

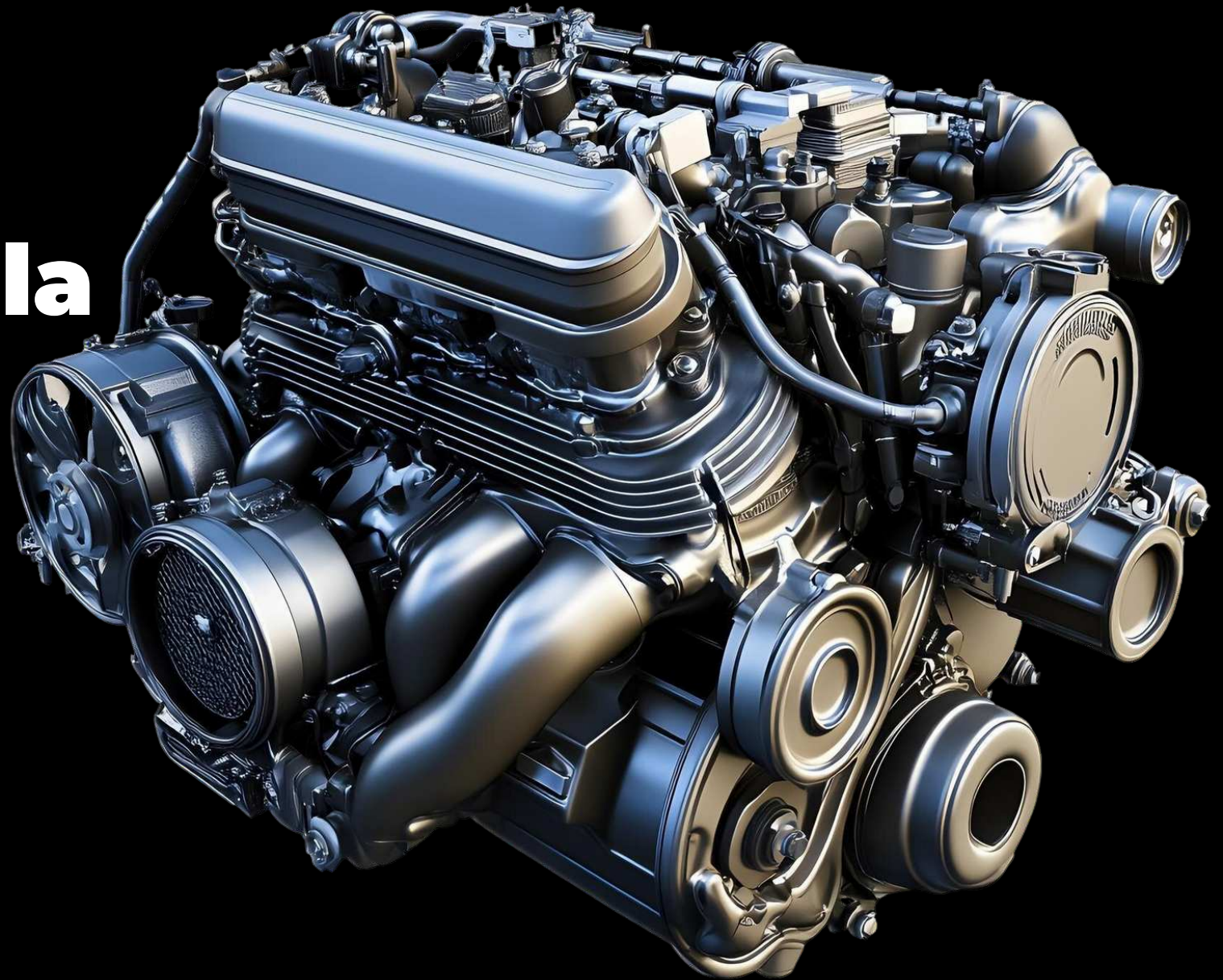
ETANOL GUATEMALA

Certificación Científica de la Gasolina E10

Análisis de Compatibilidad Vehicular y Diagnóstico de Motores



SOUTHWEST RESEARCH INSTITUTE



La adopción de la mezcla de gasolina con un 10% de etanol anhidro (conocida internacionalmente como el estándar **E10** y regulada en el país bajo el marco del **Programa Nacional de Alcohol Carburante**), suele despertar dudas legítimas entre conductores y transportistas respecto a la durabilidad de sus motores.

