

# Panorama de Pruebas Automatizadas 2017

Reflexiones del Cofundador de NI: Una Edición Especial por el Dr. James Truchard



# Reflexiones sobre 40 años de pruebas y medidas y lo que queda por delante



A medida que me aproximo a mis 40 años de carrera como CEO de National Instruments recuerdo el gran progreso e innovaciones de los que la gran industria de prueba y medida ha sido testigo desde 1976. Hemos partido de una industria conducida por una tecnología basada en tubos de vacío en la era de General Radio, a una época en la que el transistor regía con Hewlett Packard hasta la actualidad, donde el software es realmente el instrumento, una transición que NI guio. La ley de Moore nos ha conducido por un recorrido salvaje y rápido, por no decir más, y justo cuando crees que ha seguido su curso, las innovaciones en proyectos se extienden a nuevas dimensiones (literalmente) e impulsan el rendimiento.

Tal y como el transistor, NI tuvo un comienzo humilde, pero se ha enfocado fundamentalmente en diseñar grandes productos y en fortalecer una innovación capaz de cambiar al mundo mediante nuestros clientes y nuestra plataforma de tecnología. Permítanme rememorar lo que los pasados 40 años me han enseñado y hacia dónde veo que este mercado está avanzando a medida que me adentro en la siguiente etapa de mi carrera.

## “Has por prueba y medida lo que la hoja de cálculo hizo por el analista financiero”

Cuando Jeff Kodosky, Bill Nowlin y yo comenzamos con NI en 1976, vimos un espacio estupendo para la innovación en cómo los ingenieros y los científicos interactuarían y construirían equipos de prueba y medida. Fundamos la compañía con la premisa de que debería existir una mejor manera de abastecer las necesidades de prueba y medida que nosotros, los ingenieros y científicos, requerimos. No lo compramos hecho, pero tampoco lo tenemos que construir de cero.

El bus de interfaz de propósitos generales (GPIB, IEEE 488) fue nuestro pasaporte. Nuestra visión, revelada en 1983, fue “Hacer por las pruebas y medidas lo que la hoja de cálculo hizo por el analista financiero.” Dicha hoy, la frase pierde parte de su fuerza, pero piensen en los comienzos de los 80. En ese momento, las herramientas para el análisis financiero estaban “bajo llave” y eran muy costosas para alguien sin un gran capital para adquirirlas. Las primeras encarnaciones de las hojas de cálculo pusieron a esta situación de cabeza y eso es exactamente lo que queríamos hacer. Queríamos hacerlo para que

cada ingeniero o científico tuviera acceso a las mismas herramientas o plataforma utilizada por los equipos de R&D de las compañías de tecnología líderes. Era una visión radicalmente fortalecedora en aquel momento y, de muchas maneras, lo sigue siendo.

## “El software es el instrumento”

Mientras que algunos han visto a GPIB como un juego, nosotros vimos lo que permitía en términos de software. A medida que la industria de las PC evolucionó (tal y como la Mac de Apple, con la cual tenemos una afinidad especial por su interface gráfica), el cable GPIB facilitó el análisis y presentación de datos de una manera personalizada para las necesidades de nuestros clientes. Ya no estaban más confinadas al panel frontal de un instrumento y sus lápices y libretas para la adquisición de datos. La oportunidad para innovar le tocó al mundo del software, donde los lenguajes de programación necesitaban controladores de instrumentos para los equipos conectados. Nuestra estrategia de escribir y admitir dichos controladores ofreció un servicio crucial que continúa al día de hoy, ya que NI admite más de 10.000 controladores en la red de instrumentos controladores de la compañía.

Pero ese mundo todavía dejaba a los ingenieros y científicos con la carga de utilizar herramientas diseñadas para que los ingenieros informáticos desempeñaran tareas de ingeniería, pruebas y medidas. Nuestra respuesta fue doble: LabWindows™/CVI ofrecería herramientas de ingeniería específica en la programación de ANSI C, y LabVIEW, un paradigma de la programación gráfica que tomó nuestra visión de cómo resolver un problema (con flujogramas y fotografías) y los convirtió en un código compilado. La historia fue simple: adquirir, analizar y presentar. Y hacerlo en herramientas de software diseñadas para el fácil uso y aprendizaje de nuestros clientes, pero extremadamente poderosas. Acuñamos la frase “El software es el instrumento” para describir esta aproximación y el ver como los ingenieros y científicos ahorran tiempo valioso y obtenían resultados más rápidos fue toda la validación comercial que necesitamos.

## Evolucionar con la ley de Moore

La gente habla de la ley de Moore como si fuera acerca de hardware, pero el hardware informático existe solo para ejecutar software (y quizás firmware). Una vez que hicimos prueba y medida de todo el software, reclutamos efectivamente a Intel, Xilinx y muchas otras compañías millonarias en nuestro departamento de I+D. Con clientes y socios construyendo competencia con nuestras herramientas de software, solo debíamos hacer un seguimiento de los chips para entregar un valor agregado a los sistemas incorporados y de prueba. Esto ha ocurrido con dos dimensiones clave: procesadores multi-núcleo y FPGA.

Porque LabVIEW es gráfico y, por lo tanto, no evidentemente secuencial, está hecho a medida para procesamiento paralelo. Los usuarios de LabVIEW estaban entre los primeros programadores para migrar fácilmente de procesadores de núcleo único a múltiples hilos de ejecución y núcleos múltiples y ver mejoras casi instantáneas. Obviamente, es posible tomar ventaja de estas tendencias con otros lenguajes, tal y como es posible escribir un código altamente eficiente a máquina o en lenguaje ensamblador, pero ¿por qué lo harían? El ritmo de cambio en la electrónica moderna significa que no puedes perder el tiempo haciendo a mano lo que una herramienta podría hacer fácilmente por ti, y lo escuchamos permanentemente de los usuarios de LabVIEW.

Esto va a un nivel completamente diferente con FPGA. Algunos problemas se resuelven mejor en el mundo paralelo y determinista del silicón. Pero el conjunto de herramientas y las formas de programación fueron inaccesibles para la mayoría de ingenieros y los investigadores médicos que eran expertos en sus mediciones y problemas a resolver (no de diseño digital). Reconocimos esto a fines de 1990 con el paradigma gráfico de LabVIEW. Estuvimos en una cruzada para entregar a los programadores el poder de FPGA a LabVIEW y lo logramos. Un vistazo rápido a nuestros ganadores de Engineering Impact Awards demuestra el poder de esta tecnología: aplicaciones que oscilan desde regenerar y restaurar las funciones de órganos dañados por enfermedades o traumas hasta establecer un récord en el espectro de eficiencia inalámbrica 5G con MIMO a gran escala.

