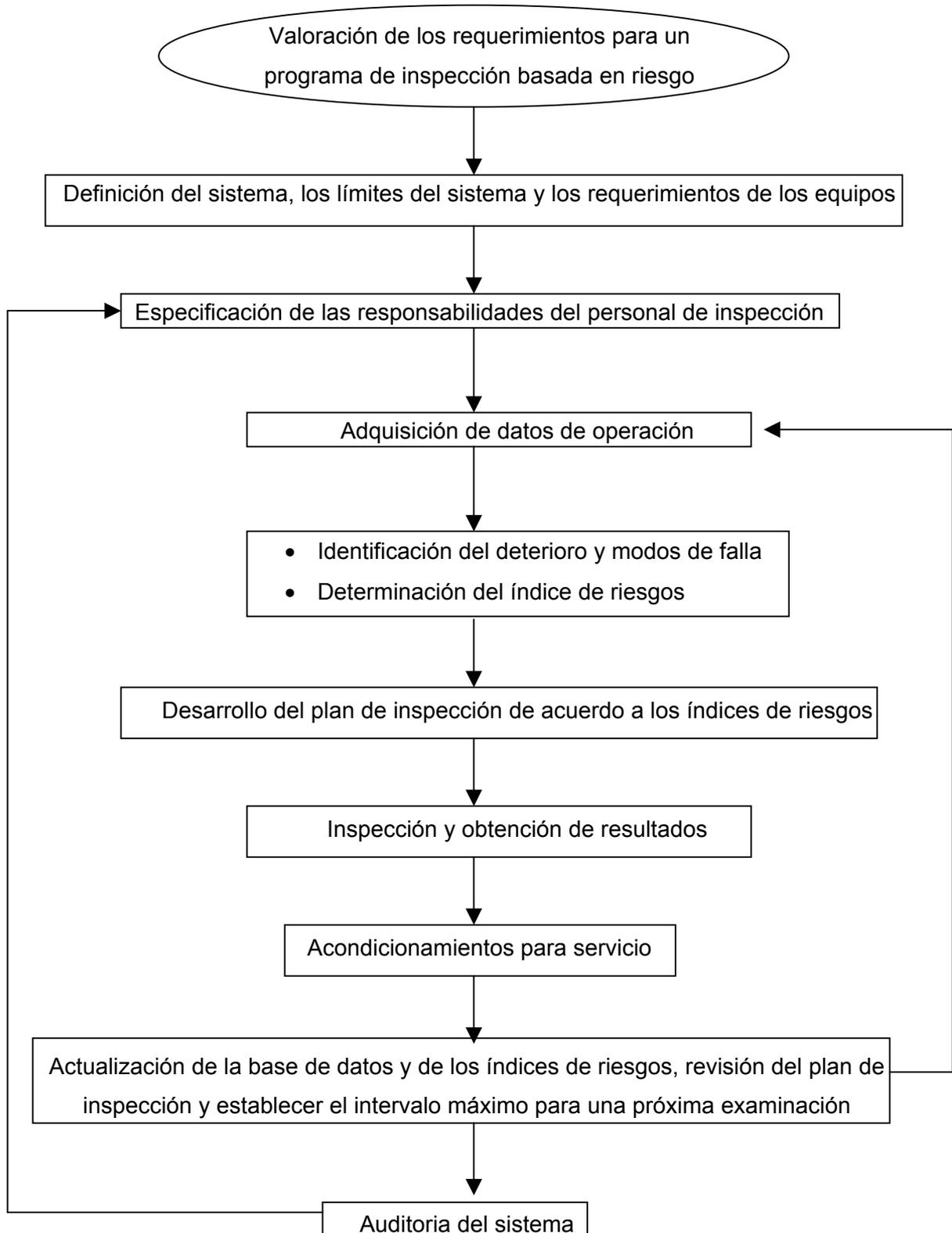


APÉNDICE A

DIAGRAMA DE PROCESO PARA DESARROLLAR UN PROGRAMA DE INSPECCIÓN BASADO EN RIESGO



APÉNDICE B

DATOS TÍPICOS RECOPIRADOS PARA UN ANÁLISIS DE RIESGOS

INFORMACIÓN SOBRE PELIGROS
Inventario de materiales peligrosos Hoja de datos de materiales seguros Resultados existentes de un estudio de Peligrosidad y Operabilidad. Localización de fuentes de ignición.
DATOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN
Tamaño de recipientes Diámetro de tuberías y longitudes Condiciones de operación Tasa de flujo de bombas y compresores Diseño de canales y drenajes Procedimientos de operación
DATOS RESPECTO AL CLIMA
Velocidad promedio del viento Probabilidades en la dirección del viento
SISTEMAS DE DETECCIÓN
Detección de gases Detección de fuegos Detección de toxicidad
SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE FUEGOS
Agentes de extinción Tasas de flujo Procedimientos de acción
DATOS HISTÓRICOS
Historia del sitio para realizar eventos Estadística de accidentes de trabajo Distribución del personal en el sitio (día y noche)
DATOS EXTERNOS
Población cercana Terreno utilizado de 1 a 10 kilómetros Topografía alrededor del sitio

APÉNDICE C

CAPACIDAD DE DETECCIÓN Y DETERMINACIÓN DE TAMAÑO DE DEFECTOS EN LOS PRINCIPALES MÉTODOS END

		Método de Ensayo No Destructivo					
		Inspección Visual	Tintas Penetrantes	Partículas Magnéticas	Corrientes de Eddy	Radiografía	Ultrasonido
Capacidad de Detección	Fisuras (abiertas a la superficie)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Fisuras Internas					✓	✓
	Falta de fusión					✓	✓
	Escorias/ inclusiones					✓	✓
	Porosidades/ vacíos					✓	✓
	Corrosión/ erosión	✓				✓	✓
Capacidad de determinación de tamaño	Localización del defecto	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Longitud del defecto	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Altura del defecto				✓		✓
	Espesor del componente				✓	✓	✓
