



TECNOLOGÍA TOTAL

INGENIERÍA EN INTEGRIDAD Y CORROSIÓN

NIVELES DE VALIDACIÓN API 1163



INTRODUCCIÓN

In-line Inspection Systems Qualification



La norma API 1163 describe métodos que se utilizan para validar si la inspección ILI cumple o está dentro del desempeño de la herramineta para la tubería que ha sido inspeccionada, o para establecer la especificación de la corrida en base a los datos de validación obtenidos después de esta. La validación es un requerimiento que debe cumplirse.

NIVELES DE VALIDACIÓN

Existen 03 niveles de validación y la selección del uso de uno o más de estos niveles aseguran una correcta asignación de los recursos para la gestión de integridad del ducto y reduce el riesgo global a lo máximo posible.

NIVELES DE VALIDACIÓN

Para seleccionar los métodos de validación se utilizan, sin ser limitante, estos factores:

- a) Experiencia previa en servicios similares.
- b) Evaluación del riesgo asociado a las amenazas específicas.
- c) Tamaño y severidad de la población de anomalías.
- d) Susceptibilidad a las amenazas.

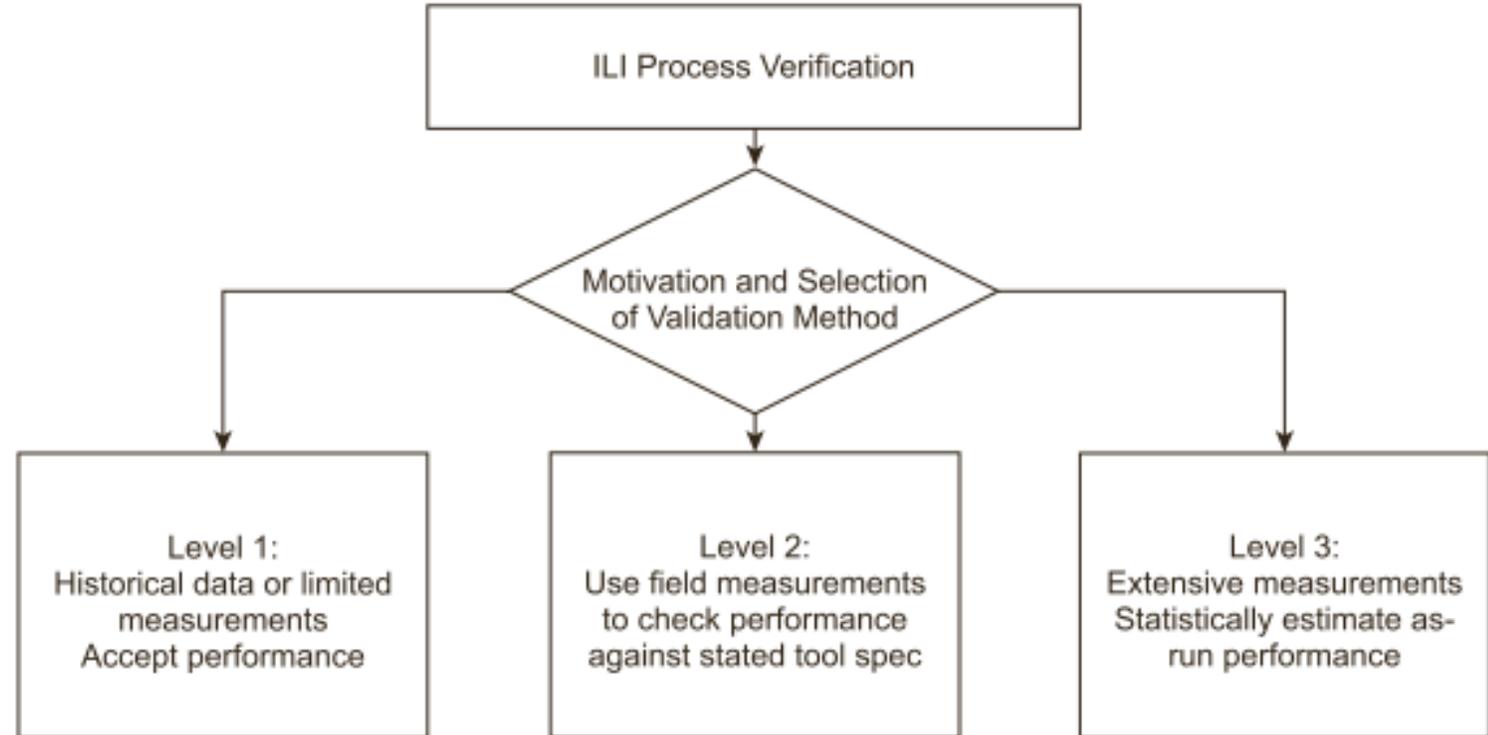


Figure 5—Overview of Three Levels of ILI Validation

VALIDACIÓN NIVEL 1

- Este nivel aplica sólo a ductos con poblaciones de anomalías que representen bajos niveles de riesgo, tomando en consideración la consecuencia o la probabilidad de falla.