## Un enfoque centrado en el software al diseño del hardware

Cuando se piensa en el software de forma tan única como lo hicimos nosotros, es fácil pensar diferente acerca del hardware también. Tarjetas modulares, insertables para PC fueron un derivado natural. Hacer el hardware tan liviano y rentable como sea posible (sin pantallas específicas, fuentes de alimentación, botones y perillas fijas, etc.) y enfocarse en ADC, DAC, acondicionamiento de señal y movimiento de datos. Todavía no he visto a un proveedor de prueba y medida diseñar una interfaz de usuario mejor que un cliente, para cualquier tarea específica, que haga al cliente más productivo. Incluso los mejores paneles en instrumentos de cuadro están repletos con botones inutilizados o estructuras de menú. Muchos de nuestros productos de hardware tienen restricciones de tamaño dictadas por el conector E/S. ¿Puede volverse más eficiente que eso?

La realidad es que nuestra estrategia es más que solo eficiente, es la correcta. Por ejemplo, el nuevo Vector Signal Transceiver (VST) que combina un analizador

RF, un generador RF, interfaces paralelas y seriales y procesamiento de señal de alto desempeño en un módulo PXI de 2 ranuras. Este producto proporciona una banda ancha única en el sector (1 GHz), un increíble rendimiento RF y escalabilidad para aplicaciones MIMO por una razón: software. Trasladamos cuantos problemas técnicos al FPGA como pudimos y la ley de Moore (junto con Xilinx) entregó un vehículo capaz de encargarse del cómputo. nosotros, en cambio, les entregamos las llaves de ese vehículo a nuestros clientes al dejarlos personalizar ese FPGA con LabVIEW. Desde el desarrollo de la tecnología celular 5G a radares automotrices y desarrollo de algoritmos de ayuda al conductor, a reducciones en el costo de los dispositivos de “Internet de las cosas” (IoT), el VST y LabVIEW están ayudando a que los clientes logren los objetivos que con los instrumentos convencionales simplemente eran imposibles.

## El futuro

Vemos destellos del futuro donde sea que miremos. Una fábrica moderna presenta lo que llamamos un “sistema ciber-físico”, que combina tecnología informática centrada en el software con sistemas electromecánicos y operadores humanos para mejorar la seguridad, la eficiencia y la estructura de costos. Los conceptos de adquirir, analizar y presentar son todavía válidos, pero hemos agregado “sentido, procesamiento y conectividad” como flujo paralelo para dispositivos IoT. La tecnología inalámbrica es por lo general dominante. Lo hemos dicho por un tiempo, pero si hoy no eres un ingeniero RF, lo serás. Y mientras más cosas conectes, más te obsesionarás por no sacar ventaja de la información que puedes recopilar de miles de millones de nodos de sensores. Para nosotros, esto es una solución de Big Analog Data™ y el conjunto de información más grande del mundo. Los clientes de NI están adquiriendo terabytes de ésta cada día.

**“Todos los ingenieros, científicos y proveedores necesitan adoptar nuevos enfoques como éste para fomentar la innovación que estará dirigida básicamente a los desafíos de ingeniería de nuestro tiempo.”**

—James Truchard, Dr., Presidente, CEO, y Cofundador,  
National Instruments

Incluso a medida que nuestras capacidades se vuelven más avanzadas y la escala de los problemas que tratamos de resolver crece ampliamente, las herramientas que utilizamos deben ser más simples de navegar. Tal y como el lenguaje cibernético migró a un lenguaje de alto nivel y orientado a los objetos, otros paradigmas, incluida la programación de flujo de datos son cruciales para ofrecer el nivel adecuado de abstracción. El diagrama de temporización y frecuencia múltiple en LabVIEW Communications es un gran ejemplo; ninguna herramienta brindaba la productividad necesaria para los algoritmos de los prototipos 5G hasta que tuvimos la valentía suficiente para afrontar múltiples modelos de cómputo dentro de un mismo flujo que podría usarse directamente en hardware.

Ninguna gran innovación se hará sola. Las mejores plataformas que usamos hoy son efectivas porque han fomentado un ecosistema. Nuestro enfoque centrado en el software en NI engendró una red de socios de más de 1.000 compañías y 300.000 usuarios activos de LabVIEW. El incremento de dispositivos móviles y “aplicaciones” es posible gracias a un ecosistema saludable construido en plataformas amigables para el desarrollador. El desarrollo basado en hardware, código compartido y soporte comunitario ya no será innovador o el mejor de su clase. Serán esperados.

## En conclusión

Sería imposible haber sido testigo de lo que fui testigo en nuestra industria por los últimos 40 años y no estar entusiasmado sobre a dónde nos guiarán todas estas tecnologías y tendencias. Mi consejo para cualquier ingeniero nuevo es simple: desarrolla una visión del futuro y persíguela intensamente. Y, a fin de cuentas, no temas divertirte.

Gracias por sus 40 maravillosos años. Creo que las siguientes cinco secciones de las Tendencias de Pruebas Automatizadas 2017 siguen tan vigentes hoy como el día en que se publicaron. Que les proporcione una lectura comprensiva del futuro y les otorgue a usted y a sus organización prosperidad y éxito.





# Table of Contents

- 04 **Optimizar a las Empresas de Pruebas**  
Transformar una organización de pruebas en un activo estratégico requiere un compromiso ante un enfoque por fase a largo plazo, desde crear plataformas de pruebas estándares hasta desarrollar una infraestructura de datos para mejorar la toma de decisiones.
- 06 **Instrumentación Reconfigurable**  
Los sistemas de pruebas son reconfigurables por infinitas razones, desde adaptarse a nuevos requerimientos de pruebas hasta incorporar reemplazos de instrumentos durante los ciclos de calibración y reparación.
- 08 **Ecosistemas Centrados en Software**  
La naturaleza de la tecnología centrada en software puede transformar la capacidad de los sistemas de pruebas automatizadas para alcanzar mayores niveles de productividad y colaboración.
- 10 **Gestión de Sistemas de Pruebas**  
A medida que la ley de Moore continúa influyendo en el desempeño de los sistemas de pruebas, las nuevas tecnologías de comunicación y datos ayudan a los gerentes de pruebas a optimizar sus sistemas para reducir el costo de las pruebas.
- 12 **Impulsado por la necesidad**  
Las regulaciones de seguridad y software están impulsando a las pruebas de hardware-in-the-loop a la vanguardia en fabricación de transporte en un mundo cada vez más guiado por software.

