

Mejorando la Calidad de Fabricación con Ensayos Integrados y Análisis Estadístico

Introducción

El objetivo primordial de cualquier proceso de fabricación es producir bienes de alta calidad que ejecuten las funciones para las cuales han sido diseñados. La producción de productos de calidad crea valor y establece una marca en la cual los consumidores sienten que pueden confiar.

Durante la fabricación se producen algunas fallas, ya sean errores o defectos inevitables, en tanto que otras no lo son. La primera de las dos clases de fallas es una poco frecuente y aleatoria que puede no ser posible prevenir o predecir. Por ejemplo, se puede hallar una computadora en la línea de producción con una rajadura en el monitor, aunque las computadoras antes y después de la defectuosa fueron fabricadas correctamente. La segunda clase de falla puede afectar todo el conjunto de productos, por ejemplo, si cada computadora en la línea de producción posee una fuente de energía defectuosa. A través de ensayos y análisis estadísticos no sólo se puede diagnosticar la causa del problema sino que también se puede predecir el mismo y prevenir su ocurrencia.

¿ Por Qué Ensayar ?

La producción de productos de baja calidad es cara debido a las siguientes razones:

- La cantidad de materiales desperdiciados en productos que no pasan ensayos funcionales o de calidad
- El tiempo invertido en reparar los defectos
- El dinero desperdiciado en productos malos que son despachados y deben ser devueltos

Del mismo modo que un usuario no compraría un teléfono celular de la misma compañía que le vendió uno defectuoso, cuando una empresa produce productos de baja calidad, la gente comienza a desconfiar de la marca y es poco probable que vuelvan a comprarle a esa compañía nuevamente. Los ensayos son necesarios para asegurar la calidad y salvaguardar la marca comercial.

En una línea de producción los errores son inevitables y el costo de los mismos depende de si fueron hallados durante el proceso fabril. Si el error se advierte con suficiente antelación costará solo centavos, pero si el error pasa sin ser detectado a través de todo el proceso de fabricación, y especialmente si se va afuera, los costos podrían dispararse a millones.

Durante la primera etapa de los ensayos, los sistemas automatizados de inspección óptica pueden identificar componentes fuera de lugar. Es común tener errores en esta etapa, los cuales pueden ser fácil y económicamente corregidos. Luego de efectuar una nueva soldadura, el sistema óptico automático de ensayo reinspeccionará el producto. Corregir los errores en esta etapa es más difícil y los costos suben aproximadamente unas diez veces. Durante la tercera etapa, el ensayo electrónico de circuitos (ICT) encuentra problemas electrónicos simples, tales como circuitos abiertos, los que deberían haber sido soldados pero no lo fueron, o cortocircuitos, los que están conectados aunque no deberían estarlo. Nuevamente, los errores en esta

etapa tienen un costo diez veces superior al costo del error de la etapa previa. Esto significa que el mismo error que cuesta sólo unos pocos centavos en la primera etapa de ensayo ahora cuesta algunos pesos. En esta etapa, y para productos complejos, el fabricante debería ser capaz de ensayar sólo el cuarenta por ciento de los componentes de la placa.

El punto es dónde entra el ensayo funcional. En lugar de buscar conexiones y una correcta posición de los componentes de la placa, este ensayo determina si el producto realiza las tareas para las cuales fue diseñado. Estos ensayos podrían incluir la prueba de teclas y micrófonos de un teléfono celular o la inspección de la pantalla para asegurarse que se enciende cuando el teclado se encuentra en uso. Cuando ocurren fallas en esta etapa, se puede hacer difícil hallar el origen de las mismas. El análisis estadístico hace expeditivo el diagnóstico de problemas hallados en ensayos funcionales mostrando cuál es la causa más probable de la falla del producto. Por ejemplo, si la pantalla no se enciende, la razón del defecto debería ser la batería, un mal chip o la pantalla. Usando análisis estadístico, podría aprenderse que, en base a los ensayos previos, en el 80% de los casos en los que la pantalla no funcionaba, el culpable fue la batería. Luego, se podría aprender que hay que ensayar primero la batería, con lo cual se ahorraría tiempo y dinero. El análisis estadístico entrena al sistema o al ingeniero con respecto a qué falla verificar primero.