Con el fin de aportar máxima claridad y rigor técnico, **Etanol Guatemala** comparte y desglosa el informe de compatibilidad vehicular elaborado por el **Southwest Research Institute (SwRI)**, un documento científico de referencia que recopila décadas de ensayos destructivos, pruebas de envejecimiento acelerado y análisis de diagnóstico automotriz en flotas reales.



**Credenciales de
los Investigadores
y del Southwest
Research Institute**



El estudio de referencia, titulado "*Vehicle Compatibility with Ethanol Blends*", cuenta con el respaldo directo de dos de las máximas autoridades mundiales en ingeniería de tren motriz y durabilidad energética:

Tom Leone: Ingeniero investigador del SwRI. Trabajó durante 32 años en los laboratorios de investigación avanzada de Ford Motor Company y cuenta con tres años adicionales en el SwRI. Es miembro distinguido (*Fellow*) de la **Society of Automotive Engineers (SAE)** y ha publicado decenas de artículos científicos sobre el octanaje, la eficiencia de motores y el balance de emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

Brian West: Investigador del **Oak Ridge National Laboratory (ORNL)** durante 31 años y consultor técnico de la industria durante los últimos cinco años. Al igual que Leone, es *Fellow* de la SAE y posee un amplio registro de publicaciones técnicas enfocadas específicamente en la durabilidad de materiales y el comportamiento de emisiones bajo biocombustibles.



**Vehicle Compatibility
with Ethanol Blends**

SOUTHWEST RESEARCH INSTITUTE®

Tom Leone June 10, 2026
Brian West from Oak Ridge National Lab contributed to these slides

 POWERTRAIN ENGINEERING
swri.org

©SOUTHWEST RESEARCH INSTITUTE



SOUTHWEST RESEARCH INSTITUTE

¿Qué es el Southwest Research Institute (SwRI)?

El SwRI es una de las organizaciones independientes, sin fines de lucro, más antiguas y prestigiosas de Estados Unidos en el ámbito de la investigación y el desarrollo aplicado. Fundado en 1947, su misión es beneficiar al sector gubernamental, industrial y público mediante la innovación en ciencia y tecnología. Cuenta con una plantilla de más de 3,200 científicos y técnicos calificados que operan en más de 220,000 metros cuadrados (2.4 millones de pies cuadrados) de laboratorios especializados, bancos de pruebas de motores y oficinas en San Antonio, Texas.

Línea general

Compatibilidad de vehículos con mezclas de etanol

Efectos físicos

Compatibilidad de materiales

Durabilidad y emisiones a largo plazo

Luz ce "Check Engine"

Motocicletas

El Problema:

Principales Preocupaciones por el Uso de Etanol



La introducción de alcoholes carburantes en matrices energéticas que previamente utilizaban combustibles 100% fósiles genera preocupaciones históricas recurrentes en tres áreas mecánicas esenciales:

- 1 Compatibilidad Química de Materiales:** El temor a que las propiedades solventes del etanol provoquen hinchamiento, degradación o fugas en empaques plásticos y elastómeros (mangueras y sellos).
- 2 Corrosión y Desgaste por Durabilidad:** El riesgo hipotético de corrosión en metales debido al carácter higroscópico del alcohol o fallas prematuras en válvulas de asiento.
- 3 Fallas en los Sistemas de Monitoreo:** El encendido de alertas falsas o luces de malfuncionamiento en el tablero (*Check Engine*) debido al cambio en la composición química del combustible.

Para responder a cada uno de estos puntos de manera contundente, las agencias de investigación más importantes de Estados Unidos diseñaron programas masivos de pruebas de laboratorio y campo entre los años 2007 y 2012.



Preocupaciones sobre contenido de etanol

Pruebas extensas de mezclas de etanol (0% a 20%) de 2007 a 2012:

- Vehículos y motores no-viales.
- Durabilidad de control de emisiones
- Emisiones de escape regulados y no regulados .
Compatibilidad de materiales
- Durabilidad (u operabilidad en caso de motores no viales)
- Emisiones evaporativas

Muchos reportes, publicaciones y presentaciones (lista completa al final del documento).

Resumen de Estudios

El programa de pruebas sobre mezclas intermedias de etanol (de 0% a 20%) fue un esfuerzo conjunto coordinado por el **Oak Ridge National Laboratory (ORNL)** y el **National Renewable Energy Laboratory (NREL)**, trabajando de la mano con plantas automotrices, compañías energéticas y fabricantes de surtidores.

El proyecto requirió **4 años de investigación exhaustiva** y una inversión de **\$46 millones de dólares estadounidenses**.