	Espesor del revestimiento				✓		✓

APÉNDICE D

HOJA DE DATOS PARA LA INSPECCIÓN BASADA EN RIESGO

Encabezado

1. N° del equipo: _____ 2. Categoría: _____
3. Descripción: _____ 4. N° del elemento: _____
5. N° PISC: _____ 6. N° DFP: _____ 7. N° Flujo: _____

Información Universal

8. Trabajo: _____ 9. Condición en planta: A B C D
10. Mínima temperatura ambiental: _____ °C 11. Actividad Sísmica: _____

Información Mecánica

12. Espesor: _____ mm 21. Presión de diseño: _____ psig
13. Longitud: _____ m 22. Temperatura de diseño: _____ °C
14. Diámetro Principal: _____ m 23. Vida de diseño: _____ años
15. Diámetro Secundario _____ m 24. Tiempo en servicio: _____ años
16. N° Bandejas: _____ 25. Aislamiento: Si No
17. Fecha de fabricación: _____ 26. Revestimiento Exterior: Si No
18. Código de Fabricación _____ 27. Tubería de intercambio Si No
19. Estado del código: : A B C
20. Revestimiento del recipiente Si No

Si es si, indique su tipo: _____

- | 28. Material de Construcción | Revenido Normalizado | | TTPS | | Procesamiento de grano fino | | Temperatura de impacto | |
|------------------------------|----------------------|----|------|----|-----------------------------|----|------------------------|----|
| Coraza: _____ | Si | No | Si | No | Si | No | Si | No |
| Tubos: _____ | Si | No | Si | No | Si | No | Si | No |
| Planchas: _____ | Si | No | Si | No | Si | No | Si | No |

29. Complejidad de Fabricación

Para Equipos

N° de inyectores: _____

Para Tuberías

N° de conexiones: _____.

N° de puntos de inyección: _____.

N° de ramificaciones: _____.

N° de válvulas: _____.

Información del proceso

30. Grupo de inventario: _____

31. Características del fluido: _____

32. Componente representativo: _____

Condiciones de operación

	Normal	Máx.	Mín.	36. Probabilidad
33. Presión (psig):	_____	_____	_____	_____.
34. Temperatura (°C):	_____	_____	_____	_____.
35. Concentración (%):	_____	_____	_____	_____.