*Notas de redacción: Me encanta ver a los coordinadores de pruebas y a las organizaciones convertir sus “centros de costos necesarios” en recursos estratégicos para mejorar la rentabilidad, el tiempo a mercado y la calidad del producto. Tras haber superado, y vivido a través de, múltiples puntos de inflexión organizacionales, puedo afirmar que se trata de un trabajo duro y que vale la pena, personal y profesionalmente. Tome ventaja del conocimiento y la experiencia de los demás a través de las comunidades de líderes en ingeniería como: el Test Leadership Forum, consejos de asesores regionales y grupos en línea de LinkedIn. Estará asombrado de lo que puede aprender de sus colegas, tanto dentro como fuera de tu industria.*

## Optimizar a las Empresas de Pruebas

En condiciones económicas difíciles, las compañías están buscando oportunidades para tener ventaja competitiva para hacer crecer las utilidades, las ganancias y la lealtad del cliente. Esto ha llevado a una fuerte implementación de estrategias de mejora del mercado como Six Sigma, Lean Manufacturing, Capability Maturity Model Integration (CMMI) y Agile Product Development. Además, las empresas han aprovechado estratégicamente una función de soporte dentro de la organización como diferenciador del mercado.

Por ejemplo, el papel de la tecnología de la información (IT) ha cambiado drásticamente en las últimas dos décadas. IT originalmente era una función de soporte que ofrecía aplicaciones de cómputo estándares, almacenamiento de datos y automatización de tareas de rutina. En las empresas líderes, IT ahora puede modernizar procesos críticos y ayudar a los ejecutivos a tomar decisiones en tiempo real con respecto a las áreas centrales del negocio. La importancia estratégica de IT fue confirmada por la revista Chief Information Officer (CIO) 2010 State of the CIO Survey, la cual reveló que el 70 % de los CIO ahora son miembros de los comités ejecutivos de sus empresas.

Similar a IT, las pruebas de productos han sido vistas como una función de soporte durante el desarrollo del producto y el proceso de fabricación, un centro de costo necesario. Por consiguiente, muchas compañías invierten más en otras áreas de valor “estratégico” como el desarrollo de productos e implementación de ventas. Esto deja a la organización de pruebas fragmentada, inferior para cumplir con los requerimientos de la industria y anticuada con tecnologías viejas y metodologías de prueba que a

menudo crean cuellos de botella para las organizaciones. Sin embargo, como han mostrado las investigaciones, las pruebas son críticas porque validan el rendimiento del producto, reducen el tiempo de desarrollo e incrementan la calidad y fiabilidad y disminuyen las tasas de recuperación. Al detectar los defectos al inicio del desarrollo del producto y recolectar los datos para mejorar un diseño o proceso, las pruebas ofrecen un estupendo valor a la empresa.

Una creciente tendencia para las compañías de fabricación de electrónicos es usar pruebas del producto para tener una distinción competitiva. Esto ha elevado la función de la ingeniería de pruebas de un centro de costo a un activo estratégico. Este cambio fue confirmado por una encuesta mundial que realizó NI recientemente con los líderes en ingeniería de pruebas, quienes dijeron que su meta principal en el próximo año o dos es reorganizar sus estructuras con respecto a pruebas para obtener mayor eficiencia. Esta reestructuración estratégica reduce el costo de la calidad e impacta las finanzas de la empresa al llevar más rápido al mercado mejores productos. Las investigaciones han revelado que “optimizado” es el nivel de madurez ideal, cuando una organización de ingeniería ofrece una estrategia de pruebas centralizada que alarga el ciclo de vida del producto. Esta organización optimizada desarrolla arquitecturas de pruebas estandarizadas con componentes de reutilización sólidos, y ofrece administración y análisis sistemático de datos empresariales que dan como resultado un impacto de negocio al nivel de la compañía.

Las compañías que realicen esta transformación deben comprometerse con una estrategia a largo plazo porque, de

## COMPROMETERSE CON UN ENFOQUE GRADUAL A LARGO PLAZO

AD-HOC (CENTRO DE COSTES)	REACTIVO (COLABORADOR)	PROACTIVO (FACILITADOR DE NEGOCIOS)	OPTIMIZADO (RECURSOS ESTRATÉGICOS)
	Alineación de la Empresa		Objetivos de Negocios Monitoreados
	Planeamiento del Negocio		Estrategia Centralizada; Estandarizada Arquitectura, Herramientas y Procesos
■	Desarrollo del Ciclo de Vida	→	Sólida Reutilización del Diseño a la producción
■	Desarrollo del Sistema	→	Utilización Dinámica de Recursos
■	Tecnología de Prueba y Arquitectura		Administración Sistemática de Datos de Pruebas Empresariales

Transformar una organización de pruebas en un activo estratégico requiere un compromiso ante un enfoque por fase a largo plazo.

acuerdo con NI normalmente toma de entre tres a cinco años alcanzar el beneficio completo. Una compañía debe tener una estrategia de inversión disciplinada e innovadora para transformar la organización de pruebas en cuatro niveles de madurez: apropiada, reactiva, proactiva y optimizada. Cada nivel incluye personal, procesos y elementos de tecnología. Se requiere el personal adecuado para desarrollar y mantener la estrategia de pruebas consistente. Se requieren mejoras en el proceso para modernizar la reutilización y el desarrollo de pruebas en todo el desarrollo del producto. Y finalmente, se requiere llevar un registro e incorporar las últimas tecnologías para mejorar el rendimiento del sistema al reducir el costo.

Cuando las compañías implementan cambios en el proceso, el personal o la tecnología, algunas veces están expuestas a omitir los proyectos de transición ya que creen que pueden alcanzar un nivel más alto de madurez mucho más rápido. De todos modos, antes de que una organización adquiera un nivel óptimo, debe alcanzar primero el nivel proactivo en cada área de competencia básica: alineación de la empresa, planeamiento del negocio, desarrollo de su ciclo de vida, desarrollo del sistema, y tecnologías y arquitectura de prueba.

Una organización construye firmemente una base para una transformación estratégica al adherirse a un enfoque secuencial y al identificar iniciativas a corto plazo que ayudan a la compañía a mejorar su nivel de madurez y que llevan a los objetivos de operación anual. Y mientras se construye la base, incrementa la productividad de las pruebas y la utilización del equipo, a cuenta de la inversión original. Este enfoque en fases permite a las organizaciones obtener beneficios con anticipación, después de la terminación de uno o dos proyectos. Ejemplos de estos proyectos de transición incluyen los siguientes:

- Proceso/Arquitectura de Pruebas Estandarizadas (Ad-Hoc->Reactivo) – Adoptar arquitecturas y tecnologías de prueba estandarizadas de hardware y software mejora la productividad con un desarrollo de código de prueba rápido y un uso creciente de activos de prueba

- Probar el Costo Total de Propiedad (TCO) Modelo Financiero (Reactivo->Proactivo) — Crear un modelo financiero TCO para pruebas ayuda a las compañías a calcular las métricas de productividad del negocio y las métricas financieras (rentabilidad, período de reembolso, valor neto actual, tasa interna de rendimiento, etc.) para iniciativas de mejora de pruebas.
- Administración de Datos de Pruebas Empresariales (Proactiva->Optimiza) - Desarrollar una extensa infraestructura de datos de pruebas que se expande en todos los sitios con acceso universal mejora la toma de decisiones en tiempo real.

