de Oliveira Lima, J Riley Edwards and Josue Cesar Bastos. Identification of the under-tie pad material characteristics for stress state reduction. *Journal of Rail and Rapid Transit*.
- Leykauf, G., Stahl, W.: Untersuchungen und Erfahrungen mit besohnten Schwellen. *EI Der Eisenbahningenieur* (55) 6/2004, S. 8-16.
- Plica, P.: Das Kräftespiel im Schotteroberbau mit besohnten Spannbetonschwellen. *Getzner Bahnfachtagung Schwarzenberg/Vorarlberg*, 14.-16.11.2007
- Prager, G., Kopp, E.: Schlupfwellenmessungen am Standardoberbau und am Oberbau mit besohnten Schwellen in Hiefau (n.v.). Institut für Infrastruktur, Arbeitsbereich Eisenbahnwesen und Öffentlicher Verkehr der Universität Innsbruck, 2001.
- Schilder, R.: SBD – Under Sleeper Pads, Schwellenbesohlungen. *Getzner Bahnfachtagung Schwarzenberg/Vorarlberg*, 14.-16.11.2007.
- Veit, P.: Schwellenbesohlung von Gleisen – Wirtschaftliche Bewertung auf Basis einer Lebenszykluskostenbetrachtung. *Getzner Bahnfachtagung Schwarzenberg/ Vorarlberg*, 14.-16.11.2007.

Transita con tu familia por una carretera verde

Estamos comprometidos con el medio ambiente y tu seguridad, por ello en la **Autopista Salamanca-León** contamos con:
Energía solar en todas las casetas • Pavimentos sostenibles • Reciclaje de residuos
Senderos verdes • Vigilancia 24 hrs • Ambulancias



En Grupo México trabajamos para unir familias y vincular negocios
Que tu destino sea seguro y sostenible



Terracerías y Pavimentos Asfálticos
Suministro y colocación de mezcla asfáltica en caliente,
Terracerías y Obras de pavimentación.

Teléfono 443 398 89 92 / contacto@tpavimsa.com

REDISEÑO DEL ESPACIO AÉREO EN EL VALLE DE MÉXICO.

Mr. C. Demetrio Galíndez López.

Docente e investigador de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Zacatenco del Instituto Politécnico Nacional.

El 25 de marzo de 2021, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) a través de los Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM) implementaron un Plan Rector para la modernización y reestructura del espacio aéreo mediante la Navegación Basada en la Performance (PBN), para evolucionar la navegación aérea mediante el uso actual y futuro de la infraestructura en tierra, del sistema metropolitano de aeropuerto con los aeropuertos internacionales de Santa Lucía, Toluca y ciudad de México, aprovechando la tecnología satelital y digital, acorde a los sistemas tecnológicos avanzados en las cabinas de vuelo, a fin de que las aeronaves puedan navegar en rutas precisas, directas y eficientes, dando a conocer:

- Propósitos: incrementar seguridad en el vuelo; reducir consumo de combustible y reducir impacto ambiental.
- Rediseño de los aeropuertos del Sistema Aeroportuario Metropolitano: simulación en tiempo acelerado para 24 horas, realizadas por NavBlue, que indican que se tendrá una reducción de hasta 16% promedio del tiempo de vuelo de las aeronaves que operen en el espacio aéreo del sistema aeroportuario metropolitano.

Beneficios principales por la optimización de trayectorias en el AICM: reducción en 10`038,500 NM de distancia; ahorro de 56`098,637 kg de combustible y reducción de 176`710,709 kg de emisión de gases contaminantes.

Con base en la anterior se adoptó el sistema PBN (navegación basada en performance) que incrementa la precisión de la señal debido al uso de satélites que permitirá rediseñar el espacio y distribuir de forma más eficiente los flujos de aeronaves; sistema que tiene las siguientes bondades: atraerá grandes beneficios al mercado de aviación mundial como aumento en la seguridad, mejora en los perfiles de vuelo, ahorro en combustible, y en millas recorridas, reducción en carga de a para pilotos y controladores.

Se establecerán puntos de entrada para el arribo de aviones dependiendo de su procedencia. Luego las naves entrarán en ruta o canales exclusivos que los llevarán hacia el aeropuerto de destino.

Las salidas de cada aeropuerto tendrán canales correspondientes (vías de tránsito) que confluirán

en los puntos del área de control, permitiendo a los aviones tener de forma organizada ruta preestablecida para llegar a su destino, con reducción de las demoras operacionales, que se traducen en un aumento de la capacidad del espacio aéreo, reducción en las interacciones y carga de trabajo para pilotos y controladores de tránsito aéreo.

