

ANEXO 7: CALCULO VULNERABILIDAD

TESIS	Metodología para la evaluación cuantitativa del riesgo por rotura en línea de hidrocarburos debido a deslizamientos
SITIO DE ESTUDIO	Oleoducto Medellín Cartago K14+600 AL K14+800

1. Propiedades de la Tubería

GRADO DE LA TUBERÍA	Grado - B	X - 42	X - 52	X - 60	X - 65	X - 70
fy - Esfuerzo de fluencia [MPa]	227	310	358	413	448	5,17
n	10	15	9	10	7.8	5.5
r	100	32	10	12	14.3	16.6
fult - Resistencia Última a la tensión [MPa]	413	413	455	517	530	565

2. Datos de Entrada

Casos	Suelo Fundación			Parámetros del Relleno			Parámetros de la Tubería			
	C'	ϕ	τ	C'	ϕ	τ	Diámetro Nominal =		Diámetro Nominal =	
1	15,70 KN/m ²	20,34°	1549,9 Kg/m ³	10,00 KN/m ²	30,00°	1900,0 Kg/m ³	Espesor=	12,0 pulg	Espesor=	0,3048 m
2	0,62 KN/m ²	20,34°	1549,9 Kg/m ³	10,00 KN/m ²	30,00°	1900,0 Kg/m ³	Diámetro Exterior =	0,375 pulg	Diámetro Exterior =	0,0095 m
3	15,70 KN/m ²	20,16°	1549,9 Kg/m ³	10,00 KN/m ²	30,00°	1900,0 Kg/m ³	Grado=	12,75 pulg	d =	0,324 m
4	0,62 KN/m ²	20,16°	1549,9 Kg/m ³	10,00 KN/m ²	30,00°	1900,0 Kg/m ³	Et (N/m ²)=	API5LX52	I (m ⁴) =	0,3048 m
		H (talud)=	59,0 m	H (Relleno)=	1,2 m		fy (N/m ²)=	2,10E+11	A (m ²) =	1,16E-04
							n =	3,58E+08		9,41E-03
							r =	9		
							fult (N/m ²)=	10		
								4,55E+08		

3. Calculo de Deformación Unitaria - % Vulnerabilidad

	σ	ϵ	% Vulnerabilidad
1	0,00E+00	0,00%	0,00%
2	1,00E+08	0,05%	21,98%
3	1,20E+08	0,06%	26,37%
4	1,40E+08	0,07%	30,77%
5	1,60E+08	0,08%	35,16%
6	1,80E+08	0,09%	39,56%
7	2,00E+08	0,10%	43,96%
8	2,20E+08	0,11%	48,35%
9	2,40E+08	0,12%	52,75%
10	2,60E+08	0,13%	57,14%
11	2,80E+08	0,14%	61,54%
12	2,90E+08	0,15%	63,74%
13	3,00E+08	0,16%	65,93%
14	3,10E+08	0,18%	68,13%
15	3,20E+08	0,19%	70,33%
16	3,30E+08	0,21%	72,53%
17	3,40E+08	0,24%	74,73%
18	3,50E+08	0,28%	76,92%
19	3,58E+08	0,31%	78,68%
20	3,70E+08	0,38%	81,32%
21	3,80E+08	0,45%	83,52%
22	3,90E+08	0,54%	85,71%
23	4,00E+08	0,66%	87,91%
24	4,10E+08	0,82%	90,11%
25	4,20E+08	1,01%	92,31%
26	4,30E+08	1,25%	94,51%
27	4,40E+08	1,56%	96,70%
28	4,50E+08	1,94%	98,90%
29	4,55E+08	2,17%	100,00%



ANEXO 7: CALCULO VULNERABILIDAD

TESIS	Metodología para la evaluación cuantitativa del riesgo por rotura en línea de hidrocarburos debido a deslizamientos
SITIO DE ESTUDIO	Oleoducto Medellín Cartago K14+600 AL K14+800

4. Calculo de Desplazamiento

A. Calculo de Resistencia Axial Ultima

Casos	Parámetros del Relleno			α	K ₀	δ	tu (N/m)
	γ_t	C'	ϕ				
1	1900,0 Kg/m ³	10,00 KN/m ²	30,00°	1,02	0,50	24,00°	1,81E+04