Si cada función del producto pasa los análisis funcionales, entonces el producto se coloca junto y se ensaya como una unidad dentro de un ensayo de sistema. Si cada una de las funciones fue exitosa en la etapa previa, pero el producto como una unidad no funciona, el costo de reemplazo o reparación se eleva dramáticamente. Aquí, un componente que puede tener un costo de reemplazo de un centavo podría costar \$ 100 para ser reemplazado. La única etapa más cara para descubrir un defecto es luego de que el producto fue enviado a los clientes. Un error en esta última etapa podría costar millones de pesos entre noticias públicas, llamados, reemplazos, reparaciones y daños en la confianza de los clientes.

Software de Ensayos y de Administración de Ensayos

La producción de productos de calidad libre de defectos requiere ensayos. En las empresas manufactureras modernas, los ingenieros necesitan implementar un sistema de ensayos moderno que sea tanto rentable y suficientemente flexible para satisfacer sus necesidades de aplicación individuales. También necesitan una arquitectura de ensayo modular que fomente la reutilización de código de programación y que también sea fácil de expandir junto con la empresa. Necesitan un programa de ensayos que pueda crecer lo suficiente como para que todos en la compañía lo puedan usar, aún si ellos programan en diferentes lenguajes.

National Instruments atiende esas necesidades con [TestStand](#), un programa de ensayos fácil de utilizar que organiza, controla y ejecuta sistemas automatizados para realizar prototipos, validación o ensayos de producción. [TestStand](#) es completamente definido por el usuario de manera tal que él lo pueda modificar y

mejorar para satisfacer sus propias necesidades.

TestStand es compatible con todos los principales lenguajes de programación de ensayos, incluyendo **LabVIEW**, **Measurement Studio**, Visual Basic, Visual C++ y HT-Basic. TestStand también ejecuta código compilado como DLL, Servidor ActiveX o ejecutable de Windows de manera tal que se puede manejar fácilmente una variedad de entornos de programación de ensayos y código antiguo. **TestStand** está totalmente integrado con los entornos de programación **LabVIEW** y **Measurement Studio** por lo cual se puede generar código y realizar toda la depuración, incluyendo el seguimiento paso a paso de los programas de ensayo dentro mismo de **TestStand**.

TestStand provee el rendimiento que se necesita para satisfacer las crecientes demandas de tiempos de ensayo más cortos, desarrollos de ensayos más rápidos y compartir datos y secuencias de ensayos de maneras más inteligentes. **TestStand** utiliza una máquina de secuencias optimizada para brindar velocidad y capacidad multihilo para ejecutar secuencias en paralelo y también exhibe un marco de trabajo flexible para compartir variables, de modo tal que se puedan ensayar más productos a mayor velocidad.

Análisis Estadístico

La calidad es lo más importante en el proceso de fabricación y su objetivo es incrementar los rendimientos y disminuir los costos de los rechazos a la vez que se cumplen o exceden los objetivos presupuestarios. El ensayo es una parte importante en la creación de productos de calidad. La segunda parte, la cual reduce los costos asociados con las fallas y reparaciones durante el proceso de fabricación, es el análisis estadístico.

Las operaciones de fabricación que utilizan análisis estadísticos para monitorear la producción diaria de sus maquinarias en la línea de producción permiten incrementar los rendimientos de los productos, mejorar su calidad e incrementar los márgenes de rentabilidad. Con el análisis estadístico, el monitoreo produce gráficos que revelan tendencias a partir de las cuales se pueden detectar problemas serios antes de que ocurran. Además, los ingenieros pueden estudiar esas tendencias para revelar las fuentes de los problemas y remediarlos antes de que los mismos le cuesten miles de pesos a la compañía.