- El performance de la herramienta establecido por el vendedor es utilizado sin haberse probado o discutido para el contexto de esta corrida.
- La validez de la corrida ILI, no puede ser rechazada con sólo la validación nivel 1.
- Para el nivel 1, la validez de los resultados de ILI son establecidos en base a comparación con otros resultados ILI en la misma línea o una línea similar.
- Un muy limitado número o ninguna medición de validación se realiza.

VALIDACIÓN NIVEL 2

- En este nivel no se realiza ninguna declaración definitiva sobre el rendimiento de la herramienta. No es posible indicar si se cumple o no con el performance indicado por el vendedor de la herramienta.
- Sin embargo, es posible declarar con un alto nivel de confianza si el performance de la herramienta está muy lejos de lo indicado en la especificación.
- Se puede rechazar o aceptar la inspección como consecuencia de esto.

VALIDACIÓN NIVEL 3

- En este nivel, están disponibles una extensa cantidad de mediciones de validación que permite establecer el performance de la herramienta en la corrida.
- La ventaja sobre la aproximación de nivel 2 es que establece un vínculo directo entre el performance del ILI y el impacto que este tiene en las decisiones de gestión de la integridad del ducto.
- Esta aproximación requiere un profundo nivel de entendimiento estadístico y deberá considerar todos los factores que pueden afectar la exactitud de los resultados.