Líquido

Gas

36. Revisión de probabilidad: _____

37. Estado inicial (en el equipo): _____

38. Estado final (después de la emisión): _____

39. % Líquido: _____ 42. Densidad del líquido: _____ Kg/m³

40. % Vapor: _____ 43. Densidad del vapor: _____ Kg/m³

41. Para columnas solamente, Nivel del líquido en el fondo: _____ m

44. N° de reparaciones por año

45. Rango de estabilidad

Planificada: _____

A B C D

No planificada: _____

46. Condiciones que afectan a las válvulas de alivio:

Programa de mantenimiento de válvulas de alivio:	A	B	C	D
Condiciones de suciedad:	A	B	C	
Condiciones corrosivas:	Si		No	
Condiciones de extrema limpieza:	Si		No	

47. Datos para el módulo técnico:

Contaminante	% Concentración	Fase
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Información de mantenimiento o de inspección

Intervalo entre pruebas

Procedimiento de Inspección	Programada	Actual	% Alcance
Visual – Externa:	_____	_____	_____.
Visual – Interna:	_____	_____	_____.
Ultrasonido – Externa:	_____	_____	_____.
Ultrasonido – Interna:	_____	_____	_____.
Ultrasonido automático:	_____	_____	_____.
Prueba Radiográfica:	_____	_____	_____.
Prueba Corrientes Inducidas:	_____	_____	_____.
Partículas Magnéticas:	_____	_____	_____.
Prueba de Líquidos Penetrantes:	_____	_____	_____.
Prueba Hidrostática:	_____	_____	_____.

Para componentes aislados

Desmontaje selectivo: _____

Desmontaje Completo: _____

Radiografía: _____

Para equipo rotativo:

Medición de vibraciones: _____

Monitoreo de vibración: _____

Otros procedimientos:

Inspección no ejecutada: N/A N/A N/A

Historia de Mantenimiento:

Reparación mayor: Si No Tasa de daños: _____

Alteraciones mayores: Si No Tipo de daños: _____

Partes reemplazados: Si No Mecanismos de daño: _____

Comentarios: _____

Información del sistema de seguridad

Clasificación del sistema de detección: A B C

Clasificación del sistema de aislamiento: A B C

Mecanismo de mitigación en el sitio:

Sistemas de rociadores: _____

Sistema de espuma: _____

Pared contra explosiones: _____

Contenedores para derrame de líquido: _____

Otros (especifique) _____

APÉNDICE E

PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS MÁS REPRESENTATIVOS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS

Fluido	Peso Molecular	Densidad lb/pie ³	Punto de ebullición °F	Estado al ambiente	*C _p Constante de gas A	*C _p Constante de gas B	*C _p Constante de gas C	*C _p Constante de gas D	Temperatura de auto ignición °F
C ₁ — C ₂	23	5.639	193	Gas	12.3	1.150E-01	-2.870E-05	-1.300E-09	1036
C ₃ — C ₅	51	3.610	6.3	Gas	2.632	0.3188	1.347E+04	1.466E-08	696
C ₆ — C ₈	100	42.702	210	Líquido	-5.146	6.762E-01	-3.651E-04	7.658E-08	433
C ₉ — C ₁₂	149	45.823	364	Líquido	-8.5	1.010E+00	-5.560E-04	1.180E-07	406
C ₁₃ — C ₁₆	205	47.728	502	Líquido	-11.7	1.390E+00	-7.720E-04	1.670E-07	396
C ₁₇ — C ₂₅	280	48.383	651	Líquido	-22.4	1.940E+00	-1.120E-03	-2.530E-07	396
C ₂₅₊	422	56.187	981	Líquido	-22.4	1.940E+00	1.120E-03	2.530E-07	396
H ₂	2	4.433	-423	Gas	27.1	9.270E-03	-1.380E-05	7.650E-09	752
H ₂ S	34	61.993	-75	Gas	31.9	1.440E-03	2.430E-05	-1.180E-08	500
HF	20	60.370	68	Gas	29.1	6.610E-04	-2.030E-06	2.500E-09	32000
Agua	18	62.3	212	Líquido	32.4	0.001924	1.05E-05	-3.6E-07	N/A
Vapor	18	62.3	212	Gas	32.4	0.001924	1.05E-05	-3.6E-07	N/A
Ácido (bajo)	18	62.3	212	Líquido	32.4	0.001924	1.05E-05	-3.6E-09	N/A
Ácido (medio)	18	62.3	212	Líquido	32.4	0.001924	1.05E-05	-3.6E-09	N/A
Ácido (alto)	18	62.3	212	Líquido	32.4	0.001924	1.05E-05	-3.6E-09	N/A
Aromáticos	104	42.7314	293.3	Líquido	-28.25	0.6159	-4.02E-04	9.94E-08	914
Estireno	104	42.7314	293.3	Líquido	-28.25	0.6159	-4.02E-04	9.94E-08	914