Esta transformación requiere un cambio para pasar de solamente admitir operaciones a desarrollar iniciativas basadas en innovación junto con operaciones continuas. La industria de pruebas aún está al inicio de su transformación. Usando la industria de IT como un punto de referencia externo, IBM publicó en su panorama de tecnología mundial de 2010 que las compañías altamente eficientes que transformaron estratégicamente sus organizaciones de IT, solamente usaron el 60 % de sus presupuestos de IT para operaciones continuas, dejando el 40 % para iniciativas nuevas e innovadoras, comparado con otras organizaciones con una repartición de 85/15 en sus modelos de negocio. De modo semejante, las compañías líderes obtienen un margen competitivo al mantener a sus organizaciones de pruebas con agilidad y al nivel de innovación que impacta a otros departamentos estratégicos.

Cuando las organizaciones de ingeniería de pruebas se vuelven activos estratégicos, crean plataformas de pruebas estándares, desarrollan propiedad intelectual valiosa basada en pruebas, ofrecen una fuerza de trabajo más productiva al reducir los costos operativos y se alinean con los objetivos de negocio al contribuir continuamente con mejores márgenes de producto, calidad y tiempo al mercado.

*Notas de redacción: Tres años tras la publicación de este artículo en el Panorama de Pruebas Automatizada 2010, NI presentó el Transceptor Vectorial de Señales, un módulo PXI que revolucionó la instrumentación RF y creó un nuevo tipo de instrumentos rediseñados por software, que los usuarios pueden reconfigurar. Al principio, algunos en la industria lo llamaban “lindo” y descartaban la idea de que los usuarios querrían poseer la funcionalidad de sus instrumentos a ese nivel. Pero el VST se convirtió en el producto de hardware más exitoso de NI hasta la fecha y redefinió el futuro de la instrumentación. Si su organización no tiene en cuenta la instrumentación diseñada por software, lo recomiendo encarecidamente.*

## Instrumentación Reconfigurable

La instrumentación definida por el software, también conocida como instrumentación virtual, se basa en una arquitectura modular que permite un alto grado de reconfiguración. Los instrumentos definidos por software consisten de hardware de adquisición/generación modular, cuya funcionalidad es definida por el cliente mediante software en un procesador principal multi-núcleo. Ese modelo básico es ideal para la mayoría de las aplicaciones

**“La habilidad de personalizar el hardware de medición representa un escalón más para alcanzar un sistema de pruebas completamente definido por software. En 10 años nos preguntaremos cómo hemos podido programar sistemas de pruebas sin esta capacidad.”**

—Mike Santori, Asociado de Negocios y Tecnología,  
National Instruments

de pruebas automatizadas usadas actualmente, pero nuevas tecnologías y metodologías de pruebas en el horizonte están creando la necesidad de impulsar la reconfiguración en el hardware para conseguir un desempeño necesario. Por ejemplo, probar un receptor RF moderno, donde la codificación y decodificación, modulación y demodulación y empaquetado, y otras tareas intensivas en datos deben ocurrir dentro de un ciclo de reloj en el dispositivo bajo prueba (DUT).

En estos casos, la arquitectura definida por software necesita ser lo suficientemente flexible para incorporar hardware programable por el usuario, a menudo unFPGA (arreglo de compuertas lógicas programables), para colocar la inteligencia necesaria dentro del instrumento. Instrumentos programables por el usuario crean una arquitectura en la que los datos pueden ser utilizados en tiempo real en el FPGA y/o procesados centralizadamente por el procesador principal (ver figura). Los FPGAs son una tecnología clave porque combinan las mejores partes de los ASICs con sistemas basados en procesadores. En el nivel más alto, los FPGAs son chips de silicio reprogramables. Al utilizar bloques de lógica preconstruidos y recursos de enrutado programables, los ingenieros pueden configurar estos chips para implementar funcionalidades de hardware personalizadas. Pueden desarrollar tareas de cómputo digital en software y compilarlas en un bitfile o un flujo de bits que programa los componentes del FPGA. Además, los FPGAs son completamente reconfigurables e instantáneamente toman una nueva personalidad cuando son recompilados con una nueva configuración.

Además de poder ser programados por los usuarios, los FPGAs ofrecen una velocidad de ejecución de hardware así como también un alto determinismo y confiabilidad. Son realmente paralelos, por lo que diferentes operaciones de procesamiento no tienen que competir por los mismos recursos. Cada tarea independiente tiene su propia sección dedicada del chip, y puede ejecutarse de manera autónoma sin influencia alguna de otros bloques de lógica.



Como resultado, agregar más procesamiento no afecta el rendimiento de otra parte de la aplicación.

Mientras que los FPGAs han sido utilizados dentro de instrumentos por más de una década, a los ingenieros de pruebas rara vez se les ha dado acceso a incorporar sus propios algoritmos en ellos. Para ser útil en un contexto de instrumentación definida por el software, los FPGAs deben ser reprogramables por el ingeniero de software, en otras palabras, deben ser utilizados para impulsar la programabilidad del software al hardware en sí. En el pasado, la tecnología FPGA sólo estaba disponible para ingenieros con un profundo conocimiento de software digital de diseño de hardware, por ejemplo, lenguajes de descripción de hardware como Verilog o VHDL, que utilizan un nivel bajo de sintaxis para describir el comportamiento del hardware. La mayoría de los ingenieros de pruebas no tienen experiencia en estas herramientas. De todos modos, el ascenso de herramientas de diseño de alto nivel está cambiando las reglas de programación de los FPGAs, con nuevas tecnologías que convierten los diagramas de bloques gráficos o hasta el código C en circuitos de hardware digital. Estas herramientas de sistema que abstraen los detalles de la programación FPGA pueden cubrir la brecha.

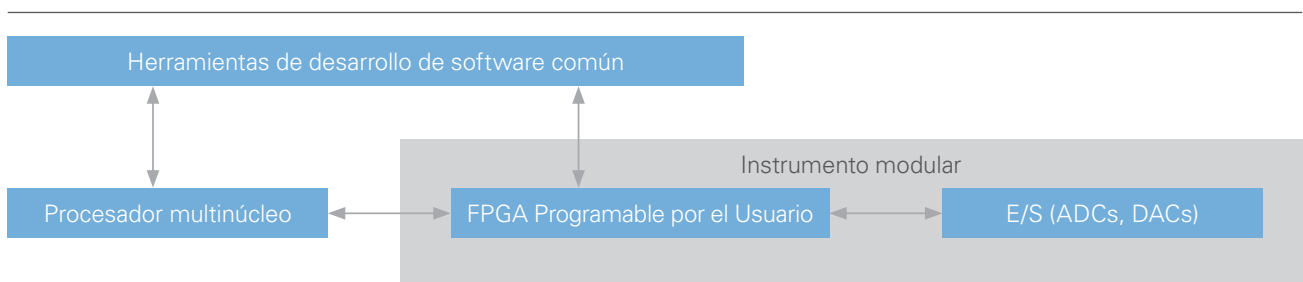
Claramente, hay ventajas en realizar diferentes tipos de procesamientos en un procesador principal contra uno FPGA. Por ejemplo, un FPGA es por lo general apropiado para el análisis en línea como la simple reducción punto por punto E/S, mientras que la modulación compleja puede realizar un mejor desempeño en un procesador multinúcleo por la gran cantidad de cálculos de punto flotante necesarios. La solución ideal para desarrollar un software, un sistema definido por el software es un entorno de desarrollo de diseño de sistema gráfico que proporciona la capacidad de dividir de forma rápida el procesamiento en el procesador principal o en el FPGA para ver cuál ofrece un desempeño superior.