VALIDACIÓN

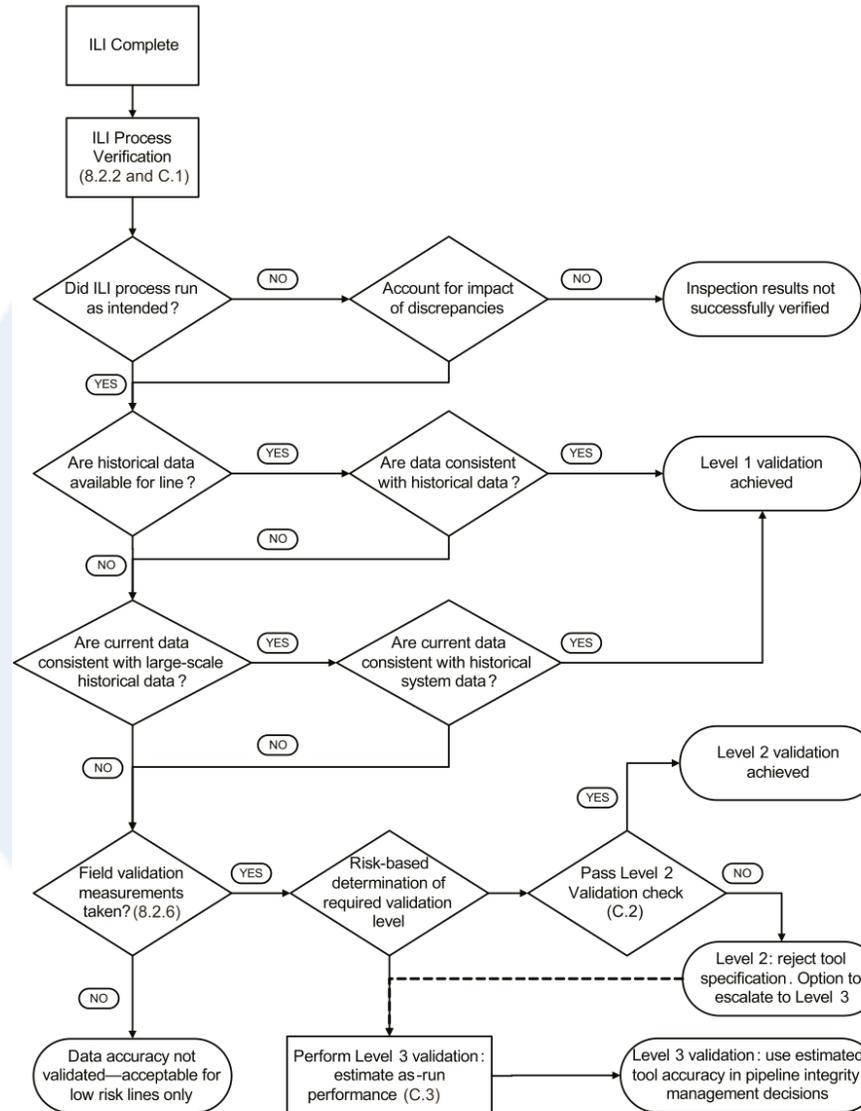


Figure 6—Inspection Results Verification and Validation Process

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS UTILIZADOS EN NIVELES DE VALIDACIÓN

Validación Nivel 1

Item	Check	Description
1	Prerun Tool Selection Check	Ensures that the inspection tool and technology were well suited to detect and assess the specific threat which the inspection is intended to address.
2	ILI Provider Performance History	Ensures that the inspection tool service provider has a history of successful inspections with the specific tool and/or technology;
3	Planning and Preparation	Ensures that the inspection was well planned with adequate discussions between the operator and the inspection service provider and that all potential issues of the inspection were anticipated. Ensures that all proper and necessary preparation steps such as cleaning of the pipeline were done.
4	Function Check	Ensure that all prerun function tests of the tool were done prior to the run to ensure a successful run.
5	Mechanical Check	Ensures that all mechanical tests of the tool were completed prior to the run to ensure a successful run.
6	Execution	Ensures that the running of the tool in the pipeline was conducted according to the plan without significant deviation.
7	Postrun Function Check	Ensures that all postrun function tests of the tool were done and that the tool was operating properly for the full length of the run.
8	Postrun Mechanical Check	Ensure all postrun mechanical tests of the tool were done and that the tool was operating properly for the full length of the run.
9	Field Data Check	Ensures the integrity of the data collected throughout the run.
10	Data Analysis Check	Ensures the analysis of the inspection results was conducted according to the plan and expectations of the operator.

Validación Nivel 1

Terminado el proceso de verificación, los resultados reportados de la inspección deberán ser comparada con data histórica de la tubería que fue inspeccionada. Se aceptará la validación si:

- a. Con resultados anteriores ILI
 - i. Las diferencias en la localización y características reportadas están dentro los niveles de tolerancias, certeza y confianza establecida en la especificación de performance.
 - ii. Las diferencias en la localización y características reportadas están fuera de las tolerancia establecidas en la especificación pero estas diferencias pueden ser explicadas utilizando prácticas de ingeniería, ejemplo, velocidad de corrosión y avances en la tecnología de la herramienta.
- b. Con resultados de excavaciones y medición de anomalías anteriores y cubiertas por la inspección.
 - i. Los datos de las mediciones y excavaciones representan el rango de la gama de tipos y características de anomalías observadas.
 - ii. Las diferencias están dentro de las tolerancias, certeza, y los niveles de confianza establecidos en la especificación de rendimiento o pueden explicarse utilizando prácticas de ingeniería.