Por ejemplo, un horno de soldadura excesivamente caliente podría ser el responsable por los daños dentro de un conjunto de pantallas de computadora rajadas. Con el análisis estadístico se podría ver las tendencias de producción sobre un gráfico, el cual mostraría los signos de la excesiva temperatura del horno de soldadura antes que sea lo suficientemente caliente para rajar las pantallas de computadora y producir piezas de rechazo innecesarias.

Existen dos tipos de análisis estadístico: el primero, denominado control estadístico de procesos (SPC), realiza un análisis punto a punto, es decir, analiza cada producto a medida que avanza a través de la línea. Este tipo de análisis revela tendencias en tiempo real, o sea, se puede detectar un problema a medida que ocurre y corregirlo inmediatamente. El segundo, denominado control estadístico de calidad (SQC), corre sobre un

lote entero de productos y luego analiza el resultado de todo ese conjunto.

Northwest Analytical se especializa en análisis estadístico y se decidió a proveer herramientas esenciales de análisis estadístico que ayuden a los ingenieros a comprender los procesos y mejorar la calidad. Su software Asistente de Calidad provee el control de procesos estadísticos para monitorear e informar datos paramétricos temporales y atributos (pasa/falla) de cualquier base de datos compatible con ODBC o de archivos ASCII.

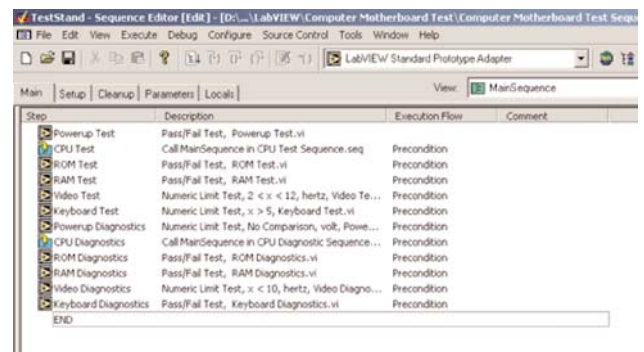


Figura 1. TestStand pasa resultados desde el ensayo a través de la base de datos

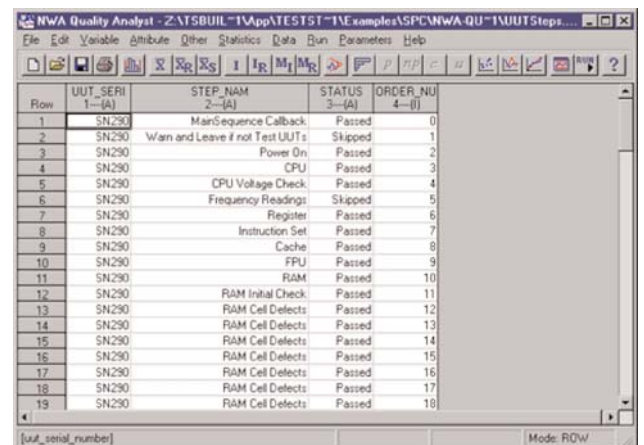


Figura 2. El Analizador de Calidad interroga la base de datos por los resultados del ensayo

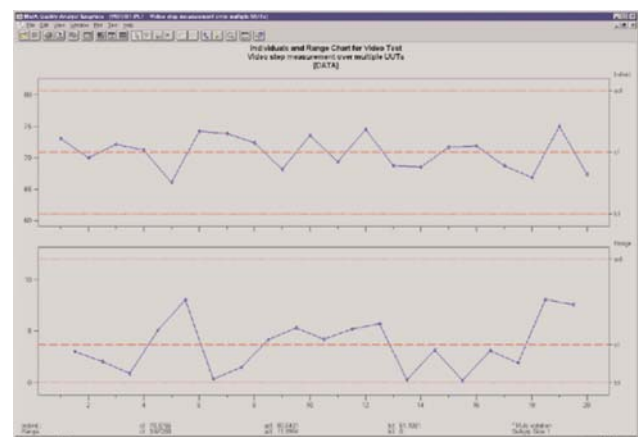


Figura 2. El análisis estadístico del ensayo de vídeo muestra que este proceso se halla dentro de los parámetros de control.