tu (N/m)	W	σ	ϵ	δ	% Vulnerabilidad	
1	1,81E+04	30,0 m	0,00E+00	0,00%	0,0 m	0,00%
2	1,81E+04	30,0 m	1,00E+08	0,05%	0,1 m	21,98%
3	1,81E+04	30,0 m	1,20E+08	0,06%	0,1 m	26,37%
4	1,81E+04	30,0 m	1,40E+08	0,07%	0,2 m	30,77%
5	1,81E+04	30,0 m	1,60E+08	0,08%	0,2 m	35,16%
6	1,81E+04	30,0 m	1,80E+08	0,09%	0,2 m	39,56%
7	1,81E+04	30,0 m	2,00E+08	0,10%	0,2 m	43,96%
8	1,81E+04	30,0 m	2,20E+08	0,11%	0,2 m	48,35%
9	1,81E+04	30,0 m	2,40E+08	0,12%	0,3 m	52,75%
10	1,81E+04	30,0 m	2,60E+08	0,13%	0,3 m	57,14%
11	1,81E+04	30,0 m	2,80E+08	0,14%	0,3 m	61,54%
12	1,81E+04	30,0 m	2,90E+08	0,15%	0,3 m	63,74%
13	1,81E+04	30,0 m	3,00E+08	0,16%	0,4 m	65,93%
14	1,81E+04	30,0 m	3,10E+08	0,18%	0,4 m	68,13%
15	1,81E+04	30,0 m	3,20E+08	0,19%	0,4 m	70,33%
16	1,81E+04	30,0 m	3,30E+08	0,21%	0,5 m	72,53%
17	1,81E+04	30,0 m	3,40E+08	0,24%	0,5 m	74,73%
18	1,81E+04	30,0 m	3,50E+08	0,28%	0,6 m	76,92%
19	1,81E+04	30,0 m	3,58E+08	0,31%	0,7 m	78,68%
20	1,81E+04	30,0 m	3,70E+08	0,38%	0,9 m	81,32%
21	1,81E+04	30,0 m	3,80E+08	0,45%	1,0 m	83,52%
22	1,81E+04	30,0 m	3,90E+08	0,54%	1,2 m	85,71%
23	1,81E+04	30,0 m	4,00E+08	0,66%	1,5 m	87,91%
24	1,81E+04	30,0 m	4,10E+08	0,82%	1,8 m	90,11%
25	1,81E+04	30,0 m	4,20E+08	1,01%	2,3 m	92,31%
26	1,81E+04	30,0 m	4,30E+08	1,25%	2,8 m	94,51%
27	1,81E+04	30,0 m	4,40E+08	1,56%	3,5 m	96,70%
28	1,81E+04	30,0 m	4,50E+08	1,94%	4,4 m	98,90%
29	1,81E+04	30,0 m	4,55E+08	2,17%	4,9 m	100,00%

tu (N/m)	W	σ	ϵ	δ	% Vulnerabilidad	
1	1,81E+04	60,0 m	0,00E+00	0,00%	0,0 m	0,00%
2	1,81E+04	60,0 m	1,00E+08	0,05%	0,3 m	21,98%
3	1,81E+04	60,0 m	1,20E+08	0,06%	0,4 m	26,37%
4	1,81E+04	60,0 m	1,40E+08	0,07%	0,4 m	30,77%
5	1,81E+04	60,0 m	1,60E+08	0,08%	0,5 m	35,16%
6	1,81E+04	60,0 m	1,80E+08	0,09%	0,6 m	39,56%
7	1,81E+04	60,0 m	2,00E+08	0,10%	0,6 m	43,96%
8	1,81E+04	60,0 m	2,20E+08	0,11%	0,7 m	48,35%
9	1,81E+04	60,0 m	2,40E+08	0,12%	0,8 m	52,75%
10	1,81E+04	60,0 m	2,60E+08	0,13%	0,9 m	57,14%
11	1,81E+04	60,0 m	2,80E+08	0,14%	0,9 m	61,54%
12	1,81E+04	60,0 m	2,90E+08	0,15%	1,0 m	63,74%
13	1,81E+04	60,0 m	3,00E+08	0,16%	1,1 m	65,93%
14	1,81E+04	60,0 m	3,10E+08	0,18%	1,2 m	68,13%
15	1,81E+04	60,0 m	3,20E+08	0,19%	1,3 m	70,33%



ANEXO 7: CALCULO VULNERABILIDAD

TESIS	Metodología para la evaluación cuantitativa del riesgo por rotura en línea de hidrocarburos debido a deslizamientos
SITIO DE ESTUDIO	Oleoducto Medellín Cartago K14+600 AL K14+800

