

**USO DE TECNOLOGÍAS 4.0 EN EL DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN
CALIENTE**



**UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA**

CRISTIAN CAMILO JOAQUI RUBIANO

AUTOR

Cristian Camilo Joaqui Rubiano

Ensayo presentado como opción de grado para optar al título de:

INGENIERO CIVIL

Misión internacional en Gerencia de Proyectos y Pensamiento Estratégico

Universidad Central de la Florida (Estados Unidos)

Luz Yolanda Morales Martín

Tutora

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

BOGOTÁ D.C 2022

“La creatividad, imaginación e intuición más que la base del medio juego, son indispensables, así como el carácter firme; el triunfo llega solamente con la lucha” (Gari Kaspárov)

La ingeniería civil es distinguida como la rama encargada del diseño, mantenimiento, planificación, organización, orientación, supervisión y construcción de obras de infraestructura como ferrocarriles, canales, puertos, presas, edificaciones y demás proyectos que satisfagan y mejoren las condiciones de vida de las poblaciones. Una de las primeras definiciones para la ingeniería la dio el arquitecto británico Tomas Tregold en 1828: “el arte de dirigir las grandes fuentes de poder y la naturaleza para el uso y beneficio del hombre”. La anterior definición indica que el trabajo de un ingeniero civil es en la naturaleza e inicia en el preciso momento en el que se presenta una necesidad como la construcción de un puente para la comunicación entre comunidades, la estabilización del caudal de un cuerpo de agua para evitar inundaciones, la ampliación de una vía para mejorar el transporte de las personas y productos, entre otras, para lo cual es necesario diseñar y construir proyectos que permitan manejar las fuerzas de la naturaleza en busca de un beneficio en común.

A lo largo de la historia se han presentado más definiciones, una de las últimas y la que se cree más completa por considerar la actividad misma como el contexto en el que se desarrolla es la de María San Martín, citada por Cifuentes, L. A. (2015), quien definió la ingeniería cómo: “Una profesión orientada hacia la aplicación competente de un cuerpo distintivo de conocimientos, basados en las matemáticas, las ciencias naturales y la tecnología, integradas con la gestión empresarial que se adquiere mediante la educación y la formación profesional. La ingeniería está orientada hacia el desarrollo, provisión y mantenimiento de infraestructuras, bienes y servicios para la industria y la comunidad”.

Por otra parte, es necesario mencionar que actualmente los avances tecnológicos emergentes que brotan año tras año, hacen que las tareas constructivas sean más rápidas, eficientes, precisas, seguras y módicas. Por ejemplo, con el análisis de datos de los sistemas de información, simulación y el uso de software de modelación, los ingenieros consiguen optimizar diseños y procesos constructivos, logrando importantes reducciones en la incertidumbre al momento de ejecutar proyectos de índole ingenieril.

De este modo, con el despliegue de la digitalización, la informática, la electrónica y las tecnologías BIM en los métodos industriales, se han mecanizado y automatizado

numerosos procesos constructivos que se desarrollan en la actualidad, algunas veces induciendo eventualmente a que las máquinas automáticas reemplacen la mano de obra humana en tareas iterativas, peligrosas y pesadas.

En relación a lo anterior, muchos de los avances tecnológicos de la última década constituyen la base de la llamada industria 4.0, la cual corresponde a la transformación imparable del uso de las máquinas y de las nuevas tecnologías en función de convertir todos los procesos industriales poco optimizados en un flujo de producción totalmente optimizado, automatizado e integrado. Curso internacional Misión internacional en Gerencia de Proyectos y Pensamiento Estratégico. (2021). Universidad Central de la Florida; Estados Unidos.

Este trabajo se enfoca en responder la pregunta ¿Cuál es la relación que tiene la industria 4.0 en los métodos constructivos desempeñados en la construcción y mantenimiento de los espacios destinados para el tránsito de vehículos?