Validación Nivel 1

- c. Con resultados de inspecciones validadas en otras líneas
 - i. La data representa el rango de la gama de tipos y características de anomalías observadas.
 - ii. Las variables esenciales* coinciden con las usadas en la inspección realizada.

*Las variables esenciales son, sin ser limitantes, las siguientes:

1. Restricciones sobre las características operativas , tales como la velocidad de la herramienta de inspección.
2. El diseño de la herramienta de inspección y las características físicas.
 - i. Parámetros de inspección: Fuerza de magnetización, frecuencia de ultrasonido, amplitud y ángulo.
 - ii. Componentes del sistema de dimensionamiento: Tipo de sensor, espaciamento y ubicación con respecto a la fuente de energía de la inspección.

Mediciones de Validación (Nivel 2 y 3)

- Método común para evaluación de resultados ILI.
- Validación es el proceso por el cual el operador determina si los resultados de la inspección son estadísticamente consistentes con el performance especificado en la inspección.
- La información de validación recolectada de mediciones en campo serán entregadas al proveedor del servicio de validación con el objetivo de confirmar o mejorar continuamente el proceso de análisis de la data.
- La información a ser recolectada será un acuerdo entre el operador y el proveedor del servicio de validación. Además debería incluir las técnicas de medición y sus exactitudes.
- Las discrepancias que se encuentren luego de utilizar métodos estadísticos serán documentadas.

Mediciones de Validación (Nivel 2 y 3)

- La fuente de estas discrepancias serán identificadas a través de reuniones entre el operador y proveedor del servicio de validación , análisis de las variables esenciales, verificación de los procesos en la zanja y análisis de la data.
- Información específica deberá ser entregada al vendedor de la herramienta.
- Basándose en la fuente de estas discrepancias, se podrían seguir estas acciones.
 - a) Análisis causa-raíz
 - b) Reanálisis de la información
 - c) Todo o parte de los resultados de la inspección puede ser invalidado.
 - d) El performance especificado deberá ser revisado en parte o en todos los resultados de inspección.
 - e) Aceptar la discrepancia como un valor atípico estadísticamente.

Validación Nivel 2

- Los gráficos unitarios son una herramienta visual simple que sirven como punto de partida para la comparación de los datos ILI y las mediciones de validación.
- Para que la comparación sea válida, las unidades físicas y los parámetros estadísticos de los distintos métodos de medición deberán ser unificados al inicio.
- Para una rápida interpretación, las mediciones de campo deberían tener tolerancias de al menos 3 veces menos que la de la herramienta ILI y todos los puntos deberían tener límites de tolerancias comparables.