Se condujeron 86 vehículos durante 6.5 millones de millas con combustibles E0, E10, E15 y E20.

La conclusión: Los vehículos conservan un funcionamiento apropiado durante toda su vida útil cuando utiliza mezcla de etanol de hasta 20%



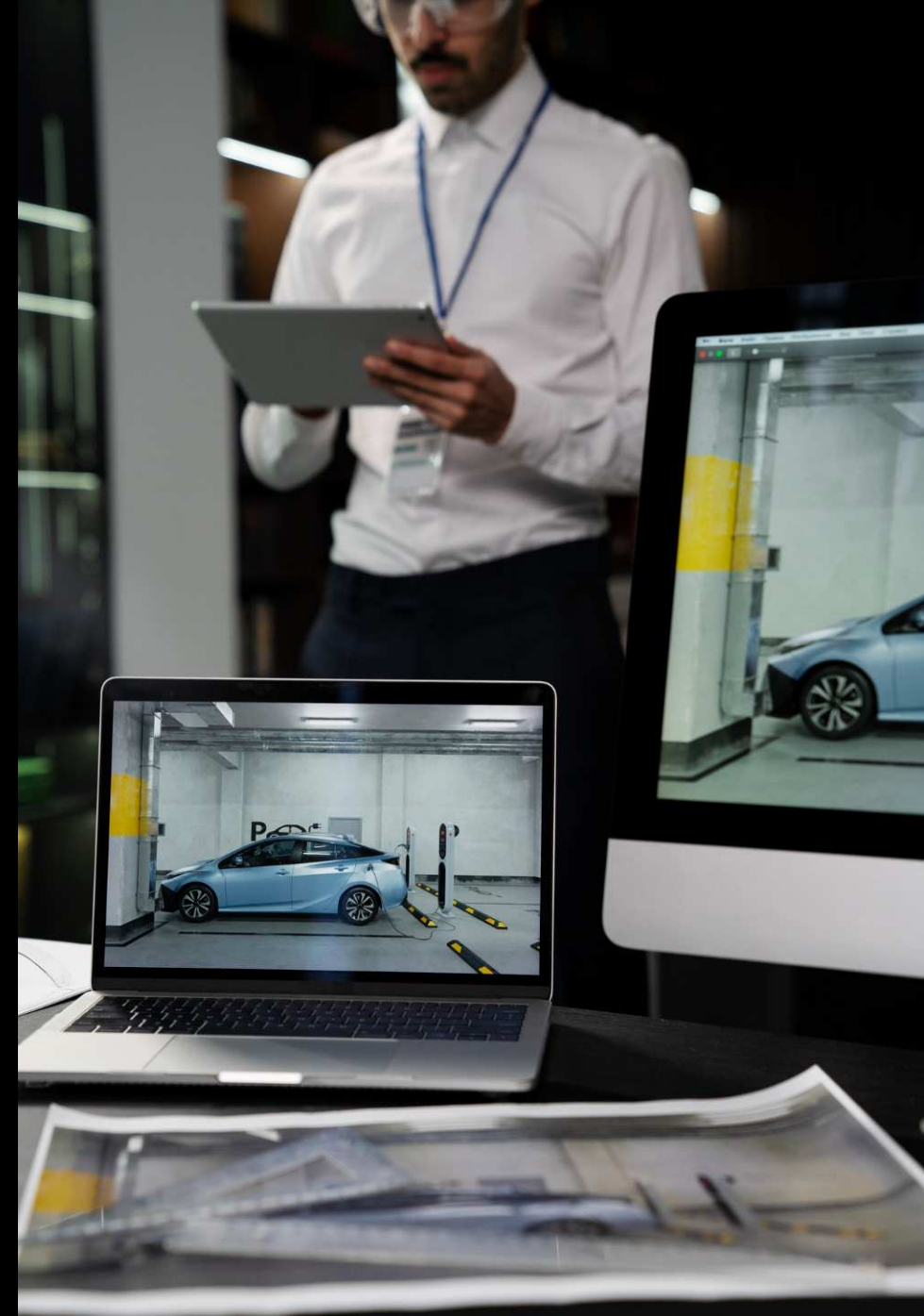
A close-up, low-angle shot of a dark-colored car at night. The car's headlight is illuminated, casting a bright glow. The wheel is visible in the foreground, and the background is dark with some blurred lights.