Esta nueva arquitectura definida por el software puede afrontar retos de aplicaciones imposibles de resolver con métodos tradicionales como el del ejemplo anterior que requieren decisiones en tiempo real por parte

del procesador principal para probar el dispositivo adecuadamente. En cambio, los ingenieros pueden implementar completamente la inteligencia en el FPGA integrado en el instrumento para determinar un paso o fallo en la prueba. Generalmente esta es la única manera de lograr la temporización y determinismo requerido por el DUT. Ejemplos de este tipo de dispositivo incluyen etiquetas RFID, memoria, microcontroladores y unidades de control del motor (ECUs). Para algunas aplicaciones, los ingenieros también pueden realizar la comunicación en un protocolo, inalámbrico o cableado, el cual requiere una gran capa de codificación y decodificación antes de tomar una decisión.

Los instrumentos reconfigurables continuarán encontrando más aplicaciones principales a medida que los ingenieros de pruebas sigan buscando maneras creativas de reducir el tiempo de prueba y el costo del sistema. Por ejemplo, un digitalizador que posee un FPGA en línea con un conversor analógico-digital, ya que los ingenieros pueden implementar funciones al FPGA como filtros, detección de los valores máximos, transformación rápida de Fourier (FFTs), o salto customizado. No todos los datos se crean de igual manera, pero un digitalizador basado en FPGA puede tomar decisiones rápidas y determinar si los datos no tienen valor y pueden descartarse o si son valiosos.

Básicamente, esto puede reducir el tiempo de medición substancialmente. Los ingenieros de pruebas en la industria militar y aeroespacial adoptaron de forma temprana la instrumentación basada en FPGA mediante sus iniciativas de instrumentación sintética, pero esta tecnología tiene también potencial para las telecomunicaciones, la industria automotriz, los dispositivos médicos y las aplicaciones electrónicas de consumidores.



Los instrumentos reconfigurables proveen un host + una configuración FPGA que provee rendimiento y flexibilidad.

*Notas de redacción: Durante los últimos años, he utilizado los afinadores de gaita en la tienda de aplicaciones de iOS para demostrar el poder de los ecosistemas dinámicos. Como Apple, NI tiene un ecosistema. Se construyó en nuestra plataforma abierta LabVIEW y claramente definió los API y las especificaciones de hardware. Con los ecosistemas, los usuarios no tienen que comenzar de cero a menos que así lo deseen. Fundamental para la salud y la productividad de una plataforma de ingeniería, un ecosistema dinámico entrega a una orden de magnitud más valor más rápido que cualquier departamento de proveedores de R&D. Comprenda el ecosistema que rodea a su sistema de prueba e incorpórelo.*

## Ecosistemas Centrados en Software

La transición que está ocurriendo con los dispositivos móviles ofrece un conocimiento sobre una tendencia importante para las pruebas y mediciones: el poder de un ecosistema centrado en el software. Los primeros modelos de teléfonos móviles fueron en principio creados para hacer llamados y luego para enviar mensajes de texto, pero sus capacidades fueron definidas por completo por el proveedor. Una vez que el software en estos dispositivos fue abierto al usuario, las capacidades varían de reproductores de música a cámaras y pronto a enviar correos electrónicos. Pero la efectividad de la transición fue más que la experiencia del software abierto. Apple, y luego Google, crearon ecosistemas sólidos alrededor de sus productos y crearon una comunidad de desarrolladores de “aplicaciones” que aceleraron su utilidad.

La transparencia inherente y el concepto de comunidad para teléfonos móviles posiblemente puede haber sido impulsada por los proveedores de teléfonos móviles, pero en este caso fueron Apple y Google los que trabajaron en los entornos de software primero e implementaron el hardware después. Al exponer a los usuarios u otros desarrolladores a un nivel de personalización apropiado, han logrado cambiar la manera en la que los clientes ven a sus teléfonos móviles.

Este mismo concepto está produciendo un impacto en la industria de las pruebas y mediciones. Las comunidades de los desarrolladores e integradores, que trabajan en plataformas de software estándares están utilizando tecnología lista para usar para extender la funcionalidad

de hardware complejo en aplicaciones, que anteriormente era imposible. El nivel de productividad y colaboración entregada por los ecosistemas centrados en el software tendrá grandes efectos en el diseño de los sistemas de prueba en los próximos tres a cinco años.

### Ecosistemas Definidos

En su libro *The Death of Competition: Leadership and Strategy in the Age of Business Ecosystems*, James F. Moore define un ecosistema de negocios de la siguiente manera: “Una comunidad económica respaldada por una base de organizaciones e individuos que interactúan: los organismos del mundo de los negocios. La comunidad económica produce bienes y servicios de valor para los clientes, que son en sí miembros del ecosistema. Los organismos miembros también incluyen proveedores, grandes productores, competidores y otros interesados. A través del tiempo, coevolucionaron sus capacidades y roles y se tratan de alinear con las directivas establecidas por una o más compañías centrales.”

Para las pruebas y mediciones, la colaboración de las industrias del sector no es nada nuevo. Los grupos activos de la industria como la IVI Foundation, PXI Systems Alliance y LXI Consortium han estado reuniendo a participantes de la industria por décadas, pero a menudo con diferencias específicas como lo indicó la descripción de Moore. Con una participación activa en estos grupos que ahora incorporaron software específico, hardware específico y un conjunto de proveedores de hardware y software, el foco en propiciar la interoperabilidad para arquitecturas propietarias y la

facilidad de uso de arquitecturas abiertas está promoviendo los ecosistemas de negocios. Los ejemplos más exitosos de ecosistemas actuales en esta industria están arraigados en software. LabVIEW es un ejemplo de software de aplicaciones hecho más valioso mediante su ecosistema. Un gran número de ingenieros fueron entrenados en LabVIEW y desarrollaron complementos adecuados para las necesidades de aplicaciones tanto privadas como otras mediante vehículos comerciales como LabVIEW Tools Network. Los integradores de sistema en la NI Alliance Partner Network y LabVIEW Consultants trabajan para implementar este ecosistema. Con cada proveedor, productor, competidor u otros interesados adicionales, el valor del software para cada usuario crece.