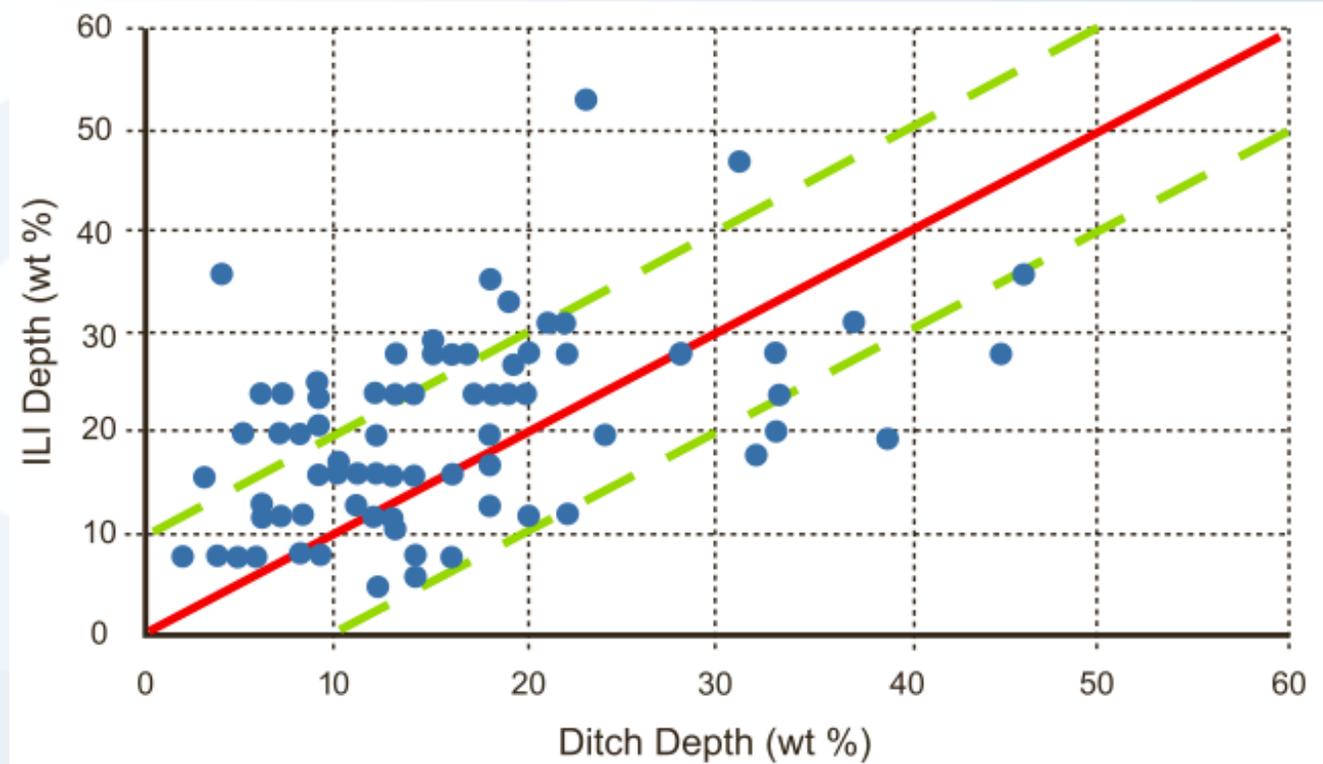


Figure C.1—Unity Chart Example

Validación Nivel 2 – Comparación con mediciones de campo

- Es común en las especificaciones ILI de establecer la exactitud del dimensionamiento en términos de:
 - a. Tolerancia: representa la medida de la magnitud o rango del error potencial de dimensionamiento.
 - b. Certeza: representa la probabilidad que el error de dimensionamiento caiga dentro del rango establecido de la tolerancia.
- Por ejemplo, en un enunciado de la exactitud de pérdida de espesor para MFL es $\pm 10\%$ del espesor de pared para el 80% de las anomalías reportadas. La tolerancia es $\pm 10\%$ y la certeza es 80% de las anomalías reportadas.
- Para una determinada anomalía la diferencia entre las mediciones ILI y de validación está definido por:

$$e = m_{ILI} - m_{FIELD}$$

Validación Nivel 2 – Comparación con mediciones de campo

- Si la incertidumbre de las mediciones son independientes y al azar, la desviación estándar de la diferencia se expresa por:

$$\sigma_e = \sqrt{(\sigma_{ILI})^2 + (\sigma_{FIELD})^2}$$

- La diferencia de medición “e”, contempla el error de dimensionamiento tanto del ILI como el de las mediciones en campo, por lo cual no es apropiado comparar esta diferencia obtenida de un número de mediciones en campo con el error de dimensionamiento que se puede inferir de la especificación del ILI. Lo apropiado sería comparar esta diferencia de medición con el error combinado de la herramienta ILI y las mediciones en campo.
- Para poder comparar las medidas ILI y las medidas de campo, estas deben estar expresadas en estos términos:

t = general pipe wall thickness;

d = absolute metal loss;

t_r = remaining pipe wall;

d/t = relative metal loss depth.