Inicialmente se realizó una revisión de los procedimientos y conceptos necesarios para la construcción de una vía con pavimento flexible, la maquinaria requerida, los materiales y el personal especializado para el desarrollo de la misma utilizando los métodos tradicionales. La estructura de pavimento está compuesta por cuatro capas que en conjunto son competentes para soportar las cargas generadas por el tránsito de vehículos y soportar las condiciones ambientales como la radiación solar, precipitaciones, la gravedad, el viento y la vida vegetal. Por consiguiente, es necesario que al instante de ejecutar los proyectos, se efectúen en el menor tiempo que sea posible, consiguiendo resultados en los que conciernen reducciones en el costo de operación y suministrando una actividad competente en el tránsito de vehículos, personas, bienes y servicios. Ortiz Mancera, A. L. (2017). Instructivo del proceso constructivo de una vía en pavimento flexible.

En la Figura 1 se presenta la estructura convencional de pavimento flexible conformada por la subrasante, subbase, base y la carpeta asfáltica.



Figura 1. Estructura de pavimento flexible

Fuente: <http://slideplayer.es/slide/10916850/>.

No obstante, para lograr que una vía cumpla con los estándares necesarios y supla las necesidades para la cual fue elaborada, es ineludible que los materiales con los que fue o será realizado el proyecto respondan positivamente a las actividades a las cuales serán expuestos. Es decir, para que un proyecto finalice con éxito, es necesario que el trabajo se realice en un período corto, cumpla con las necesidades para el cual será realizado, se construya a bajo costo y perdure en un tiempo prolongado. Por consiguiente, es de suma importancia que el material con el cual se trabajara esté permanentemente disponible, suscitando que los tiempos de construcción sean cortos, y con ello promoviendo que los proyectos sean económicamente factibles.

La mezcla asfáltica es la combinación de cemento asfáltico con minerales pétreos en proporciones estrictas, dando como resultado una mezcla que en temperatura ambiente adquiere las características de ser un aglomerado estable, rígido, resistente a la fatiga, permeable, entre otras particularidades que hacen de este cuerpo sea perfecto para tolerar las cargas transmitidas por el tránsito de vehículos automotores.

Con respecto a la materia prima con la cual se realizan la mayoría de obras viales en la ciudad de Bogotá (Colombia), tenemos tres tipos de mezcla asfáltica.

En primer lugar tenemos la mezcla asfáltica en caliente MD-12, la cual está compuesta por cemento asfáltico y materiales pétreos de máximo 12.5 mm; este material es usado en su mayoría para la construcción de capas de rodadura para vías de medio y alto flujo

vehicular. Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2013). Especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras.



Figura 2. Mezcla asfáltica MD-12

Fuente propia.

En segundo lugar, se encuentra la mezcla asfáltica modificada con grano de caucho reciclado (MGCR tipo 1); dicho material está compuesto por cemento asfáltico, materiales pétreos y un polímero que tiene como objetivo obtener propiedades no alcanzadas con las técnicas convencionales, además de ser un material recuperado de las piezas en inutilidad, como es el caso de las llantas desgastadas por los vehículos automotores. Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2013). Especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras.



Figura 3. Mezcla asfáltica MGCR TIPO 1.

Fuente propia.

Por último se halla la mezcla asfáltica en caliente MD-10, con agregados de tamaño máximo de 9.5 mm; el presente material es usado en su mayoría para la construcción de capas de rodadura en vías de ciclo ruta, canchas deportivas y en vías de muy bajo tránsito vehicular. Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2013). Especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras.



Figura 3. Mezcla asfáltica MD-10.

Fuente propia.