**Programa de
Envejecimiento
Vehicular**

Protocolo de envejecimiento acelerado

Las pruebas se ejecutaron en tres sitios independientes bajo un modelo metodológico de envejecimiento destructivo:

- **Muestra:** 86 vehículos ligeros (automóviles y camionetas de uso común).
- **Distancia:** Más de 6.5 millones de millas acumuladas (más de 10.5 millones de kilómetros) utilizando dinamómetros y pistas de prueba dedicadas.
- **Combustible:** Más de 300,000 galones consumidos (1.2 millones de litros) de diversas mezclas (E0, E10, E15 y E20).
- **Métricas de control:** Cerca de 1,000 pruebas de emisiones individuales ejecutadas antes, durante y al finalizar el ciclo de vida del vehículo.

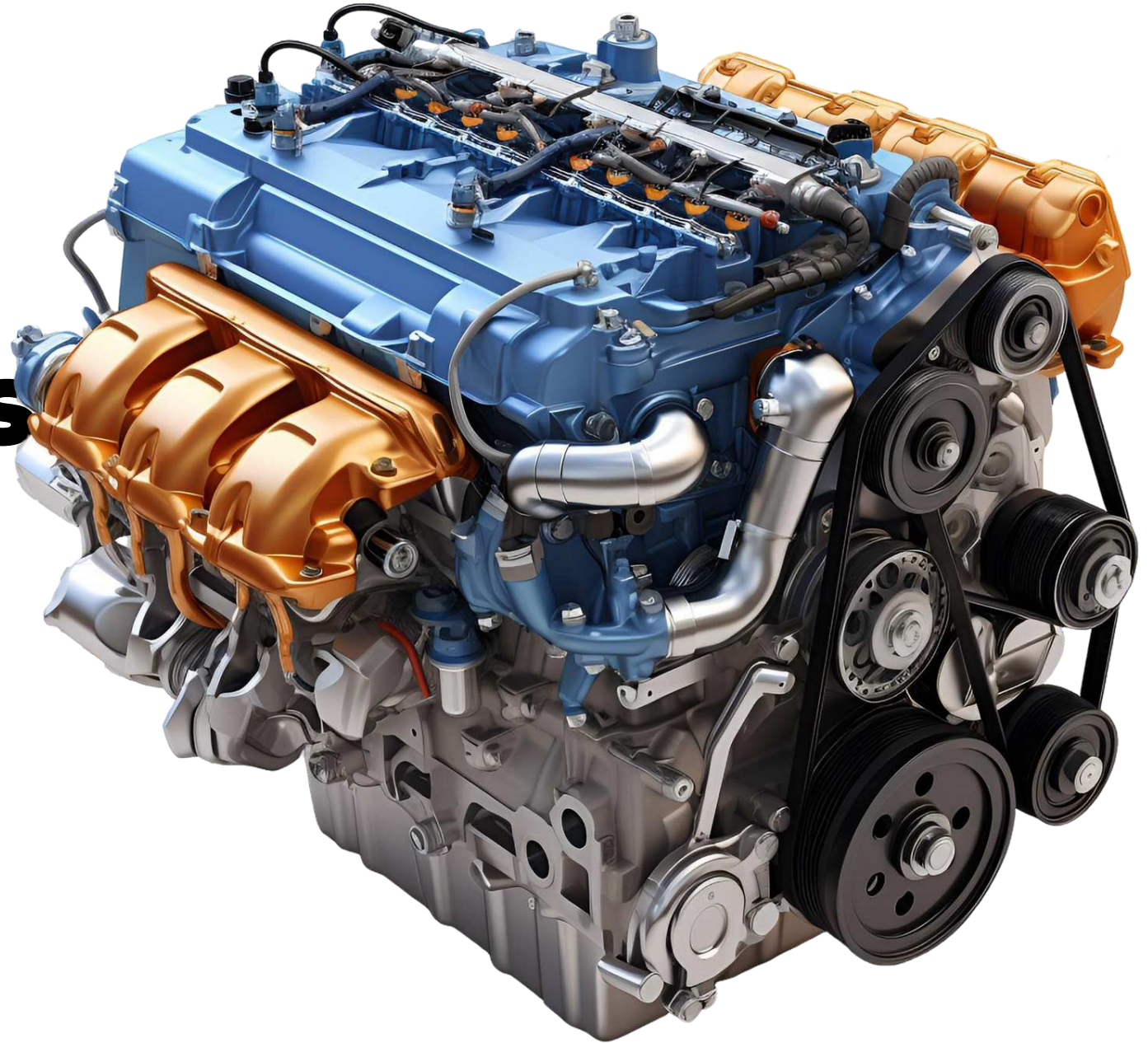




Conclusión General del Programa

Los vehículos mantuvieron su total funcionalidad mecánica al término de su vida útil operativa útil al ser envejecidos con mezclas de hasta un 20% de etanol. No se registró ninguna falla mecánica relacionada con el combustible durante todo el programa de evaluación.