Integración de los Sistemas de Ensayo y las Herramientas de Análisis

Combinando los mejores aspectos del software de manejo de ensayos y del análisis estadístico, ahora es posible "cerrar el lazo" sobre los datos de procesos y proveer sistemas de adminis-



tracción fabril que maximicen la cobertura de ensayos cuando los procesos se van fuera de control y minimizar la cobertura de los ensayos cuando los procesos se hallan bajo control. Este proceso maximiza la producción y reduce el costo de los ensayos.

El software de manejo de ensayos de National Instruments, **TestStand**, y el software de Northwest Analytical, **Quality Analyst**, proveen esa eficiencia y conveniencia a sus sistemas. Juntos, esos programas se integran fácilmente en los sistemas para brindar lo mejor del manejo de ensayos y del análisis estadístico. Esta poderosa combinación cierra el lazo sobre los datos de procesos y provee un sistema de manejo flexible de la planta fabril que ayuda a incrementar la producción, maximizar la ejecución de ensayos y minimizar defectos de fabricación a la vez que reduce el costo de dichos ensayos.

Integrando sistemas de manejo de ensayos con el análisis estadístico se pueden crear sistemas de ensayos que trabajen más eficientemente y produzcan productos de calidad. Además, esos sistemas integrados son automatizados, lo que significa que no hay que esperar que un técnico inicie las aplicaciones. Los ensayos se ejecutarán automáticamente cada vez que se produzca una nueva placa. Ellos mantienen bajo control al proceso de fabricación revelando tempranamente las señales que un proceso no se halla trabajando correctamente.

Con estos sistemas integrados, se pueden construir sistemas de ensayos inteligentes, capaces de hacer ensayos que se adapten a la condición de la línea de producción. Este tipo de ensayos adaptables inspeccionan lo que es factible que falle, en lugar de malgastar el tiempo ensayando sistemas que no poseen un historial de fallas. Por ejemplo, si existe una parte del producto que nunca falla, puede no ser necesario ensayarlo en la totalidad de las unidades; así, éstos ítems podrían ensayarse uno de cada diez para maximizar la velocidad. A través del ciclo de ensayos, el sistema crea continuamente un historial de cada producto y conoce qué partes de un producto son factibles de errores y necesitan ensayarse cada vez. El sistema se puede adaptar a la situación actual, por ejemplo, si una parte usualmente problemática del sistema comienza a fallar en los ensayos, la frecuencia de ensayo automáticamente sube hasta el 100%. A medida que esa parte pasa los ensayos consistentemente, la frecuencia disminuye y vuelve a su frecuencia de ensayo original.

Finalmente, estos sistemas integrados permiten ahorrar dinero. Encontrar los errores antes de que arruinen lotes enteros de productos reduce los rechazos e incrementa la productividad del proceso productivo. El análisis estadístico orienta la reparación, reduciendo el tiempo que toma reparar los defectos puesto que marca las causas más comunes de fallas. El análisis estadístico también libera al operador de tener que sacar las máquinas fuera de la línea de producción para realizar reparaciones periódicas. En lugar de eso, se pueden sacar las máquinas fuera de la línea sólo cuando las tendencias sugieren que requieren reparaciones.

Calculando el Costo

Sin la integración de un sistema de ensayos con un análisis de calidad incorporado, el sistema de producción está, en efecto, "fuera de control", puesto que no posee un lazo de retroalimen-

tación directo. Esta condición se encuentra en muchas organizaciones donde todo el análisis se lleva a cabo después de la producción de un lote de productos. Se puede comprender mejor el costo de los ahorros de integrar los ensayos y el análisis examinando una línea de producción ficticia antes y después de la introducción de una solución integrada.