En Colombia el proceso industrial para la fabricación de toda mezcla asfáltica parte del seguimiento de las normas y metodologías específicas asignadas por entidades como el

Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) y el Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Estas mezclas pueden ser elaboradas en frío o en caliente. Con respecto al transcurso de manufactura de la mezcla asfáltica en caliente, implica manejar el ligante hidrocarbonato y los agregados pétreos a una temperatura de más de 150 °C en una planta de producción de asfalto, en donde el ligante y los materiales pétreos son mezclados en caliente, para luego despachar el aglomerante homogéneo en volquetas que colocaran el producto en el lugar que el cliente lo disponga. Mejía Niño, M. A. (2019). Diagnóstico técnico al proceso de producción de la planta de asfalto de la empresa Nacional de Pavimentos sede Villavicencio.

En la figura 4 se presenta el diagrama de producción de la mezcla asfáltica convencional.

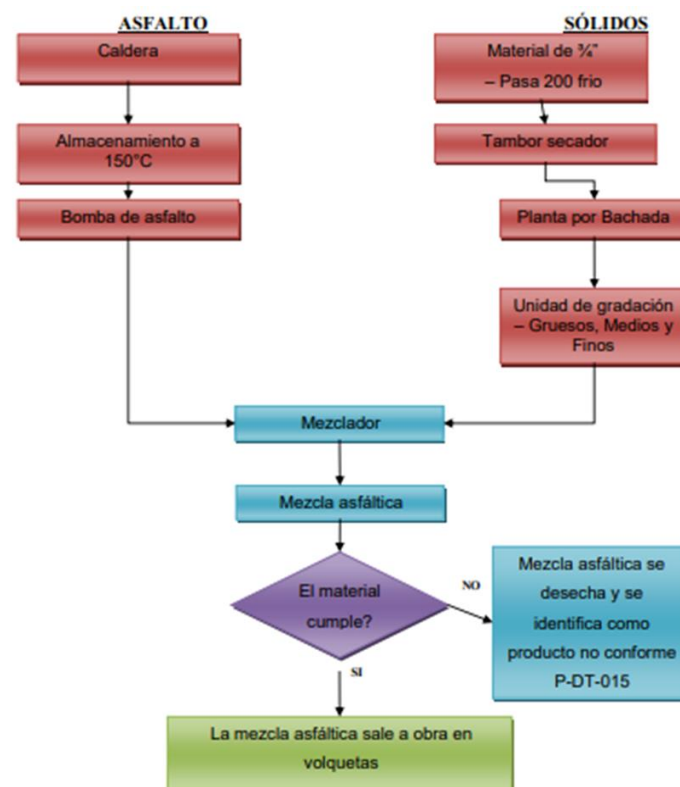


Figura 4. Flujo de producción de mezcla asfáltica

Fuente: Mejía Niño, M. A. (2019). Diagnóstico técnico al proceso de producción de la planta de asfalto de la empresa Nacional de Pavimentos sede Villavicencio.

La cuarta revolución industrial promueve la adaptación de las nuevas tecnologías como el Big data, internet de las cosas, cloud computing, robótica, fabricación aditiva y la realidad aumentada a los procesos de producción de materia prima con la que se realizan las obras de construcción, ya que, han logrado agilizar y optimizar los tiempos de

fabricación en este caso de estudio el de los tipos de mezclas asfálticas. Hoy en día, la industria está constantemente sometida a la competitividad y a la manera de cómo reducir costos apoyados en las tecnologías ya mencionadas. Del Val Román, J. L. (2016, March). Industria 4.0: la transformación digital de la industria.

A continuación, en la figura N° 5 se exponen las diversas tecnologías que componen a la industria 4.0.

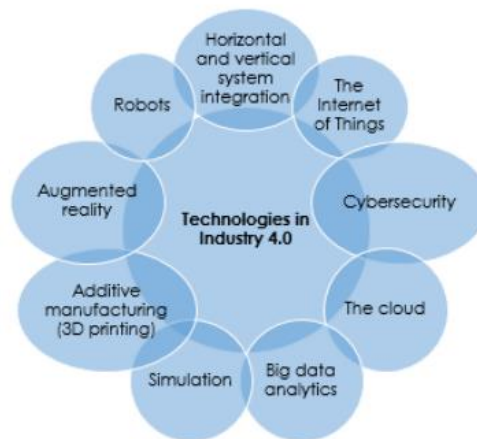


Figura 5. Tecnologías de la industria 4.0.

