



MUESTREO

Ejemplo

31-08-2020

EJEMPLO: Respuesta 1

		Riesgos					
ID	Fuente/localización	Inherente	Evaluación	Elementos de control	Control	Mitigación	Detección
1	Gas de refinería <ul style="list-style-type: none"> Central Energía Refinería I Refinería II Planta Aromáticos Planta Conversión Terminales 	Fallo medidor	Prob: Media Cons: Alto Medio	Medidores flujo	Medio	Control interno: Plan de mantenimiento o equipos medición	Medio
2	Aceite Pesado: <ul style="list-style-type: none"> Central Energía 	Fallo medidor	Prob: Media Cons: Alto Medio	Medidores flujo	Medio		Medio
3	Gas Natural: <ul style="list-style-type: none"> Central Energía Terminales 	Fallo medidor	Prob: Media Cons: Alto Medio	Medidores flujo	Bajo (legislación)	Control externo: suministrador	Alto



EJEMPLO: Respuesta 1

		Riesgos					
4	Residuo Pesado HVR • Central Energía	Fallo medidor	Prob: Media Cons: Bajo Bajo	Medidores Flujo	Medio	Control interno: Plan de mantenimiento equipos medición	Alto
5	Metano • Planta Conversión	Fallo medidor	Prob: Media Cons: Bajo Bajo	Medidores Flujo	Medio		Alto
6	Hidrógeno • Planta Conversión	Fallo medidor	Prob: Media Cons: Bajo Bajo	Medidores Flujo	Medio		Alto
7	Gas Agrio • Planta Conversión	Fallo medidor	Prob: Media Cons: Bajo Bajo	Medidores Flujo	Medio		Alto
8	Antorcha • Planta Conversión	Fallo medidor	Prob: Media Cons: Bajo Bajo	Medidores Flujo	Medio		Alto
9	Gas residual bitumen • Terminales	Fallo medidor	Prob: Media Cons: Bajo Bajo	Medidores Flujo	Medio		Alto
10	Diesel • Central emergencia	Fallo medidor	Prob: Media Cons: Bajo Bajo	Medidores Flujo	Medio		Alto



EJEMPLO: Respuesta 2

Muestreo no estadístico

- El método o enfoque de selección empleado en este caso será el muestreo basado en el riesgo combinado con el enfoque por bloques. Se consideran 4 bloques basados en las diferentes plantas de la instalación:
 1. Planta de energía: 24 medidores
 2. Plantas de refinería I y refinería II: 19 medidores
 3. Planta de conversión (I): 20 medidores de los 34 de la planta
 4. Planta de conversión (II) más el resto de las plantas (Aromáticos, diésel y terminales): 20 medidores: 14 conversión + 2 aromáticos + 2 terminales + 2 diésel



EJEMPLO: Respuesta 2

Muestreo no estadístico (cont.)

- En cada visita semestral se revisará uno de los bloques, de tal forma que en dos años se habrá comprobado el 100% de los elementos de control. En el análisis de riesgos se detecta que los mayores esfuerzos durante la verificación se deben dedicar a los flujos de Gas de refinería, Gas natural y Aceite pesado, que se consumen en las plantas de energía, refinería y conversión. Por lo tanto, en cada visita se revisarán parte de los medidores de estos flujos. Así el plan de muestreo quedaría, siendo 'x' y 'x+1' los años de reporte:



EJEMPLO Respuesta 2

Fecha	Localización	Medidores
Sept/Oct año x-1	Planta de energía	<ul style="list-style-type: none"> • 3 medidores por cada una de las 5 calderas (Gas de refinería, HVR y aceite pesado) • 1 medidor GN para la turbina • 1 medidor Gas de refinería para la caldera de la turbina • 1 medidor de aceite ligero para la turbina • 4 medidores de gas natural y 2 medidores de gas de refinería para los hornos de calentamiento
Enero/Feb año x	Planta refinería I Planta refinería II	<ul style="list-style-type: none"> • 10 medidores de gas de refinería en refinería I. • 9 medidores de gas de refinería en refinería II.
Sept/Oct año x	Planta Conversión	<ul style="list-style-type: none"> • 3 medidores de gas agrio planta Claus • 3 medidores hidrógeno planta Claus • 1 medidor metano planta Scot • 1 medidor hidrógeno planta Scot • 12 medidores gas de refinería
Enero/Feb año x+1	<ul style="list-style-type: none"> • Planta Conversión • Planta Aromáticos • Planta Diésel • Terminales 	<ul style="list-style-type: none"> • 14 medidores gas de refinería planta conversión • 2 medidores diésel panta emergencia • 2 medidores gas de refinería en planta aromáticos • 1 medidor de gas de refinería para TNV en terminales • 1 medidor de gas residual bitumen para TNV en terminales (TNV-Instalación postcombustión)