## Los Ecosistemas en Arquitecturas de Software/Hardware Abierto y Privado

Un ecosistema extremadamente útil estandariza la forma en la que nos comunicamos con los instrumentos, controladores IVI (Interchangeable Virtual Instrument). Al ofrecer medios comunes de comunicación a instrumentos similares de múltiples proveedores en el nivel de interfaz de aplicaciones de programación, la IVI Foundation reduce la curva de aprendizaje del usuario y el ciclo de desarrollo a proveedores. Esto abrió la puerta a terceros para crear controladores, repositorios web (como IDNet en ni.com) y capas de abstracción para ser creadas sobre ellos. Con capas de abstracción de hardware bien diseñadas, la inserción de tecnología para sistemas diseñados para las últimas décadas se volvió no solo posible sino esperada. El ecosistema fomentado por la estandarización fue crucial para alcanzar esto y continúa creciendo con la reciente confirmación de las implementaciones de Microsoft .NET nativo para IVI en los últimos años. Cuando se programan FPGAs en aplicaciones de procesamiento de señal en línea o control de unidades bajo prueba, la mayoría de los ingenieros de pruebas necesitan hardware y software de un único proveedor para conseguir la abstracción necesaria para alcanzar sus requerimientos. Cuando estas soluciones se brindan en el contexto de un software, ecosistemas centrados en negocios, la plataforma puede retener tanta

flexibilidad de usuario como el enfoque intercambiable de hardware/software. Por ejemplo, la capacidad de programación de FPGAs en la arquitectura E/S (RIO) de LabVIEW puede incorporar herramientas de terceros como VHDL o Xilinx CORE Generator IP dentro del conjunto de herramientas de sistema diseñadas de LabVIEW. LabVIEW Tools Network ayuda a los usuarios a intercambiar proyectos de prueba y código compilado para dar soporte a diferentes espacios de aplicaciones entre usuarios y proveedores en pruebas automatizadas. Este ecosistema les abre las puertas tanto a la programación FPGA como a los espacios de prueba automatizados no tradicionales y ofrece el IP necesario para ser exitoso. Sin un ecosistema centrado en el software, muchas plataformas abiertas factibles han tenido dificultades. Las plataformas xTCA han visto la adopción de la infraestructura en telecomunicaciones y el interés de la comunidad de la física de alta energía, pero han fallado al desarrollar un ecosistema sólido en pruebas automatizadas. Los múltiples factores de forma, bus de comunicaciones y opciones de software presentados por la plataforma han retrasado o complicado la adopción por parte de los principales proveedores. Mientras que los esfuerzos para refrenar esas opciones y mejorarlas para pruebas automatizadas están en curso en el AXIe Consortium, el éxito o el fracaso dependerán del uso de un ecosistema centrado en software.

## El Futuro de los Ecosistemas en Pruebas Automatizadas

Durante los próximos tres a cinco años, los sistemas de pruebas automatizadas se centrarán más en el software y los ecosistemas tendrán un mayor impacto en el valor que los usuarios obtienen de estas plataformas. Los ejemplos anteriores de comunicación de instrumentos y la programación de FPGAs son solo el comienzo para los ecosistemas de pruebas automatizados. A medida que los proveedores de software sacan mayor provecho de sus ecosistemas y aprovechan los modelos de comercialización de IP de terceros, el escenario desplegado para los dispositivos móviles tendrá un efecto transformador en la industria de pruebas y mediciones.



A medida que las plataformas de software desarrollan ecosistemas que crecen con cada cliente, distribuidor, proveedor de complementos adicional, etc., se vuelven más valiosas para cada usuario. Los ecosistemas centrados en el software producirán un gran impacto en el valor que los ingenieros derivan de plataformas de pruebas basadas en software.

*Notas de redacción: Los medios suelen centrarse en el Internet de las cosas, pero pensar en una prueba de sistema como un dispositivo IoT presenta oportunidades adicionales. A menor escala, las organizaciones de pruebas pueden optimizar el desempeño de sus herramientas de hardware de pruebas. A mayor escala, la información obtenida de los sistemas de prueba puede mejorar la rentabilidad, la calidad, la productividad, la disponibilidad y mucho más. Un buen ejemplo es cómo los grandes productores de semiconductores utilizan datos en tiempo real para optimizar sus procesos, esta tendencia crecerá a medida que los sistemas de pruebas se vuelvan más inteligentes que los dispositivos que están probando.*

## Gestión de Sistemas de Pruebas

A medida que la ley de Moore continúa influyendo en el desempeño y complejidad de los sistemas de pruebas, la necesidad por un sistema robusto con capacidades de administración se vuelve notable. Los gerentes de pruebas cuya responsabilidad es optimizar la vida útil de un sistema de pruebas están buscando mejorar las características de gestión en sus equipos. En pocas palabras, la gestión abarca el conjunto de herramientas que permiten identificar y supervisar un sistema de cómputo. Partiendo de la herencia establecida la industria informática (IT), las características de gestión optimizan la habilidad de un sistema de pruebas para desempeñar su tarea primordial (pruebas y mediciones) al asegurar que los componentes del sistema estén al día, en buen estado y cumpliendo las expectativas de rendimiento.

Del mismo modo en que los administradores de IT confían en las herramientas de administración para mantener los servidores y usuarios de un corporativo, los ingenieros de pruebas y los operadores se benefician de las herramientas de gestión durante el desarrollo, despliegue y mantenimiento de los sistemas de prueba.

### Elementos y modos operativos de las herramientas de gestión de sistemas pruebas

Los sistemas de pruebas administrados están compuestos por la infraestructura del sistema, periféricos y elementos de hardware y software, como una consola de administración y API. Por ejemplo, una consola de gestión de software, como es NI MAX (Measurement & Automation Explorer), el cual se puede ejecutar directamente en el sistema de prueba o de forma remota mediante una red en una

computadora separada. En ambos casos, la consola de gestión configura, realiza ajustes, monitorea la plataforma y ejecuta solicitudes de implementación o despliegue por parte del ingeniero u operador que maneja el sistema y el sistema de gestión cumple con estos requerimientos. Además de las consolas de gestión comerciales los usuarios pueden satisfacer sus propios requerimientos de administración integrada directamente en aplicaciones de prueba utilizando APIs. Con estos elementos estándar, las herramientas de gestión pueden operar en dos modos distintos: en línea y fuera de línea.

La gestión en línea utiliza los recursos informáticos primarios, como el CPU principal del sistema, interfaz de red y sistema operativo. Además de ejecutar una aplicación de prueba, el controlador del sistema ejecuta software para habilitar las características de administración o incluso consolas de gestión e infraestructura de soporte. De este modo, la administración en línea puede manejar un gran número de características de gestión mientras que el sistema opera en modo "encendido". Se requiere la gestión fuera de línea si se apaga el controlador del sistema o si funciona mal por una falla.