Fuente: asco, A. I., Beliz, (2018). *Industria 4.0: fabricando el futuro* (Vol. 647).

En relación a la producción de mezcla asfáltica no basta con producir continuamente un mismo producto, sino también analizar los resultados y buscar constantemente la forma de mejorar las características del producto. Es por ello, que día tras día se extraen muestras de los materiales despachados para así, realizar los pertinentes estudios con fin de conocer las capacidades mecánicas de los mismos. Para este y muchos casos en particular, es posible utilizar la tecnología en el procesamiento de grandes volúmenes de información para el control y registro de todas las actividades de producción y construcción. Además, de mantener un inventario digital de las propiedades mecánicas de los materiales que han sido empleados para la elaboración de las obras civiles que se han desarrollado a través de los últimos años. Permitiendo que se pueda usar la información disponible para realizar investigaciones para el continuo mejoramiento de dichos materiales de construcción.

En la Tabla 1 se exponen algunos ejemplos sobre los resultados obtenidos luego de haber sometido un espécimen de mezcla asfáltica MD-12 a los ensayos de laboratorio exigidos por el INVIAS.

Tabla 1. Extracción cuantitativa del asfalto en mezclas MD-12 para pavimentos INV E 732-13 / método de centrifugación. Fuente propia.

N° muestra	W1: masa de la porción de ensayo (g):	W3: masa del agregado mineral extraído (g):	Masas del filtro (g):		Contenido de asfalto (%)
			Antes	Después	
1	1685.8	1576.7	26.8	27.9	6.4
2	1690.2	1591.0	25.8	27.2	5.8
3	1680.7	1582.1	23.4	24.5	5.8
Promedio	1685.6	1583.3	25.3	26.5	6.0

La Tabla 1 contiene los datos del peso de la masa de la porción ensayada, la masa total del mineral extraído después de someter la muestra al ensayo y la masa del filtro antes y después de culminada la verificación. Posteriormente, se realizan los cálculos que se encuentran dentro de la norma INV E 732-13 y con ello se halla el porcentaje de asfalto que posee la muestra.

En seguida, se dispone a realizar el ensayo del análisis granulométrico que se encuentra en la norma INV E-782-13, para verificar el comportamiento del material mineral y verificar si dicho componente se encuentra dentro de los parámetros exigidos.

En la Figura 6 se presenta la gráfica obtenida luego de realizar el ensayo anteriormente mencionado.