EJEMPLO Respuesta 2

Muestreo estadístico

- Consideramos una población de 83 elementos. Si tomamos la tabla 1 vista anteriormente con valor de CL del 5%, nos saldría una muestra de 34 elementos. Para establecer el plan de muestreo, consideramos el número de elementos por cada planta visto anteriormente y establecemos 5 estratos:

Estrato	Localización	Medidores	Descripción
1	Planta de energía	24	<ul style="list-style-type: none"> 3 medidores por cada una de las 5 calderas (Gas de refinería, HVR y aceite pesado) 1 medidor GN para la turbina 1 medidor Gas de refinería para la caldera de la turbina 1 medidor de aceite ligero para la turbina 4 medidores de gas natural y 2 medidores de gas de refinería para los hornos de calentamiento
2	Planta refinería I	10	<ul style="list-style-type: none"> 10 medidores de gas de refinería.
3	Planta refinería II	9	<ul style="list-style-type: none"> 9 medidores de gas de refinería.
4	Planta Conversión	34	<ul style="list-style-type: none"> 3 medidores de gas agrio planta Claus 3 medidores hidrógeno planta Claus 1 medidor metano planta Scot 1 medidor hidrógeno planta Scot 26 medidores gas de refinería
5	<ul style="list-style-type: none"> Planta Aromáticos Planta Diésel Terminales 	6	<ul style="list-style-type: none"> 2 medidores diésel panta emergencia 2 medidores gas de refinería en planta aromáticos 1 medidor de gas de refinería para TNV en terminales 1 medidor de gas residual bitumen para TNV en terminales (TNV-Instalación postcombustión)

EJEMPLO: Respuesta 2

Muestreo estadístico

- Aplicamos el enfoque de selección aleatoria estratificada para seleccionar los medidores de la muestra entre los 5 estratos, por su peso en la población total:

Estrato	Localización	Medidores	Muestra
1	Planta de energía	24	10
2	Planta refinería I	10	4
3	Planta refinería II	9	4
4	Planta Conversión	34	14
5	<ul style="list-style-type: none">• Planta Aromáticos• Planta Diésel• Terminales	6	2
TOTALES:		83	34

- Con esta opción el tamaño de la muestra es algo menor, habiéndose revisado 68 medidores en dos años, un 82% de la población total. Teniendo en cuenta el análisis de riesgos y las emisiones de cada combustible, existen medidores que aportan un peso insignificante ($< 1\%$) al valor final de las emisiones, que se pueden revisar en periodos trianuales



EJEMPLO: Respuesta 2

Muestreo estadístico

- Para seleccionar la muestra en cada estrato aplicamos el muestreo sistemático, para ello se divide el número de elementos entre la muestra y se obtiene el rango para elegir los elementos:

Estrato	Localización	Medidores	Rango
1	Planta de energía	24	2,4
2	Planta refinería I	10	2,5
3	Planta refinería II	9	2,2
4	Planta Conversión	34	2,4
5	<ul style="list-style-type: none">• Planta Aromáticos• Planta Diésel• Terminales	6	3
TOTALES:		83	

- Plantas de Energía, Refinerías I y II y Conversión: uno de cada dos medidores hasta llegar al tamaño de la muestra
- Plantas restantes – estrato 5: un elemento de cada tres.
- Alternar cada año el elemento de inicio de la selección para revisar el mayor número posible de elementos en años consecutivos.



EJEMPLO: Respuesta 3

Pruebas que se realizarían sobre cada elemento de control:

- a) Se comprueba que existe un programa de mantenimiento y los registros de ejecución.
- b) Se revisa cada certificado de calibración.
- c) Se analiza la hoja de datos de cada medidor: Se tiene una serie de $365*24*6=52.560$ valores. Tratamiento de los datos automatizado por lo que se revisan 2-3 valores por medidor y el tratamiento que se les da automáticamente para comprobar que el sistema obtiene los resultados esperados.
- d) Comprobar si existe laguna de datos, se aplica el enfoque de selección al azar, para ello se utiliza la herramienta de la hoja Excel para detectar huecos en una fila de valores (p.ej. `CONTAR.BLANCO()`). Se analizan las causas y como afectan a los resultados finales. En caso necesario se ampliará la búsqueda de huecos de datos.