Desgaste de Componentes Internos **(Hardware Teardown)**



Al finalizar las pruebas de 6.5 millones de millas, el SwRI procedió al desarmado físico completo (*hardware teardown*) e inspección micrométrica de componentes en 18 de los vehículos que completaron su vida útil completa.

Los análisis de laboratorio comparativos entre vehículos envejecidos con gasolina fósil (E0) y mezclas con etanol (E10, E15, E20) determinaron que **no existen diferencias significativas** en los patrones de desgaste o depósitos de los siguientes elementos críticos:

- Desgaste de los lóbulos del árbol de levas.
- Ancho de asiento de válvulas y perfil de contorno de superficies.
- Altura de vástago de válvulas e integridad del sello de válvula.
- Masa de depósitos acumulados en las válvulas de admisión.
- Análisis químico y degradación del aceite del motor.
- Flujo y desempeño de la bomba e inyectores de combustible.
- Integridad del sistema de emisiones evaporativas y capacidad de trabajo del *canister*.





Análisis y Resultados de Compatibilidad de Materiales

El SwRI y el ORNL evaluaron de forma aislada el comportamiento de diversos polímeros y elastómeros de uso común en sistemas de combustible mediante un protocolo experimental estricto: inmersión continua durante **16 semanas a una temperatura constante de 60°C**, seguida de secado a 60°C por 65 horas y análisis mecánico dinámico (DMA).

Parámetros evaluados:

- **Cambios de volumen (hinchamiento).**
- **Variación de la dureza Shore (en estado húmedo y seco).**

Conclusiones del análisis de materiales:

- 1 Metales:** Solo se observaron signos mínimos de corrosión si existía presencia física de agua (fase acuosa libre en el fondo del tanque). El etanol anhidro libre de agua no genera corrosión metálica por sí mismo.
- 2 Elastómeros:** El estudio documentó curvas de variación de volumen. Materiales como el silicón exhiben los mayores índices de hinchamiento en mezclas intermedias, seguidos por el neopreno, poliuretano y hule nitrilo (NBR), mientras que los fluoroelastómeros (*Viton*) muestran una estabilidad casi total.
- 3 Resultado en Flota Real:** A pesar de las variaciones de volumen registradas en los laboratorios de polímeros puros, **no se reportó ninguna falla de sellado, fuga o rotura de mangueras** en ninguno de los 86 vehículos del programa de envejecimiento.





Efectos en Motores No Viales y el Control de Bucle Cerrado



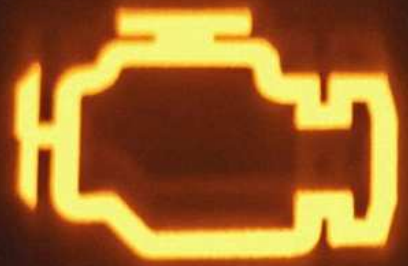
El informe destaca una diferencia tecnológica fundamental que aclara por qué ciertos motores pequeños operan de forma diferente a los automóviles convencionales frente al biocombustible:

El caso de los motores fuera de carretera (Non-Road)

Los estudios en motores pequeños sin sistemas informáticos avanzados (como cortadoras de césped o motosierras portátiles) revelaron que tienden a operar de manera más delgada (*lean*) al incrementar el porcentaje de etanol. Al no regular la entrada de aire de forma automática, la presencia de oxígeno en el etanol eleva moderadamente las temperaturas del cilindro y la culata. Con mezclas muy altas (E15 y E20), tres de los sopladores evaluados mostraron variaciones en su ralentí y acoplamientos accidentales del embrague por temperatura.

La solución automotriz: Control de Bucle Cerrado (Closed-Loop)

A diferencia de las herramientas rústicas, los vehículos ligeros y las motocicletas modernas de inyección electrónica operan bajo un sistema de **control de bucle cerrado**. Este sistema es obligatorio en casi todas las industrias mundiales desde los años 90 para cumplir con los estándares de control de emisiones. El control de bucle cerrado utiliza un sensor de oxígeno en el escape que lee la composición de los gases en tiempo real y ajusta de forma automática la cantidad de combustible inyectada, compensando de manera imperceptible las variaciones de temperatura, presión atmosférica, humedad y propiedades químicas del combustible.