Validación Nivel 2 – Comparación con mediciones de campo

Medición por Ultrasonido

Profundidad relativa por pérdida de espesor y desviación estándar de medición UT:

$$(d/t)_{\text{FIELD,UT}} = \frac{t - t_r}{t} \quad \sigma_{(d/t)_{\text{FIELD,UT}}} = \frac{1}{t} \sqrt{\left(\frac{t_r}{t}\right)^2 (\sigma_t)^2 + (\sigma_{t_r})^2}$$

Medición por otros métodos (pit gauge, micrómetro o escáner láser)

Profundidad relativa por pérdida de espesor y desviación estándar de medición:

$$(d/t)_{\text{FIELD,AD}} = \frac{d}{t} \quad \sigma_{(d/t)_{\text{FIELD,AD}}} = \frac{1}{t} \sqrt{\left(\frac{d}{t}\right)^2 (\sigma_t)^2 + (\sigma_d)^2}$$

Error de medición relativo

Una vez que el error de medición de campo se ha cuantificado y se transforma en una tolerancia a un nivel de certeza equivalente a la de la especificación ILI. El primer factor que servirá para la comparación es la diferencia entre las mediciones de profundidad relativas que viene dada por:

$$e = (d/t)_{\text{ILI}} - (d/t)_{\text{FIELD}}$$

Validación Nivel 2 – Comparación con mediciones de campo

Tolerancia Combinada

Las especificaciones ILI se expresan a un nivel de seguridad específico y no como una desviación estándar, es conveniente aproximar la tolerancia combinada de la diferencia en las mediciones de profundidad, que refleje tanto la incertidumbre especificada por el ILI incertidumbre de medición y la incertidumbre conocida o calculada de medición de campo como:

$$\delta e_{comb} \approx \sqrt{[\delta(d/t)_{ILI}]^2 + [\delta(d/t)_{FIELD}]^2}$$

Ejemplo para una certeza de 80%

$$\delta e_{comb} \approx \sqrt{[\delta(d/t)_{ILI}]^2 + [1.28\sigma_{(d/t)_{FIELD}}]^2}$$

Una medición individual se puede considerar fuera de tolerancia sí:

$$|e| > \delta e_{comb}$$

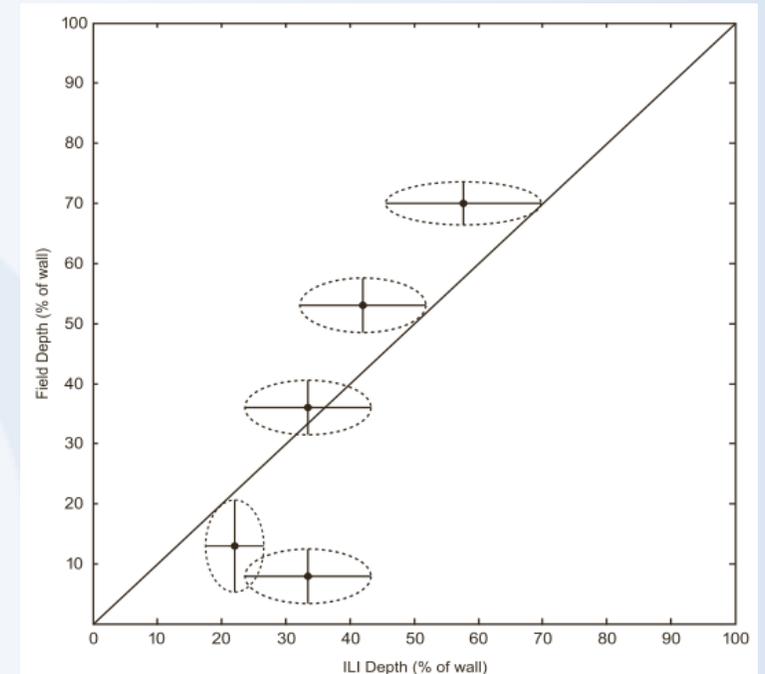


Figure C.3—Example: Unity Plot of Two Independent Sets of Measurements

Table C.1—Example: Agreement Test of Two Independent Sets of Measurements

ILI Report		Ultrasonic Field Investigation							Comparison		
$(d/t)_{ILI}$	$\delta(d/t)_{ILI}$	t	σ_t	t_r	σ_{t_r}	d	$(d/t)_{FIELD}$	$\sigma_{(d/t)_{FIELD}}$	$ e $	δe_{comb}	
(%)	(%)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(%)	(%)	(%)	(%)	
meas	spec	meas	spec	meas	spec	calc	calc	calc	calc	calc	In?
42	10	6.4	0.15	3.0	0.25	3.4	53.1	4.1	11.1	11.3	Yes
57	12	8.2	0.15	2.5	0.25	5.7	69.5	3.1	12.5	12.6	Yes
21	5	4.9	0.15	4.3	0.25	0.6	12.2	5.8	8.8	8.9	Yes
33	10	6.3	0.15	4.0	0.25	2.3	36.5	4.2	3.5	11.4	Yes
33	10	6.3	0.15	5.8	0.25	0.5	7.9	4.5	25.1	11.6	No

Validación Nivel 2 – Evaluación de la certeza asociada con la tolerancia de medición del ILI

La proporción de mediciones realizadas por ILI que cumplen con las tolerancias o la probabilidad de obtener mediciones dentro de las tolerancias para una anomalía al azar, se espera que sea igual a la certeza de medición “P” especificada por el ILI.

Para el propósito de validación de la exactitud del dimensionamiento de la herramienta ILI, asuma que una muestra de “n” mediciones fueron llevadas a cabo. Además asuma que “X” de esas mediciones están dentro de tolerancia. Entonces, una estimación de la certeza actual de la proporción de las anomalías que están dentro de tolerancia es:

$$\hat{p} = \frac{X}{n}$$

Validación Nivel 2 – Evaluación de la certeza asociada con la tolerancia de medición del ILI

Existe una incertidumbre asociada de la muestra con la proporción estimada, debido a que es determinado de una muestra pequeña de una larga población de anomalías reportadas. Existen distintos métodos para limitar esta incertidumbre de una proporción estimada. La API 1163 para su ejemplo utiliza, el método Agresti-Coull.

Dada “X” mediciones que cumplen con tolerancia dentro de un total de “n” mediciones, se puede utilizar la siguiente expresión para estimar el límite superior de la proporción actual de las mediciones dentro de tolerancia, con una confianza de α :

$$\hat{p}_{\text{upper}} = \tilde{p} + Z_{\alpha} \sqrt{\frac{\tilde{p}(1-\tilde{p})}{\tilde{n}}}$$

Siendo:

$$\tilde{n} = n + Z_{\alpha}^2$$

y

$$\tilde{p} = \frac{X + \frac{Z_{\alpha}^2}{2}}{\tilde{n}}$$

NOTE

- for a 90 % confidence level, $\alpha = 0.90$, $Z_{\alpha} = 1.28$, and $Z_{\alpha}^2 = 1.64$;
- for a 95 % confidence level, $\alpha = 0.95$, $Z_{\alpha} = 1.64$, and $Z_{\alpha}^2 = 2.69$;
- for a 97.5 % confidence level, $\alpha = 0.975$, $Z_{\alpha} = 1.96$, and $Z_{\alpha}^2 = 3.84$;
- for a 99 % confidence level, $\alpha = 0.99$, $Z_{\alpha} = 2.33$, and $Z_{\alpha}^2 = 5.43$.

Donde \hat{p} representa la mejor estimación de la proporción en tolerancia de las mediciones ILI con las mediciones de campo correspondientes. \hat{p}_{upper} representa una estimación con confianza α , del límite superior de la proporción de las mediciones dentro de la tolerancia dadas por el ILI en la larga población de anomalías y sugeridas por el performance observada en la muestra.

- Si $\hat{p}_{upper} < p$, las mediciones de campo sugieren que con un nivel de confianza la especificación del ILI no cumple con el performance especificado.
- Si $\hat{p}_{upper} \geq p$, la especificación ILI permanece plausiblemente según la descripción del performance para la larga población de mediciones ILI.

Ejemplo

Para una herramienta ILI con certeza $P=80\%$:

Asumir que se tienen disponible $n=25$ mediciones de campo para la validación ILI. Además $X=18$ mediciones están dentro de la tolerancia, significando $\hat{p} = 0.72$. El límite superior con una confianza de 95% para \hat{p} es $\hat{p}_{upper} = 0.84$.