El rediseño contempla un esquema ordenado con separación cada 8 millas esperando altitud para asignarles pista ya sea a la 05 I (izquierda) o a la 23 D (derecha).

Comúnmente el tráfico aéreo se ve complejo cuando se le observa como una superficie plana, sin embargo al considerar la altitud en la perspectiva se observa que el espacio aéreo es más amplio y ofrece una variedad de posibilidades, dependiendo de la distancia que el avión tiene con respecto a su destino a la llegada o a la salida y considerando las características de la propia aeronave. Por lo tanto, cualquiera de los cruces donde se encuentren hasta tres aviones en el camino, se garantiza la seguridad operacional, ya que cada uno viajará a su propia altitud. Para comprender los alcances del sistema propuesto es necesario conocer los diferentes tipos:

Sistemas de navegación. Son sistemas de comunicación que proporcionan la posición y/o distancia del avión respecto a la estación del aeropuerto en las etapas del vuelo: despegue, ascenso, crucero en ruta, descenso, aproximación y aterrizaje, que se realizan en el espacio aéreo utilizando diferentes sistemas para navegar, como La Navegación Basada en la Performance PBN, Los Requerimientos para una Mejor Navegación por Área RNAV y Requerimientos para una Mejor Navegación RNP.

Navegación Basada en la Performance (PBN Performance Based Navigation). Es un sistema de ruta fija para la aproximación. El PBN mejora la seguridad (mediante enfoques controlados; proporciona mejores perfiles de descenso, tiene una configuración estable, y previsibilidad de la ruta); ahorro en los costos operacionales (disminución, desviaciones, cancelaciones, consumo de combustible); es más eficiente (reduce la emisión de CO₂, evita áreas sensibles al ruido); permite un uso más eficiente del espacio aéreo y aumenta su seguridad; reduce el tiempo de vuelo de la aeronave debido a la implementación de rutas de vuelo óptimas; reduce la carga de trabajo de los controladores y pilotos debido al menor tiempo de comunicación.

El PBN en contexto contempla el concepto de espacio aéreo: comunicación, navegación, vigilancia y gestión del tráfico aéreo (regulación, procedimientos, entrenamiento, proveedor de servicios y factores humanos), por su ruta fija de aproximación-aterrizaje, evitando los escalonamientos de descenso, aproximación y aterrizaje.

Navegación por Área. Area Navigation (RNAV). "Vuelo libre". Es un método de navegación que permite el funcionamiento de la aeronave en cualquier ruta de vuelo dentro de la cobertura de las ayudas de navegación referenciadas por la estación o dentro de los límites de la capacidad de las ayudas. Va asociado a los requerimientos para una mejor navegación (RNP Required Navigation Performance), sistema que contempla escalonamientos en las aproximaciones antes del aterrizaje. Las operaciones de vuelo fundamentadas en RNAV y RNP están basadas en la capacidad para asegurar rutas de vuelo confiables, inofensivas y predecibles para la eficiencia y la capacidad mejorada en operaciones planteadas.

En cuanto al trayecto del vuelo, se tiene que la separación longitudinal basada en distancia RNAV, de 80 millas náuticas (150 km) en lugar de la mínima de separación longitudinal de 10 minutos entre las aeronaves con derrotas en el mismo sentido, corresponde a una velocidad de 900 km/h. Al aplicar esta separación mínima, se aplicará la técnica del número Mach (MNT) en la que la aeronave delantera mantendrá un MNT igual o superior al de la que la aeronave delantera mantendrá un MNT igual o superior al de la que le sigue. El Control de Tráfico Aéreo (ATC) podrá aplicar separación longitudinal basada en la Técnica de Número MACH: a las aeronaves turbo reactores que operen por arriba de Nivel de Vuelo (Fly Level) FL200 (altitud 20,000 pies), siempre y cuando éstas: vuelen la misma derrota o derrotas divergentes; hayan notificado una posición común, o están dentro de cobertura radar del Centro de Control de Área (ACC) que está ejerciendo el control. Figura 1.

Aeronaves que siguen derrotas opuestas: puede autorizarse a las aeronaves que utilicen sistemas de navegación RNAV a ocupar o cruzar el nivel de otra, utilizando también sistemas RNAV cuando las lecturas simultáneas desde o hasta el mismo punto de recorrido desde ambas aeronaves indiquen que se han cruzado positivamente y se encuentran a una distancia mínima de 80 millas náuticas. Figura 1.



Figura 1. Separación mínima entre aeronaves que siguen derrotas opuestas utilizando sistemas RNAV.