Gestión de Alertas y Luces de "Chequeo de Motor" (OBDII y MIL)

El encendido de la luz de malfuncionamiento (*Malfunction Indicator Light - MIL*), popularmente conocida como *Check Engine*, es una de las mayores preocupaciones en los talleres de servicio técnico. El informe del SwRI aborda a profundidad la ingeniería detrás de estos sistemas.

Antecedentes: OBD y el ajuste de mezcla

La Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU. (EPA) obliga al uso de sistemas de Diagnóstico de a Bordo (OBD) desde la década de 1990. El objetivo del OBD es alertar al conductor si algún componente provoca que las emisiones del escape superen los límites permitidos. Sin embargo, los fabricantes automotrices calibran estos sensores con rangos razonables para evitar alarmas injustificadas que generen quejas o reclamos de garantía innecesarios.

La computadora del carro mide el flujo de aire entrante y calcula el volumen de inyección idóneo. Si el sensor de escape detecta un exceso de oxígeno, realiza una corrección interna denominada **Compensación de Combustible a Largo Plazo (LTFT - Long Term Fuel Trim)**. Problemas comunes como filtros sucios, inyectores obstruidos o fugas de vacío elevan el LTFT. Debido a que el etanol aporta oxígeno de forma natural, su uso también incrementa el LTFT, registrando un alza de entre **4% y 5% por cada +10% de etanol en el tanque.**



Resultados de los Estudios del Coordinating Research Council (CRC)





El CRC —un organismo científico sin fines de lucro financiado por el American Petroleum Institute (API) junto a grandes fabricantes como Ford, GM, Stellantis, Toyota, Honda, Nissan y Volkswagen— lideró dos estudios masivos para evaluar la sensibilidad del OBDII frente al etanol:

Reporte CRC 2011 (E-90-2a): Evaluó los datos de bases de datos masivas de programas de inspección vehicular antes y después de la introducción generalizada de la gasolina E10 en estados como California y Georgia. El estudio confirmó que si bien la mezcla desplaza los parámetros hacia el espectro lean (como se esperaba técnicamente), la variación es tan pequeña que el impacto en encendidos reales de la luz MIL por fallas de mezcla pobre es estadísticamente insignificante para el universo de usuarios comunes.

Reporte CRC 2013 (E-90-2b): Sometió a pruebas de laboratorio severas únicamente a los modelos de vehículos que la fase previa identificó como los más sensibles a las variaciones de combustible. **Ninguno de los vehículos encendió la luz de *Check Engine* al operar con combustibles E10 o E20** bajo condiciones normales. Las alertas por códigos lean solo aparecieron al elevar las mezclas de forma experimental hasta el estándar E30 o bajo pruebas extremas de frío a -6°C (20°F) empleando combustibles E15 o E20.