EJEMPLO: Respuesta 4

- **Muestreo no estadístico:** se revisan todos los medidores por cada periodo de dos años. Cualquier salvedad o error se resuelve antes de emitir un veredicto de verificación, ejemplos:
 - a) Comprobación de la calibración: cualquier salvedad debe ser resuelta por la entidad, por ejemplo:
 - Medidor que controle el flujo de los tres combustibles principales (Aceite pesado, Gas natural y Gas de refinería) debe ser objeto de revisión más profunda, de tal forma que si existe un fallo de calibración se deberían estimar los rangos de error y reflejarlos en el informe, indicando su materialidad.
 - Otros medidores, una falta de calibración temporal no daría lugar a errores potenciales que puedan llegar a ser materiales.



EJEMPLO: Respuesta 4

b) Laguna de datos, se analizarán las causas y se comprobara su veracidad. Por ejemplo:

- Paradas por mantenimiento o por causas de fuerza mayor.
- Errores de lectura habrá que suplir el periodo detectado con una estimación de datos según lo recogido en el plan de monitoreo para la gestión de las lagunas de datos. En el caso de los tres flujos principales, el verificador debe estimar si los datos que faltan pueden dar lugar a una inexactitud material o no.



EJEMPLO: Respuesta 4

Muestreo estadístico:

- El tratamiento de las salvedades encontradas sería similar al caso anterior de muestreo no estadístico. Pero en este caso, si se detectan rangos de error o inexactitudes que puedan ser materiales, el verificador ampliará el tamaño de la muestra para asegurar que no se repiten las salvedades detectadas.
- Para el tratamiento de las salvedades encontradas, siempre debe prevalecer el juicio profesional del verificador basado en el análisis de riesgos. Las decisiones sobre ampliar o no la muestra estarán siempre basadas en los resultados obtenidos en el análisis de los riesgos inherentes y de control.



EJEMPLO: Respuesta 5

- Revisión de 52.560 datos, para comprobar si existen lagunas de datos.
- Proceso de tratamiento de datos automatizado, valores de consumo de cada uno de los combustibles obtenidos del software implementado en la empresa.
- Se comprueba el sumatorio para un periodo de tiempo corto (p.ej. un día) y se revisa también el sistema de gestión de datos y las medidas de seguridad del mismo.
- La revisión de datos se centrará en comprobar que no existen errores de lectura en los medidores.



EJEMPLO: Respuesta 5

- Teniendo en cuenta el análisis de riesgos:
 - a) Flujos de combustibles principales: el gas de refinería, el Aceite pesado y el Gas natural.
 - b) Resto de los flujos de combustible solo representan el 2% de las emisiones totales.
 - c) Gas de refinería y el aceite pesado: Riesgo de detección medio
 - d) Gas natural: Riesgo de detección bajo.
 - e) **Probabilidad de error** en función de la posibilidad de fallo de los medidores, relacionada con el riesgo de control.

Flujo	Emisiones	Peso	Nivel de confianza	Intervalo de confianza	Probabilidad	Tamaño Muestra
Emisiones totales: 1.288.030 tCO ₂						
Gas de refinería	745.000	58%	95%	2,7%	98	104
Aceite pesado	430.000	33%	95%	2.7%	98	104
Gas Natural	90.000	7%	Se comprueba el 100% de los datos: 12 facturas anuales.			
Resto	23.030	2%	95%	5,4%	98	27



EJEMPLO: Respuesta 5

- **Intervalo de confianza:**
 - Gas natural un 7% de las emisiones: error aceptable para el resto de los flujos:
 $5\%/0.93 = 5,4\%$
 - Flujos secundarios se mantiene el error aceptable del 5,4%.
 - Para el gas de refinería y el aceite pesado se reparte el error aceptable entre ambos por igual.
- Por cada medidor seleccionado en la muestra de las actividades de control anterior, se seleccionarán mediante el enfoque aleatorio sistemático, 104 o 27 valores, según el caso.
- Para seleccionar las muestras se puede decidir tomar una muestra horaria, seleccionando entonces las horas donde se tomará una muestra al azar de los seis valores por cada hora.