Distancias de separación entre aeronaves. La distancia de separación mínima entre aeronaves para diferentes tipos de operación es:

Mínima separación por tiempo. Aeronaves que sigan la misma derrota: 15 minutos sin radioayudas; 10 minutos con uso de radioayudas que den la posición y la velocidad; 5 minutos, siempre que la aeronave precedente mantenga una velocidad verdadera que exceda en 20 nudos o más de la aeronave que sigue; 3 minutos cuando la aeronave precedente mantenga una velocidad verdadera que exceda en 40 nudos o más la de la aeronave que le sigue, y aeronaves con derrotas que se cruzan: 15 minutos si ambas aeronaves mantienen velocidades verdaderas similares; 10 minutos si las ayudas para la navegación permiten determinar frecuentemente la posición y la velocidad. Figura 2.



Figura 2. Separación mínima entre aeronaves que siguen la misma derrota y aeronaves con derrotas cruzadas.

Aeronaves en ascenso o en descenso. Cuando dos aeronaves siguen la misma derrota y una de ellas va a cruzar el nivel de la otra se establecerá una separación longitudinal mínima: 15 minutos en el momento en que se cruza el nivel de vuelo; 10 minutos en el momento en que se cruza el nivel únicamente donde las ayudas para la navegación permitan determinar la posición y la velocidad; 5 minutos en el momento en que se cruza el nivel, cuando el cambio de nivel se inicie dentro de 10 minutos a partir del momento en que la segunda aeronave ha informado encontrarse sobre un punto preciso. Figura 3.

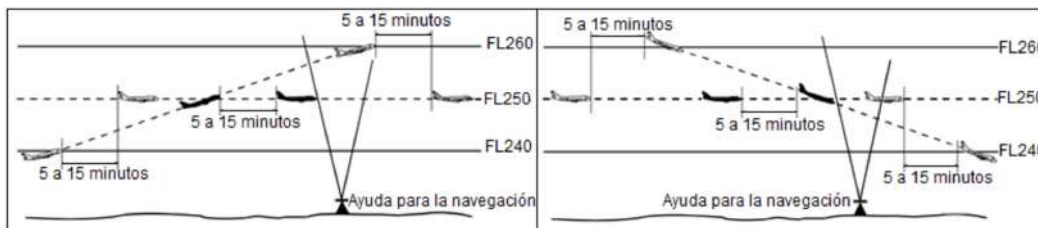


Figura 3. Separación mínima entre aeronaves en ascenso y descenso.

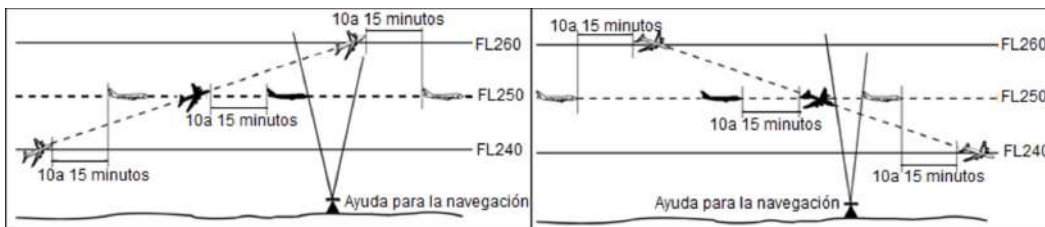


Figura 4. Separación mínima entre aeronaves que se cruzan en ascenso y descenso.

Cuando las aeronaves sigan derrotas que se cruzan: 15 minutos en el momento en que se cruzan los niveles; 10 minutos si las ayudas para la navegación permiten determinar frecuentemente la posición y la velocidad. Figura 4.

Aeronaves que siguen derrotas opuestas: Si no es posible proporcionar separación lateral, se proveerá separación vertical por lo menos 10 minutos antes y 10 minutos después del momento en que se estima que las aeronaves se hayan cruzado. Figura 5.

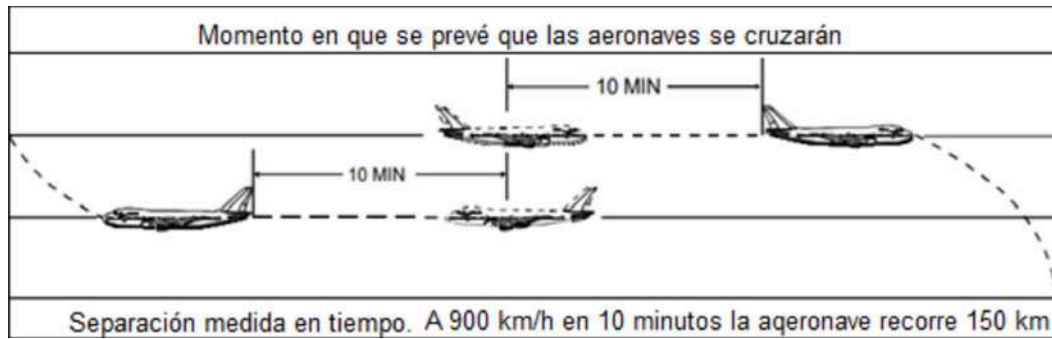


Figura 5. Separación mínima entre aeronaves que siguen derroteros opuestos.