Antes

Imagínese que cuando se produce un lote de 100 subsistemas de comunicaciones para un producto militar, se puede encontrar que la línea de producción, el producto o los componentes desarrollan una falla en la mitad del lote. Por ejemplo, el patrón de soldadura puede desalinearse o que FPGAs incorrectamente programados puedan mezclarse en el proceso productivo. El efecto neto de esas fallas puede ser que 80% de los productos del lote fallen. Debido a que no hay un lazo de retroalimentación, este asunto no se comprende debidamente hasta que el lote completó el proceso de fabricación y los resultados son analizados subsecuentemente.

El costo de tal problema es, a menudo, sumamente subestimado; en este caso, si se imagina que el valor de la placa es de \$ 3.000, con \$ 2.500 de componentes y \$ 500 para la el costo de fabricación, una falla del 80% constituiría un costo de \$ 240.000 más la ganancia del lote, a un promedio de tres veces, lo que aumentaría el total hasta aproximadamente un millón de pesos.

Puesto que ese monto de rechazos es intolerable, las placas deberían repararse. Sin embargo, el proceso de reparación tiene un costo variable en función de las horas-hombre requeridas, componentes de reemplazo y la pérdida de productos irreparables. El tiempo insumido en reparar cada producto variará, pero si se supone, nuevamente que tendrán un promedio de cuatro horas, o aproximadamente \$ 200 cada uno, cada componente costará un adicional de hasta \$ 500, lo cual llevaría el costo de reparación hasta unos \$ 56.000, siempre y cuando sea posible reparar todas las placas mal elaboradas.

Normalmente, se espera que un cierto número de placas no se pueda reparar, debido al daño en el proceso de fabricación o del de reparación, o a un exceso de calor del desoldado y re-soldado de componentes. Si este número alcanza el cinco por ciento de los productos fallidos, entonces podría verse que hay un total de cuatro placas de rechazo, lo cual agregaría unos \$ 12.000. Este monto lleva el costo total de la producción fallida a más de \$ 65.000.

Después

Introduciendo una solución integrada de ensayos y análisis de calidad, se agrega un lazo de retroalimentación casi instantáneo y el proceso vuelve a estar "bajo control". Con dicho lazo, el sistema puede revisar los datos de ensayos y buscar cualquier falla repetitiva encontrada durante el proceso de ensayo y calcular si ella es estadísticamente relevante. Esta relevancia actúa como un filtro para asegurar que el proceso productivo no se cierre debido a datos espurios. En el ejemplo anterior, el enlace de los ensayos y análisis estadísticos deberían mostrar que dos placas consecutivas que fallaron con problemas idénticos podrían cons-



tituir una anomalía estadística y que el sistema debería generar una alarma en la línea de producción. Debido a que la alarma fue generada lo antes posible, el número de placas incorrectamente fabricadas, y por tanto el costo de su reparación, debería ser mínimo. Por ejemplo, el problema podría limitarse a las dos placas que fallaron los ensayos originalmente, más otras 10 que potencialmente lo fueron en el actual proceso de fabricación. Siguiendo los cálculos anteriores, el costo de las reparaciones debería estar en sólo alrededor de \$ 7.000, con ahorros potenciales superiores a los \$ 58.000.

Si bien el anterior constituye un ejemplo simplificado, ilustra los costos muy reales asociados con la reparación de productos complejos que pueden erradicarse cuando se introducen sistemas inteligentes en el proceso productivo.

Conclusión

Integrando los programas National Instruments [TestStand](#) y Northwest Analytical [Quality Analyst](#), las compañías pueden reaccionar ante eventos en la línea de producción mucho más rápidamente, reduciendo los materiales de rechazo y ahorrar costo de reparaciones. Con las herramientas de administración y análisis estadístico integradas en un sistema automatizado, las organizaciones pueden enfocar problemas de componentes y procesos en menor tiempo con más precisión, reduciendo el costo del control de calidad de la fabricación.