La gestión fuera de línea puede ser particularmente útil para aquellos que se encarguen de diagnosticar una falla en el sistema. Cada vez con mayor frecuencia, los equipos de prueba están incorporando estas características al utilizar recursos dedicados, como un procesador de gestión secundario, una interfaz de red, y un sistema operativo para realizar la administración del sistema de pruebas

independientemente de sus propios recursos. Por ejemplo, si el controlador del sistema es incapaz de iniciar de forma normal porque ha sufrido una falla en el disco duro, se puede recurrir a la gestión de fuera de línea para iniciar el sistema de forma remota y ejecutar diagnósticos en el disco duro, de esta manera los analistas remotos pueden determinar la causa de la falla. Además, ya que la gestión de fuera de línea no requiere el uso de los recursos del controlador del sistema, dicho controlador puede dedicarse por completo a la ejecución de la aplicación. Esto es de especial importancia para aquellas aplicaciones críticas y de alto consumo de CPU o de bus de datos, como mediciones en tiempo real y de alto rendimiento.

### Tendencias en gestión de sistemas de pruebas

A medida que las plataformas de instrumentación modular desplazan a los instrumentos tradicionales de caja, la necesidad de tener herramientas avanzadas de administración de sistemas de prueba se torna cada vez más importantes. Ya que los sistemas de pruebas modulares separan al sistema en componentes (controladores del sistema, chasis e instrumentos), el número de dispositivos a administrar naturalmente aumenta. Al saber qué activos de prueba se están utilizando y cómo se están usando, los gerentes de pruebas pueden reducir costos al maximizar el uso de equipo disponible. En una validación de laboratorio, por ejemplo, es crucial saber la ubicación y el estado operacional de todos los activos para que los componentes no utilizados puedan ser empleados en otros sistemas de pruebas. Lo mismo aplica en ambientes de prueba de producción de alto volumen, pero en una escala mucho mayor.

El incremento en la complejidad de los dispositivos de medición también requiere herramientas de administración, particularmente de monitoreo y control de plataforma. Los instrumentos modulares modernos, en especial los de RF, ofrecen una flexibilidad de medición y velocidad sin precedente ya que aprovechan al máximo las capacidades de energía y enfriamiento de las plataformas modulares

que les brindan soporte. Los diseñadores de los sistemas de prueba pueden maximizar la confiabilidad a largo plazo, la utilidad y la precisión de medición de estos sistemas al elegir elementos de la plataforma que posean funciones de monitoreo y control. Por ejemplo, al monitorear la demanda de refrigeración de los instrumentos en el chasis, un chasis puede optimizar la velocidad de sus ventiladores para minimizar su ruido. Esto es de especial importancia en un entorno en el que el ruido debe ser mínimo como en un laboratorio de validación. Además, la precisión en las mediciones se optimiza cuando el instrumento funciona cerca de su temperatura de calibración. Al monitorear la temperatura de un instrumento, un chasis puede controlar con precisión sus ventiladores de forma tal que el instrumento puede mantener una temperatura estable y cerca de su valor de calibración para asegurar la integridad y la repetitividad de su medición.

### Beneficios de la gestión de un sistema de pruebas

Los gerentes de pruebas pueden beneficiarse de forma significativa de las características de gestión mejoradas, que reducen la integración de riesgos del sistema de pruebas al asegurar que las fallas sean diagnosticadas y resueltas de forma eficiente, en especial para los probadores grandes y complejos y los probadores en lugares remotos. Algunos beneficios adicionales incluyen el maximizar la rentabilidad al asegurar que la implementación de las estaciones de pruebas subsecuentes pueda ser gestionada rápidamente y con alta repetitividad. Por último, las herramientas de gestión reducen el costo total de un sistema de prueba al habilitar la capacidad de monitorear y diagnosticar problemas de forma proactiva, así como también convertir interrupciones imprevistas en interrupciones programadas. Así como las características de manejabilidad ayudaron a conducir la transformación de IT y la industria de telecomunicaciones, jugarán un papel cada vez mayor en los sistemas de prueba en los próximos años.





*Notas de redacción: Si estás en la industria automotriz, no puedes utilizar aptitudes de prueba diseñadas viendo por el “espejo retrovisor”. Como fabricante de equipo de prueba y propietario de Tesla, he tenido un asiento en primera fila para las promesas y desafíos de los vehículos autónomos, desde la emoción de recibir nuevas características mediante las actualizaciones de software por aire a debates con ingenieros de automoción sobre los desafíos de cumplir con los requisitos de seguridad. Si estás afectado por la convergencia tecnológica, encontrarás que la plataforma y ecosistema de NI son excepcionalmente capaces de tratar estos problemas sin resolver.*

## Impulsado por la necesidad

En la industria aeroespacial y militar, reducir los ciclos de lanzamiento y evitar demoras en los programas se ha convertido en una tarea cada vez más compleja. En la industria automotriz, las demandas de los consumidores agregan complejidades a las pruebas e introducen nuevos costos en áreas como información y entretenimiento. A modo de respuesta, los gerentes de pruebas deben encontrar maneras asequibles de incorporar pruebas de RF para señales inalámbricas y pruebas de visión artificial para estacionamiento asistido, con el fin de cumplir con la creciente difusión de la cobertura de pruebas de E/S.

A pesar de que las regulaciones de la industria proporcionan una guía para garantizar la seguridad en productos electrónicos integrados, el cumplimiento de estas regulaciones requiere pruebas meticulosas del software en una enorme variedad de escenarios reales. Desarrollar y probar software integrado haciendo hincapié en la calidad puede dañar el balance de las necesidades comerciales, como menor tiempo de llegada al mercado, menores costos de pruebas y la capacidad de cumplir con los requisitos técnicos.

**Las pruebas de HIL se tornan más valiosas a medida que se intensifica la necesidad de transferir el tiempo de las pruebas de campo o celda de prueba al laboratorio debido a la adición de funciones en los controladores y el incremento de casos de pruebas.**

La demanda impulsada por los clientes exige nuevas funciones y diferenciación de los productos. Todos los fabricantes de sistemas integrados se enfrentan a demandas similares, pero no pueden sacrificar la calidad cuando se trata de aplicaciones críticas. Las organizaciones que pueden elaborar sus estrategias de desarrollo para incorporar pruebas de simulación de variables físicas de hardware (Hardware-in-the-Loop, HIL) avanzadas pueden reducir los gastos de problemas relacionados con la calidad, mejorar la percepción del mercado y, lo que resulta más importante, garantizar la seguridad del cliente.