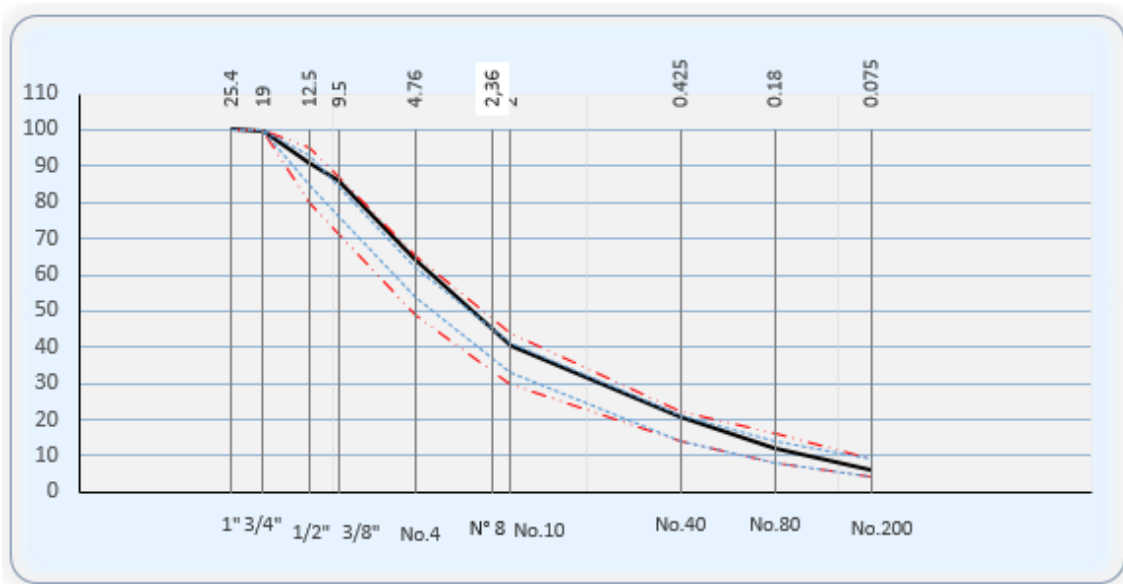


Figura 6. Análisis granulométrico de los agregados extraídos de mezclas asfálticas MD-12 INV E-782-13. Fuente propia.

Se puede concluir que la aplicación de las tecnologías 4.0 en la industria de las construcciones civiles, presentan condiciones favorables en cuanto a la reducción de costos en el desarrollo de las actividades de obras, disminución de los riesgos a los que se expone el ser humano al realizar las actividades e indiscutibles reducciones en el tiempo de producción de los materiales de obra y en la construcción de las mismas.

El uso de software de modelación hacen posible que los diseñadores de obra puedan dar un vistazo en el futuro, logrando obtener datos muy acertados de lo que será el producto final de los proyectos, incluso sin necesidad de que estos hayan iniciado, permitiendo que se puedan realizar evaluaciones con respecto a los materiales necesarios para la elaboración de los proyectos, la mano de obra que se necesitara y el plazo indispensable para la finalización de las obras. Además, con el uso de los grandes volúmenes de datos, ubicando como ejemplo el Big data, se hace posible efectuar investigaciones que se usen en beneficio de mejorar las condiciones físico mecánicas de los componentes que forman las mezclas asfálticas y demás materiales de construcción.

REFERENCIAS

Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018). *Industria 4.0: fabricando el futuro* (Vol. 647). Inter-American Development Bank.

Cifuentes, L. A. (2015). Historia de la ingeniería civil: reconocimiento de los escenarios ocupacionales de la ingeniería civil en Colombia, en función de las necesidades de infraestructura y de las tendencias de formación. *Trabajo de grado (pregrado)*, Universidad Piloto de Colombia, Bogotá.

Del Val Román, J. L. (2016, March). Industria 4.0: la transformación digital de la industria. In *Valencia: Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática, Informes CODDII*.

Garrell, A., & Guilera, L. (2019). *La industria 4.0 en la sociedad digital*. Marge books.

Instituto Nacional de Vías. (2013). Especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras.

Kutz, M. (2004). *Handbook of transportation engineering* (Vol. 768). New York, NY, USA.: McGraw-Hill.

Sproule, W. J. (Ed.). (2018, April). Automated People Movers and Automated Transit Systems 2018: Moving to the Future, Building on the Past. Reston, VA: American Society of Civil Engineers.

Ortiz Mancera, A. L. (2017). Instructivo del proceso constructivo de una vía en pavimento flexible.

Mejía Niño, M. A. (2019). Diagnóstico técnico al proceso de producción de la planta de asfalto de la empresa Nacional de Pavimentos sede Villavicencio. *Diagnóstico técnico al proceso de producción de la planta de asfalto de la empresa Nacional de Pavimentos sede Villavicencio (Tesis de pregrado)*. Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio. Recuperado de <http://repository.ucc.edu.co/handle/ucc/13072>.

Rojas, C., & Humberto, J. (2017). La cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0p y su impacto en la educación superior en ingeniería en Latinoamérica y el Caribe. *Universidad Antonio Nariño, Colombia*.