*Para encontrar C_p, se utiliza la ecuación de capacidad calorífica de los gases ideales $C_p = A + BT + CT^2 + DT^3$ (J/mol-K)

APÉNDICE F

DATOS PARA EL ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS AMBIENTALES

Variable	Fuente	Unidad
Considerar emisiones al ambiente	Usuario	N/A
Emisión a tierra o agua	Usuario	Tierra/Agua
Factor de daños	Módulo de daños	Ninguna
Fluido representativo	Usuario	Ninguna
Estado final del fluido	Módulo de consecuencia	Ninguna
Tipo de emisión	Módulo de consecuencia	Ninguna
Módulo de consecuencia	Autoignición probable o no	Ninguna
Densidad	Apéndice E	lb/gal
Temperatura de ebullición	Apéndice E	°F
Duración de la emisión	Tabla 2.10	Minutos
Tasa de emisión	Módulo de consecuencia	lb/s
Volumen disponible	Módulo de consecuencia	lbs
% fluido evaporado	Tabla 2.16	%
Tipo de equipo	Usuario	Ninguna
Tipo de fundación	Tabla 2.17	Ninguna
Tiempo de detección fugas en piso	Tabla 2.18	Ninguna
Frecuencia genérica de falla	Tabla 2.	Eventos/año
Método de detección	Usuario	
Tiempo para pruebas de rigidez	Usuario	
% contenido en dique	Usuario	%
Costo de limpieza bajo suelo	Mercado	\$/gal
Costo de limpieza sobre suelo	Mercado	\$/gal
Costo de limpieza del agua	Mercado	\$/gal

APÉNDICE G
COSTOS APROXIMADOS DE DAÑOS EN EQUIPOS

Tipo	Descripción	Costo de falla pequeña (\$)	Costo de falla mediana (\$)	Costo de falla grande (\$)	Costo de falla ruptura (\$)
Bomba 1	Bomba centrífuga, 1 sello	1000	2500	5000	5000
Bomba 2	Bomba centrífuga, 2 sellos	1000	2500	5000	5000
Columna, fondo	Columna de destilación	10000	25000	50000	100000
Columna, tapa	Columna de destilación	10000	25000	50000	100000
Compresor C	Compresor centrífugo	10000	20000	100000	300000
Compresor R	Compresor recíprocante	5000	10000	50000	100000
Filtro	Filtro	1000	2000	4000	10000
Ventilador	Ventilador enfriador	1000	2000	20000	40000
Intercambiador	Intercambiador, coraza	1000	2000	20000	60000
Tubería 0.75	Tubería, diámetro 0.75", por pie	5	0	0	10
Tubería 1	Tubería, diámetro 1", por pie	5	0	0	20
Tubería 2	Tubería, diámetro 2", por pie	5	0	0	40
Tubería 4	Tubería, diámetro 4", por pie	5	10	0	60
Tubería 6	Tubería, diámetro 6", por pie	5	20	0	120
Tubería 8	Tubería, diámetro 8", por pie	5	30	60	180
Tubería 10	Tubería, diámetro 10", por pie	5	40	80	240
Tubería 12	Tubería, diámetro 12", por pie	5	60	120	360
Tubería 16	Tubería, diámetro 16", por pie	5	80	160	500
Tubería >16	Tubería, diámetro > 16", por pie	10	120	240	700
Tambor	Recipiente a presión	5000	12000	20000	40000
Reactor	Reactor	10000	24000	40000	80000
Bomba R	Bombas recíprocantes	1000	2500	5000	10000
Tanque	Tanque de almacenamiento	40000	40000	40000	80000
Calentador	Tubos del calentador	1000	10000	30000	60000