### Las pruebas de HIL cumplen con las necesidades comerciales y de seguridad

El cumplimiento de los estándares de seguridad requiere un entendimiento de todos los peligros y riesgos potenciales para la salud y la capacidad de probar minuciosamente estos escenarios. Las pruebas de HIL cumplen con muchas de estas crecientes necesidades de pruebas con menos costos y en menos tiempo que las pruebas físicas y las pruebas de campo. Con este método, las compañías simulan entornos reales de manera dinámica utilizando modelos matemáticos para proporcionar retroalimentación de lazo cerrado al controlador que se está probando. Las pruebas de HIL se tornan más valiosas a medida que se intensifica la necesidad de reducir el tiempo de las pruebas en campo o celda de prueba debido a la adición de funciones en los controladores y el incremento de casos de pruebas. Los controladores de motores de vehículos híbridos eléctricos están estableciendo nuevos niveles de funcionalidad al controlar la potencia de forma segura entre un motor de combustión interna y un motor eléctrico. Durante el diseño del primer vehículo

eléctrico híbrido de Subaru, el Subaru XV Crosstrek, los ingenieros de Fuji Heavy Industries debieron entregar una cobertura completa de pruebas de la innovadora tecnología de transmisión.

### Subaru utiliza FPGA para mayor seguridad y fiabilidad

En las pruebas del controlador del motor híbrido se necesitaron herramientas de pruebas avanzadas y nuevas metodologías para proporcionar software de alta calidad dentro del cronograma de los ingenieros. Subaru optó por la tecnología FPGA para cumplir con sus necesidades de alto rendimiento y verificar una amplia gama de pruebas. Por ejemplo, cuando el vehículo se deslizaba sobre hielo, el controlador debía reconocer la pérdida de tracción y proporcionar la respuesta adecuada a la transmisión híbrida. Al recrear estas condiciones en las instalaciones de pruebas inconsistentemente se obtuvieron datos imprecisos, y los procesadores tradicionales de HIL no lograron simular con precisión la fidelidad y la velocidad necesarias para un modelo de motor eléctrico.

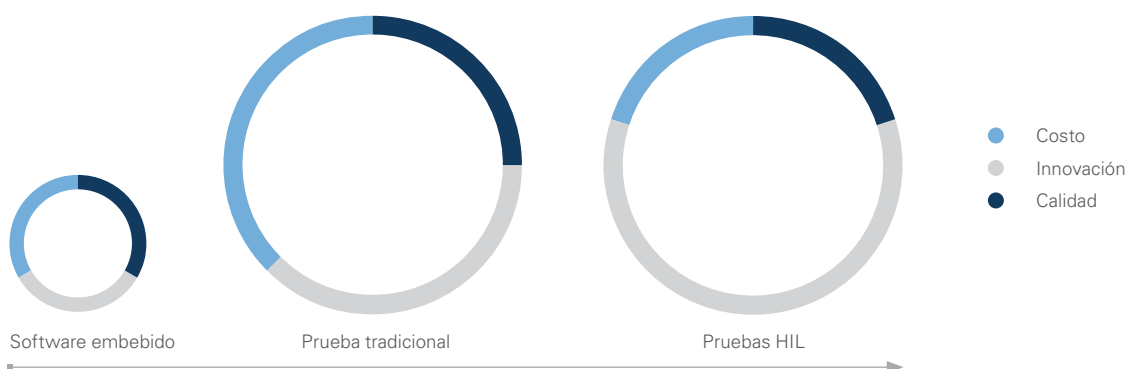
Mediante el uso de módulos FPGA abiertos y flexibles, se redujo de manera significativa el tiempo de comunicación a través del nodo de procesamiento y el nodo de E/S, los ingenieros de Subaru descargaron los demandantes cálculos y realizaron pruebas de HIL en el sistema para casos límites, como la pérdida de tracción sobre hielo, con el fin de proporcionar mayor seguridad y fiabilidad. Con la arquitectura abierta, programaron el sistema para utilizar un modelo JMAG-RT de alta fidelidad y obtener la tasa de simulación de 1.2  $\mu$ s necesaria para simular con precisión el manejo de seguridad de un motor eléctrico. La capacidad de transferir más pruebas de campo al laboratorio redujo 20 veces el tiempo de prueba, por lo que los ingenieros no tuvieron que poner en riesgo la tecnología innovadora, obtuvieron un menor tiempo de llegada al mercado y redujeron los costos de pruebas para obtener software de alta calidad. La plataforma de pruebas de HIL de Subaru proporcionó pruebas más económicas, más completas y más veloces que las pruebas físicas.

### Las plataformas de pruebas escalables ofrecen rentabilidad y garantizan la seguridad

Los equipos de pruebas y diseño de software integrado deben continuar buscando nuevos modos de utilizar esta práctica con el fin de garantizar la calidad y priorizar la seguridad del cliente sin sacrificar los cronogramas de lanzamiento. Las pruebas de HIL suelen confiarse a un solo equipo de pruebas específico, pero los desarrolladores también han estado desarrollando pruebas de estímulo manual como las pruebas de consola de perillas, para comprobaciones rápidas de funciones. Esta forma limitada de pruebas permite suplantar el controlador al cambiar manualmente una cantidad limitada de canales. De todos modos, se siguen encontrando muchos defectos funcionales en las etapas avanzadas de pruebas de HIL incluso en el campo, que le insume a los desarrolladores mayor tiempo de resolución. Gracias a los altos niveles de automatización y los escenarios de pruebas fácilmente reproducibles, los desarrolladores pueden detectar más defectos en las funciones, de manera que los ingenieros pueden enfocarse en la identificación de defectos con base en el rendimiento o la integración. No se necesitan sistemas de pruebas de HIL de rack completo para esta aplicación. En su lugar, las organizaciones deben construir plataformas de pruebas escalables con el fin de proporcionar una solución asequible en diversas capacidades.

A medida que la capacidad del control integrado impulsa más innovaciones, las regulaciones de seguridad se perfeccionarán con el fin de garantizar una mayor seguridad del usuario. Con el fin de cumplir con las demandas de funciones y, al mismo tiempo, conservar la calidad del sistema general, las capacidades de pruebas deben desarrollarse de manera acorde. Solo agregar más ancho de banda para pruebas no permitirá escalar de acuerdo con los gastos generales. Los gerentes de pruebas deben adoptar una tecnología avanzada de pruebas de HIL y nuevas técnicas. Esto garantiza que, a medida que las regulaciones de la industria guían a los equipos de ingeniería de sistemas hacia niveles más altos de seguridad para productos más avanzados, las plataformas de pruebas pueden continuar cumpliendo con los requisitos críticos de costos y tiempo.

### INNOVADORES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN



Las soluciones de HIL ayudan a disminuir los costos de pruebas sin sacrificar los crecientes requisitos de calidad inherentes a las nuevas innovaciones.

Corporativo de NI en E.U  
11500 N Mopac Expwy, Austin, TX 78759-3504  
Tel: 512 683 0100 Fax: 512 683 9300 [info@ni.com](mailto:info@ni.com)

[ni.com/global](http://ni.com/global)—Oficinas Locales  
[ni.com/ato](http://ni.com/ato)