EJEMPLO: Respuesta 5

- Selección de las horas mediante el enfoque aleatorio sistemático. Un año tiene 8.760 horas:
 - Gas de refinería y Aceite pesado: $8.760 / 104 = 84,2$ horas y $84,2 / 24 = 3,5$. Tomar dos días al azar de cada semana a lo largo del año y de cada día seleccionado tomar una hora al azar, tomándose así 104 muestras en total.
 - Resto: $8760 / 27 = 324,4$ horas y $324,4 / 24 = 13,5$. Tomar dos días al mes al azar más 1 día extra en abril, agosto y diciembre. De cada día seleccionado se toma una hora al azar, quedando así la muestra de 27 elementos.
- Dentro de las horas seleccionadas se toma al azar un valor de los 6 datos por hora y se comprueba si existen lagunas de datos. En caso de existir alguna, se analizan las causas para comprobar si afecta o no a los resultados finales. Por ejemplo, el caso de paradas por mantenimiento no daría lugar a ninguna corrección.



EJEMPLO: Respuesta 6

- Malfuncionamiento de los medidores o errores de lectura:
 - a) determinar el alcance del error ampliando tamaño de la muestra con las horas y los días anteriores y posteriores.
 - b) Extrapolar al consumo total del flujo considerado.
- Muestra de 104 datos medidor de gas de refinería se encuentra error de 5.000 m³ – consideración del error en el medidor en cuestión:
 - i. En el caso de ser un error sistemático, en el valor final de ese medidor existiría un error de 12,35%. ($5.000 / 40.500$)
 - ii. En el caso de ser un error aislado, en el valor final de ese medidor existiría un error de $5.000 / 20.000.000 = 0,025\%$.
 - iii. Si no podemos asegurar cómo se comportarían otras muestras dentro de la población: aumentar el tamaño de la muestra con $p=90\%$. Tamaño de muestra de 475 elementos, después de analizarla, obtenemos un error del 12%. El verificador concluiría entonces que la probabilidad estimada sí que es representativa y tomaría el valor del 12% como el error sobre el valor final de ese medidor.



EJEMPLO: Respuesta 6

Considerando que se obtienen los mismos resultados:

i. Error sistemático: 12,35%

- a) Gas de refinería representa un 58% de las emisiones totales, implica que la materialidad será el 7,16% ($12,35 \times 0,58$) para las emisiones totales.
- b) Se levanta una No conformidad mayor que si no se resuelve satisfactoriamente daría lugar a un informe de verificación adverso.

ii. Error aislado: 0,025%

Materialidad de la cifra de emisiones, tanto para el gas de refinería, como para las emisiones totales, por debajo del umbral establecido en la regulación. Se levanta una no conformidad menor.

iii. No sabemos como se comporta en el resto de la población: 12%

- a) Gas de refinería representa un 58% de las emisiones totales, implica que la materialidad será el 6,96% para las emisiones totales.
- b) Se levanta una No conformidad mayor que si no se resuelve satisfactoriamente daría lugar a un informe de verificación adverso.



EJEMPLO: Respuesta 6

Considerando que se obtienen resultados diferentes y se trata del caso de no conocer el comportamiento de otras partes de la población:

Para calcular la materialidad del error detectado, tendremos en cuenta los resultados del muestreo de datos en todos los medidores de gas de refinería revisados. Tomando como valor final de la materialidad para el gas de refinería, la suma ponderada de todos los errores encontrados en cada medidor. Si consideramos que, de los 22 medidores de gas de refinería muestreados, hemos detectado errores en 10 con los siguientes valores:

MEDIDOR	ERROR DETECTADO (%)	FLUJO m ³	PESO (%)	ERROR PONDERADO (%)
1	12	40.500	4,50	0,54
2	5	39.800	4,42	0,22
3	10	40.000	4,45	0,44
4	2	35.000	3,89	0,08
5	1	50.000	5,56	0,06
6	3	25.000	2,78	0,08
7	4	60.000	6,67	0,27
8	15	41.000	4,56	0,68
9	2	37.500	4,17	0,08
10	1	47.500	5,28	0,05
	TOTAL	416.300		
x 12	0%	483.500	53,73	0,00
	TOTAL	899.800	100,00	2,51



EJEMPLO: Respuesta 6

Obtendremos que el valor de la materialidad para el gas de refinería sería del $2,51\% \pm 5\%$, con una confianza del 95%. En este caso, para este flujo concreto, podemos verificar que el error detectado estaría por debajo del umbral de materialidad, levantaríamos una no conformidad menor y el informe de verificación sería positivo, aunque la no conformidad tendría que ser resuelta satisfactoriamente para cerrarla en el informe final de verificación.



MUCHAS GRACIAS

Javier Vallejo Drehs

javier.vallejodrehs@verico.eu

VERICO, SCE

Langenbach, Alemania