Estos conceptos básicos de aeronavegación son necesarios para comprender de mejor manera el rediseño del espacio aéreo del Valle de México, descritas anteriormente.

Oposición al nuevo sistema. En contraposición se ha mencionado que en el rediseño las trayectorias de los aviones se demoran en lugares donde no hay un patrón de espera o un fijo establecido debido a los nudos que generan demoras adicionales, ya que el Centro de Control secuenciaba la operación cada 10 millas, en el procedimiento anterior, en el procedimiento actual la secuencia es con 20 millas, lo que ocasiona demoras secuenciales a los que vienen detrás que se acumulan hasta las 11 de la noche, lo que ocasiona que los vuelos son más caros, ya que gastan más combustible y vuelan más tiempo.

El rediseño del espacio aéreo mexicano requirió el desplazamiento del tráfico aéreo hacia las zonas más elevadas noreste y sureste de la Metrópoli para facilitar la operación simultánea del AIFA y el AICM, para lo cual se diseñaron dos embudos cuyo punto de destino es el AICM y que abarcan amplias zonas de la ciudad que antes estaban a salvo de la contaminación acústica producida por los aviones. Figura 6.



Figura 6. Rediseño del espacio aéreo del Valle de México.

En el rediseño se tiene que en el corredor noreste, cuando los aviones vuelan sobre La Herradura y Tecamachalco en el municipio de Huixquilucan, lo hacen en promedio a 10,700 pies (3,261mts) SMN, pero esas colonias están a 7,800 pies (2,377mts) SMN. Es decir, la altura de las aeronaves con respecto al terreno es de 2,900 pies (883mts) que, por lo que siguiendo las sendas de planeo continúa disminuyendo durante el descenso, por lo que al llegar a la colonia las Águilas, esta es solo de 2,200 pies (670mts), en tanto que en el corredor sureste, la altura promedio de los vuelos respecto al terreno es de 2,300 pies (701mts) al pasar sobre las colonias del Pedregal y Lomas de San Ángel Inn para continuarse reduciéndose hasta llegar a Las Águilas donde confluyen ambos embudos para dirigirse al AICM pasando por las colonias: Merced Gómez, Insurgentes Mixcoac, Del Valle, Narvarte, Álamos, Viaducto Piedad, Magdalena Mixhuca y Jardín Balbuena.

Inconformidad de los vecinos. “Nos negamos a aceptar que es la única posibilidad de rediseño”, dicen los vecinos que viven en la colonia Lomas de San Ángel Inn, en la alcaldía Álvaro Obregón de la Ciudad de México.

“Nuestro planteamiento es: señores, vuelvan otra vez a rediseñar el espacio aéreo atendiendo a las mejores prácticas y viendo cuáles son las acciones que menos impacto tienen en cuanto al número de personas afectadas, esto es lo que nosotros pedimos en particular”.

RESULTADO.

La cuestión es que los sistemas de aproximación anteriores también generaban ruidos en las zonas geográficas por las que realizaban sus operaciones aeronáuticas en el sistema anterior, mayormente en el AICM, que es donde más operaciones se realizan y en donde mayor efecto de ruido se ocasiona; sin embargo los habitantes de esas colonias, ya se habían acostumbrado al ruido y difícilmente se quejaban o no lo tomaban en cuenta si lo hacían.

CONCLUSIÓN.

Independientemente de las zonas en donde se realicen los sistemas de descenso y de aproximación final, lo cierto es que lo hacen unos cuantos metros sobre sus viviendas y han aprendido a convivir con el aeropuerto, sin recurrir a la información mediática de inconformidad a través de los medios de comunicación como lo han hecho los habitantes del poniente de la ciudad que tiene los recursos e influencia necesarios para realizarlo. Esto lleva a la máxima aspiración de todo ciudadano, de querer tener los servicios públicos cerca a su hogar, “pero no enfrente”