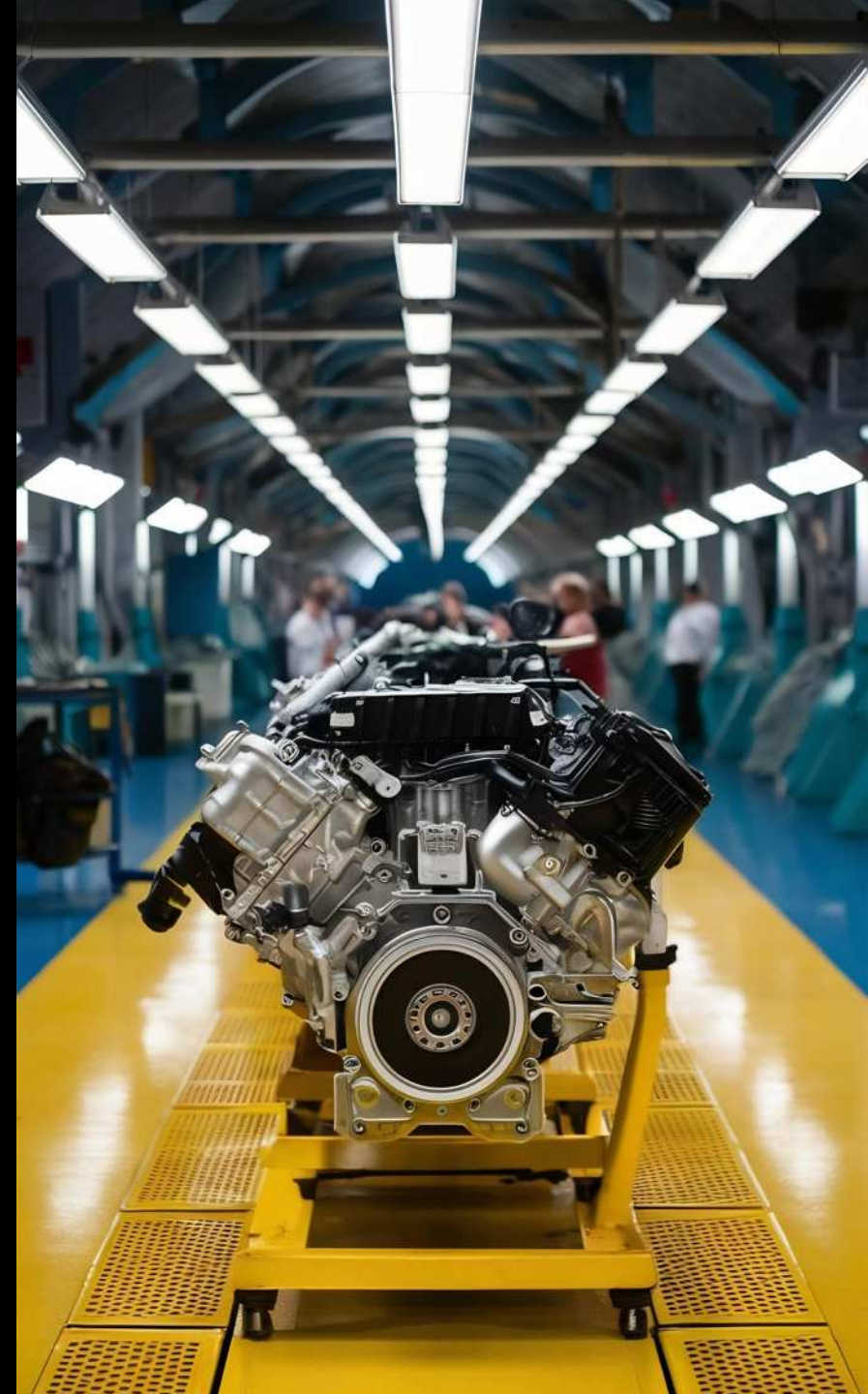
Estudio ORNL / NREL 2012: Los laboratorios nacionales validaron que los umbrales de alerta MIL de la mayoría de fabricantes se activan únicamente cuando el ajuste de inyección (LTFT) supera el **25% o más**. Al requerir el E10 una variación menor al 5%, las computadoras automotrices absorben el biocombustible de forma natural dentro de sus márgenes de tolerancia ordinarios, descartando alertas falsas.

¿Qué ha cambiado desde estos estudios?

Todas las investigaciones descritas se realizaron sobre plataformas vehiculares diseñadas cuando los combustibles de referencia en las refinerías eran 100% fósiles (E0). En los últimos años, **la realidad del mercado automotriz internacional ha evolucionado de forma drástica:**

Cambio en la Certificación de Fábrica: Entre 2015 y 2019, las agencias de protección ambiental modificaron el combustible oficial de certificación para carros nuevos, **pasando de E0 a E10 como estándar base.**

Aprobación Nativa: Los fabricantes globales configuran sus motores con plena conciencia de la presencia de biocombustibles. La gran mayoría aprueba explícitamente el uso de mezclas E15 en sus manuales de usuario desde el año 2012, y mercados masivos como India o Tailandia ya comercializan de forma ordinaria el estándar E20 en estaciones comunes.



Sección Motocicletas:

El Comportamiento en Vehículos de Dos Ruedas



Debido a que las motocicletas constituyen una de las herramientas de trabajo y transporte más masivas e importantes de Guatemala, el comportamiento del estándar E10 en este segmento ha sido rigurosamente auditado mediante estudios globales de gran alcance.

Estudio Global de Compatibilidad del NREL (2021)

El Laboratorio Nacional de Energías Renovables publicó una investigación de alcance internacional enfocada en mercados con alta densidad de vehículos de dos ruedas, como India e Indonesia (donde las motocicletas superan ampliamente en volumen a los automóviles particulares). El informe técnico de NREL determinó que **las motocicletas fabricadas bajo estándares internacionales son plenamente compatibles con el combustible E10**, y una gran proporción muestra incluso tolerancia nativa hacia el estándar E15.

El reporte añade que **la historia de uso de la mezcla al 10% en economías avanzadas desde 1978** demuestra que las diferencias químicas entre el E0 y el E10 son tan pequeñas que la probabilidad de falla operativa en cualquier motor estándar es prácticamente nula.