APÉNDICE H
TIEMPO DE PARA ESTIMADO EN EQUIPOS

Tipo	Descripción	Tiempo de para pequeña	Tiempo de para mediana	Tiempo de para grande	Tiempo de para ruptura
Bomba 1	Bomba centrífuga, 1 sello	0	0	0	0
Bomba 2	Bomba centrífuga, 2 sellos	0	0	0	0
Columna, fondo	Columna de destilación	2	4	5	21
Columna, tapa	Columna de destilación	2	4	5	21
Compresor C	Compresor centrífugo	2	3	7	14
Compresor R	Compresor recíprocante	2	3	7	14
Filtro	Filtro	0	1	1	1
Ventilador	Ventilador enfriador	1	1	3	5
Intercambiador	Intercambiador, coraza	1	1	3	5
Tubería 0.75	Tubería, diámetro 0.75", por pie	0	0	0	1
Tubería 1	Tubería, diámetro 1", por pie	0	0	0	1
Tubería 2	Tubería, diámetro 2", por pie	0	0	0	2
Tubería 4	Tubería, diámetro 4", por pie	0	1	0	2
Tubería 6	Tubería, diámetro 6", por pie	0	1	2	3
Tubería 8	Tubería, diámetro 8", por pie	0	2	3	3
Tubería 10	Tubería, diámetro 10", por pie	0	2	3	4
Tubería 12	Tubería, diámetro 12", por pie	0	3	4	4
Tubería 16	Tubería, diámetro 16", por pie	0	3	4	5
Tubería >16	Tubería, diámetro > 16", por pie	1	4	5	7
Tambor	Recipiente a presión	2	3	3	7
Reactor	Reactor	4	6	6	14
Bomba R	Bombas recíprocantes	0	0	0	0
Tanque	Tanque de almacenamiento	0	0	0	7
Calentador	Tubos del calentador	1	2	4	5

APÉNDICE I
FRECUENCIA GENÉRICA DE FALLAS SUGERIDA

Tipo de equipo	Tamaño del agujero			
	¼ pulgada	1 pulgada	4 pulgadas	Ruptura
Bomba centrífuga, 1 sello	6×10^{-2}	5×10^{-4}	1×10^{-4}	
Bomba centrífuga, 2 sellos	6×10^{-3}	5×10^{-4}	1×10^{-4}	
Columna de destilación	8×10^{-5}	2×10^{-4}	2×10^{-5}	6×10^{-6}
Compresor centrífugo		1×10^{-3}	1×10^{-4}	
Compresor recíprocante		6×10^{-3}	6×10^{-4}	
Filtro	9×10^{-4}	1×10^{-4}	5×10^{-5}	1×10^{-5}
Ventilador enfriador	2×10^{-3}	3×10^{-4}	5×10^{-8}	2×10^{-8}
Intercambiador, coraza	4×10^{-5}	1×10^{-4}	1×10^{-5}	6×10^{-6}
Intercambiador, lado tubo	4×10^{-5}	1×10^{-4}	1×10^{-5}	6×10^{-6}
Tubería, diámetro 0.75", por pie	1×10^{-5}			3×10^{-7}
Tubería, diámetro 1", por pie	5×10^{-6}			5×10^{-7}
Tubería, diámetro 2", por pie	3×10^{-6}			6×10^{-7}
Tubería, diámetro 4", por pie	9×10^{-7}	6×10^{-7}		7×10^{-8}
Tubería, diámetro 6", por pie	4×10^{-7}	4×10^{-7}		8×10^{-8}
Tubería, diámetro 8", por pie	3×10^{-7}	3×10^{-7}	8×10^{-8}	2×10^{-8}
Tubería, diámetro 10", por pie	2×10^{-7}	3×10^{-7}	8×10^{-8}	2×10^{-8}
Tubería, diámetro 12", por pie	1×10^{-7}	3×10^{-7}	3×10^{-8}	2×10^{-8}
Tubería, diámetro 16", por pie	1×10^{-7}	2×10^{-7}	2×10^{-8}	2×10^{-8}
Tubería, diámetro > 16", por pie	6×10^{-8}	2×10^{-7}	2×10^{-8}	1×10^{-8}
Recipiente a presión	4×10^{-5}	1×10^{-4}	1×10^{-5}	6×10^{-6}
Reactor	1×10^{-4}	3×10^{-4}	3×10^{-5}	2×10^{-5}
Bombas recíprocantes	0.7	0.01	0.001	0.001
Tanque de almacenamiento	4×10^{-5}	1×10^{-4}	1×10^{-5}	2×10^{-5}