Entonces se cumple que $\hat{p}_{upper} \geq p$; por lo tanto se puede decir con un 95% de confianza que la especificación del rendimiento del ILI cumple plausiblemente con la descripción de performance para la población de mediciones ILI. 19

Validación Nivel 3 – Estimación del performance de la herramienta en la corrida en base la data de validación en campo

- En esta sección, se asume que la incertidumbre de “la medición en la zanja” es relativamente mínima en comparación de la incertidumbre de las mediciones del ILI (la desviación estándar es al menos tres veces más pequeña).
- Muy seguido, se asume que la distribución normal aplica para el error de dimensionamiento y que las estadísticas del error de dimensionamiento son independientes de la medición real de la indicación. En estos casos los cálculos de la media y la desviación estándar se realizan directamente siendo en algunos casos incorrecto.
- Debido a esto el error máximo se limita en:
 - Límite superior: El valor ILI reportado es el límite superior del error de dimensionamiento (definido como $ILI - Zanja$)
 - Límite inferior: El umbral reportado ILI menos la profundidad encontrada en la zanja es el límite inferior del error de medición.

Validación Nivel 3 – Estimación del performance de la herramienta en la corrida en base la data de validación en campo

- Cuando la nube que representa la data de validación registrada se encuentra lejos de estos límites, se justifica un cálculo directo de la media y la desviación estándar. Sin embargo cuando se encuentran dentro de estos límites, se deben utilizar métodos de censo antes de utilizar cálculos estadísticos.

Parameter	Based on Straightforward Moment Estimate (incorrect)	MLE Estimate Accounting for Sizing Error Censoring
Mean	4.9 wt %	-0.6 wt %
Standard deviation	9.8 wt %	12.3 wt %
80 % confidence bounds	±12.6 wt %	±15.8 wt %

Validación Nivel 3 – Estimación del tamaño actual del valor reportado por ILI

El error de dimensionamiento se calcula como la diferencia entre el tamaño medido y verdadero: $m = d + e$, donde “m” es la tamaño medido, “d” es el tamaño verdadero, y “e” es el error de dimensionamiento.

Si la distribución de error “e” tiene una media de cero, el valor medio de la distribución de los valores medidos “m” para una característica específica de tamaño “d” será igual a “d”, es decir, “m” es un estimador imparcial para el tamaño exacto de la característica “d”.

Validación Nivel 3 – Estimación del tamaño actual del valor reportado por ILI

Muy a menudo los umbrales de información se aplican a uno o ambos (el ILI y valores de profundidad medidos campo) y éstos pueden introducir una parcialidad o sesgo. Un ejemplo de los mismos; si bien el ILI o profundidad registrada en campo es inferior al 10% WT no se reportó. Estos efectos de umbral son claramente visibles y deben ser representados al calcular los límites para la confianza.

- Si el error de dimensionamiento “e” se asume que es independiente de “d”, una única variable aleatoria se puede utilizar para describir el error de dimensionamiento en todo el rango de tamaño.
- Es importante reconocer que cuando el error de dimensionamiento “e” es independiente de “d”, el valor medido “m” y el error de dimensionamiento “e” no son estadísticamente independientes entre sí y esta dependencia funcional deben ser tomada en consideración al calcular la mejor estimación y límite de para la verdadera profundidad dada una profundidad ILI particular.
- La desviación estándar de los valores medidos es también mayor que la desviación estándar de la función de verdadero real distribución de tamaño.
- Si “d” y “e” se suponen independientes, entonces $\text{Var } “m” = \text{Var } “d” + \text{Var } “e”$. Esta ecuación es la distribución independiente y refleja la incertidumbre adicional que se introdujo debido a imprecisiones de dimensionamiento



TECNOLOGÍA TOTAL
INGENIERÍA EN INTEGRIDAD Y CORROSIÓN

GRACIAS

**TECNOLOGÍA TOTAL PRESTA SERVICIOS
CERTIFICADOS BAJO:**