BIBLIOGRAFÍA

- *FAA Control del Tránsito Aéreo Air Traffic Control. February.*
- *Galíndez, L. Demetrio. Libro digital para un curso de Aeropuertos.*
- *OACI. Asuntos de Navegación Aérea. SEGURIDAD OPERACIONAL EN PISTAS.*
- *Seneam. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE TRÁNSITO AÉREO.*

DESAYUNO-PLÁTICA TÉCNICA: EXPERIENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA DURANGO-MAZATLÁN



El pasado 23 de agosto de 2024, la comunidad de ingenieros tuvo el privilegio de asistir al Desayuno-Plática Técnica: Experiencia en la Construcción de la Autopista Durango-Mazatlán, donde el destacado Ing. Clemente Poon Hung compartió las complejidades y lecciones aprendidas durante la ejecución de esta emblemática obra de infraestructura.

El Ing. Clemente Poon Hung, con más de 39 años de experiencia en el ámbito de las vías terrestres y ex Director General de Carreteras, desglosó la magnitud de los retos enfrentados en la autopista Durango-Mazatlán. Su amplio conocimiento, respaldado por su liderazgo en instituciones como la AMIVTAC y el CICM, así como premios al mérito profesional, posicionó esta plática como una oportunidad invaluable para los asistentes.



La construcción de esta autopista, con 230 km de longitud, fue un desafío técnico y logístico que atravesó la Sierra Madre Occidental, una de las regiones más accidentadas de México. En la presentación se detallaron las soluciones implementadas para sortear pendientes extremas y garantizar alineamientos seguros, permitiendo velocidades operativas de hasta 110 km/h.

Entre los aspectos más destacados, el Ing. Poon Hung explicó el uso de 71 puentes y viaductos, sumando una longitud total de 11,574 metros, y 61 túneles con una extensión conjunta de 19 km. Especial atención mereció el Puente Baluarte, considerado una hazaña de la ingeniería moderna, con un claro principal de 520 metros y una altura impresionante de 402 metros, convirtiéndolo en uno de los puentes más altos del mundo.

Uno de los temas centrales fue la homologación de proyectos, un proceso que permitió unificar soluciones estructurales para los puentes y optimizar recursos en los túneles. Se implementaron criterios de diseño de última generación, como el criterio 30-30, que asegura transiciones graduales y seguras entre tramos con diferentes pendientes.



Asimismo, el Ing. Poon Hung subrayó las rigurosas medidas ambientales aplicadas durante la construcción, respetando la Ley General del Equilibrio Ecológico y llevando a cabo trabajos de reforestación y reubicación de flora y fauna para minimizar el impacto en el ecosistema.

Durante su intervención, el Ing. Clemente Poon compartió reflexiones sobre los desafíos que enfrenta la planeación de megaproyectos en México. Recalcó la importancia de una estrategia integral, la implementación de tecnologías innovadoras y el seguimiento constante para garantizar la operación y mantenimiento adecuados de estas obras.

Finalmente, se abordó el impacto transformador de la autopista, que ha reducido el tiempo de recorrido entre Durango y Mazatlán de 6 horas a 2.5 horas, facilitando la conectividad, incentivando el turismo y generando nuevas oportunidades económicas para la región.

La plática técnica ofreció una mirada profunda a la ingeniería de alto nivel que hizo posible la autopista Durango-Mazatlán, una obra que no solo conectó dos estados, sino que también redefinió la geografía económica y social de la región. El evento reafirmó la importancia de compartir experiencias entre profesionales para inspirar y enfrentar los retos futuros en el desarrollo de infraestructura.

¡Gracias al Ing. Clemente Poon Hung por tan enriquecedora participación!



SERVICIOS DE CONSULTORÍA DE INFRAESTRUCTURA VIAL

PRINCIPALES LÍNEAS DE ACTIVIDAD

- Evaluación de pavimentos
- Supervisión de obras
- Ingeniería geotécnica
- Proyectos de movilidad integrada
- Proyectos de infraestructura
- **Mantenimiento de vialidades**
- **Control ambiental**
- **Estudios de factibilidad económica y financiera de proyectos**
- **Obras de infraestructura hidrosanitaria**



(473) 734 2000



ADMINISTRACION@SCVIAL.COM.MX



VIAL

Servicios de Consultoría
en Infraestructura Vial S.A. de C.V.

CARRETERA GUANAJUATO IRAPUATO NO 26. DEP ZONA 2 KILOMETRO 10.5. MZ 1. COL. SANTA TERESA CP 36260

WWW.SCVIAL.COM.MX



® INFRAESTRUCTURA
D E L T R A N S P O R T E
ASOCIACIÓN MEXICANA DE INGENIERÍA DE VÍAS TERRESTRES
DELEGACIÓN GUANAJUATO