Estudio de la Asociación de Fabricantes en Vietnam (VAMM, 2025)

Para evaluar el comportamiento de los modelos más recientes y de alta circulación en el mercado del sudeste asiático, la Vietnam Association of Motorcycle Manufacturers (VAMM) coordinó pruebas de laboratorio exhaustivas junto a la **Hanoi University of Science and Technology**.

El estudio evaluó motocicletas de cilindradas comunes (de 109cc a 125cc), abarcando tanto sistemas de alimentación por carburador como de inyección electrónica de combustible (Fi) bajo normas Euro 3. Las unidades fueron sometidas a pruebas de aceleración (0 a 70 km/h), capacidad de arranque en frío, consumo de combustible y un ensayo de rodaje extendido bajo ciclos de la norma mundial de prueba de motocicletas (WMTC).

Conclusiones Oficiales de la Evaluación (2025): Los indicadores de rendimiento automotriz, la capacidad de arranque del motor, las curvas de aceleración y los promedios de consumo de combustible **no muestran diferencias significativas** al comparar la mezcla E10 con la gasolina convencional. Los científicos dictaminaron de forma categórica que **no se requiere ningún tipo de ajuste tecnológico ni modificaciones** en las motocicletas existentes en el mercado para operar de forma segura con el estándar E10.



**Conclusión
General y
Repositorio de
Fuentes Técnicas**

La recopilación de evidencia científica internacional coordinada por el Southwest Research Institute (SwRI) e instituciones aliadas aporta total certeza técnica sobre la viabilidad del Programa Nacional de Alcohol Carburante en el parque vehicular. Los datos confirman que la transición al estándar E10 es mecánicamente segura, compatible con empaques y polímeros de inyección, y completamente transparente para los sistemas electrónicos de diagnóstico del tablero.

Para aquellos ingenieros, mecánicos o analistas que deseen auditar directamente las publicaciones científicas revisadas en este informe, compartimos la biblioteca técnica oficial de los estudios citados:

Referencias Bibliográficas Clave (Ensayos y Durabilidad Vehicular)

Análisis del Desgaste de Componentes: *Powertrain Component Inspection from Mid-Level Blends Vehicle Aging Study* (SwRI para el Oak Ridge National Laboratory, Reporte Oficial ORNL/TM-2011/65). Disponible mediante consulta técnica en la biblioteca científica del [Oak Ridge National Laboratory \(ORNL\)](#).

Programa de Durabilidad de Catalizadores: *Intermediate Ethanol Blends Catalyst Durability Program* (Reporte Técnico Oficial ORNL/TM-2011/234), un desglose detallado de los ensayos de emisiones a lo largo de 6.5 millones de millas. Consulta disponible en la base de datos del [Oak Ridge National Laboratory \(ORNL\)](#).

Investigación de Sistemas OBDII y Alertas MIL: *Investigating Malfunction Indicator Light Illumination Due to Increased Oxygenate Use in Gasoline* (Publicación especializada en la revista internacional *SAE International Journal of Fuels and Lubricants*, Referencia DOI: 10.4271/2012-01-2305).

Estudio Global de Compatibilidad de Motocicletas: *Global Ethanol-Blended-Fuel Vehicle Compatibility Study* (Reporte Oficial del National Renewable Energy Laboratory, 2021, Código de Publicación NREL/TP-5400-81252). Indexado para consulta pública en el repositorio oficial del [National Renewable Energy Laboratory \(NREL\)](#).

Reportes de Sensibilidad de Diagnóstico (CRC): Estudios a gran escala *Impact of Ethanol Blends on the OBDII System of In-Use Vehicles* (Coordinating Research Council, Reportes Técnicos E-90-2a y E-90-2b). Documentación técnica disponible en el portal oficial del [Coordinating Research Council \(CRC\)](#).

Regulación e Información Oficial Local: Para consultar el cronograma de operativización de las mezclas en las terminales mayoristas, los manuales informativos y las resoluciones técnicas derivadas de la modificación del artículo 21 del Reglamento de la Ley de Alcohol Carburante, visite el portal oficial del [Ministerio de Energía y Minas de Guatemala \(MEM\)](#) [cite: 3, 4].

Derechos de Distribución

El contenido de este documento **puede ser distribuido libremente**, ya que está sujeto a los derechos de libre circulación. Se invita al público a acceder y compartir la información presentada.



**ETANOL
GUATEMALA.COM**

[Conoce más](#)