Los datos encontrados en esta tabla están dados en frecuencia por año para cada tamaño de agujero.

APÉNDICE J

EFECTIVIDAD DE LAS TÉCNICAS DE INSPECCIÓN PARA VARIOS TIPOS DE DAÑOS

Técnica de Inspección	Reducción de espesor	Fisuras en superficie	Fisuras subsuperficiales	Formación de microfisuras	Cambios metalográficos	Cambios dimensionales	Ampolladuras
Inspección Visual	1 – 3	2 – 3	X	X	X	1 – 3	1 – 3
Ondas longitudinales de ultrasonido	1 – 3	3 – X	3 – X	2 – 3	X	X	1 – 2
Ondas superficiales de ultrasonido	X	1 – 2	1 – 2	2 – 3	X	X	X
Partículas magnéticas fluorescentes	X	1 – 2	3 – X	X	X	X	X
Tintas penetrantes	X	1 – 3	X	X	X	X	X
Emisión acústica	X	1 – 3	1 – 3	3 – X	X	X	3 – X
Corrientes de Eddy	1 – 2	1 – 2	1 – 2	3 – X	X	X	X
Detección de fugas	1 – 2	X	X	X	X	X	X
Radiografía	1 – 3	3 – X	3 – X	X	X	1 – 2	X
Medición de dimensiones	1 – 3	X	X	X	X	1 – 2	X
Metalografía	x	2 – 3	2 – 3	2 – 3	1 – 2	X	X

1= Muy efectivo

2 = Efectividad normal

3 = Posiblemente efectivo

X = No se usa normalmente

APÉNDICE K
SUBFACTOR DE MÓDULO TÉCNICO POR REDUCCIÓN DE ESPESOR

N° inspección		1				2				3				4				5			
ar/t	Ninguna	M	R	N	A	M	R	N	A	M	R	N	A	M	R	N	A	M	R	N	A
0.02	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.04	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.06	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.08	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.10	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.12	6	5	3	2	1	4	2	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1
0.14	20	17	10	6	1	13	6	1	1	10	3	1	1	7	2	1	1	5	1	1	1
0.16	90	70	50	20	3	50	20	4	1	40	10	1	1	30	5	1	1	20	2	1	1
0.18	250	200	130	70	7	170	70	10	1	130	35	3	1	100	15	1	1	70	7	1	1
0.20	400	300	210	110	15	290	120	20	1	240	60	5	1	180	20	2	1	120	10	1	1
0.25	520	450	290	150	20	350	170	30	2	260	80	6	1	200	30	2	1	150	15	2	1
0.30	650	550	400	200	30	400	200	40	4	320	110	9	2	240	50	4	2	180	25	3	2
0.35	750	650	550	300	80	600	300	80	10	540	150	20	5	440	90	10	4	350	70	6	4
0.40	900	800	700	400	130	700	400	120	30	600	200	50	10	500	140	20	8	400	110	10	8
0.45	1050	900	810	500	200	800	500	160	40	700	270	60	20	600	200	30	15	500	160	20	15
0.50	1200	1100	970	600	270	1000	600	200	60	900	360	80	40	800	270	50	40	700	210	40	40

M: Mala

R: Regular

N: Normal

A: Alta