	tu (N/m)	W	σ	ϵ	δ	% Vulnerabilidad
16	1,81E+04	60,0 m	3,30E+08	0,21%	1,4 m	72,53%
17	1,81E+04	60,0 m	3,40E+08	0,24%	1,6 m	74,73%
18	1,81E+04	60,0 m	3,50E+08	0,28%	1,8 m	76,92%
19	1,81E+04	60,0 m	3,58E+08	0,31%	2,1 m	78,68%
20	1,81E+04	60,0 m	3,70E+08	0,38%	2,5 m	81,32%
21	1,81E+04	60,0 m	3,80E+08	0,45%	3,0 m	83,52%
22	1,81E+04	60,0 m	3,90E+08	0,54%	3,6 m	85,71%
23	1,81E+04	60,0 m	4,00E+08	0,66%	4,4 m	87,91%
24	1,81E+04	60,0 m	4,10E+08	0,82%	5,4 m	90,11%
25	1,81E+04	60,0 m	4,20E+08	1,01%	6,7 m	92,31%
26	1,81E+04	60,0 m	4,30E+08	1,25%	8,3 m	94,51%
27	1,81E+04	60,0 m	4,40E+08	1,56%	10,4 m	96,70%
28	1,81E+04	60,0 m	4,50E+08	1,94%	12,9 m	98,90%
29	1,81E+04	61,0 m	4,55E+08	2,17%	14,8 m	100,00%

	tu (N/m)	W	σ	ϵ	δ	% Vulnerabilidad
1	1,81E+04	90,0 m	0,00E+00	0,00%	0,0 m	0,00%
2	1,81E+04	90,0 m	1,00E+08	0,05%	0,5 m	21,98%
3	1,81E+04	90,0 m	1,20E+08	0,06%	0,6 m	26,37%
4	1,81E+04	90,0 m	1,40E+08	0,07%	0,7 m	30,77%
5	1,81E+04	90,0 m	1,60E+08	0,08%	0,9 m	35,16%
6	1,81E+04	90,0 m	1,80E+08	0,09%	1,0 m	39,56%
7	1,81E+04	90,0 m	2,00E+08	0,10%	1,1 m	43,96%
8	1,81E+04	90,0 m	2,20E+08	0,11%	1,2 m	48,35%
9	1,81E+04	90,0 m	2,40E+08	0,12%	1,3 m	52,75%
10	1,81E+04	90,0 m	2,60E+08	0,13%	1,4 m	57,14%
11	1,81E+04	90,0 m	2,80E+08	0,14%	1,6 m	61,54%
12	1,81E+04	90,0 m	2,90E+08	0,15%	1,7 m	63,74%
13	1,81E+04	90,0 m	3,00E+08	0,16%	1,8 m	65,93%
14	1,81E+04	90,0 m	3,10E+08	0,18%	2,0 m	68,13%
15	1,81E+04	90,0 m	3,20E+08	0,19%	2,2 m	70,33%
16	1,81E+04	90,0 m	3,30E+08	0,21%	2,4 m	72,53%
17	1,81E+04	90,0 m	3,40E+08	0,24%	2,7 m	74,73%
18	1,81E+04	90,0 m	3,50E+08	0,28%	3,1 m	76,92%
19	1,81E+04	90,0 m	3,58E+08	0,31%	3,5 m	78,68%
20	1,81E+04	90,0 m	3,70E+08	0,38%	4,2 m	81,32%
21	1,81E+04	90,0 m	3,80E+08	0,45%	5,0 m	83,52%
22	1,81E+04	90,0 m	3,90E+08	0,54%	6,1 m	85,71%
23	1,81E+04	90,0 m	4,00E+08	0,66%	7,4 m	87,91%
24	1,81E+04	90,0 m	4,10E+08	0,82%	9,1 m	90,11%
25	1,81E+04	90,0 m	4,20E+08	1,01%	11,3 m	92,31%
26	1,81E+04	90,0 m	4,30E+08	1,25%	14,0 m	94,51%
27	1,81E+04	90,0 m	4,40E+08	1,56%	17,4 m	96,70%
28	1,81E+04	90,0 m	4,50E+08	1,94%	21,7 m	98,90%
29	1,81E+04	90,0 m	4,55E+08	2,17%	24,2 m	100,00%

	tu (N/m)	W	σ	ϵ	δ	% Vulnerabilidad
1	1,81E+04	120,0 m	0,00E+00	0,00%	0,0 m	0,00%
2	1,81E+04	120,0 m	1,00E+08	0,05%	0,7 m	21,98%
3	1,81E+04	120,0 m	1,20E+08	0,06%	0,9 m	26,37%
4	1,81E+04	120,0 m	1,40E+08	0,07%	1,0 m	30,77%
5	1,81E+04	120,0 m	1,60E+08	0,08%	1,2 m	35,16%
6	1,81E+04	120,0 m	1,80E+08	0,09%	1,3 m	39,56%
7	1,81E+04	120,0 m	2,00E+08	0,10%	1,5 m	43,96%
8	1,81E+04	120,0 m	2,20E+08	0,11%	1,6 m	48,35%
9	1,81E+04	120,0 m	2,40E+08	0,12%	1,8 m	52,75%



ANEXO 7: CALCULO VULNERABILIDAD

TESIS	Metodología para la evaluación cuantitativa del riesgo por rotura en línea de hidrocarburos debido a deslizamientos
SITIO DE ESTUDIO	Oleoducto Medellín Cartago K14+600 AL K14+800

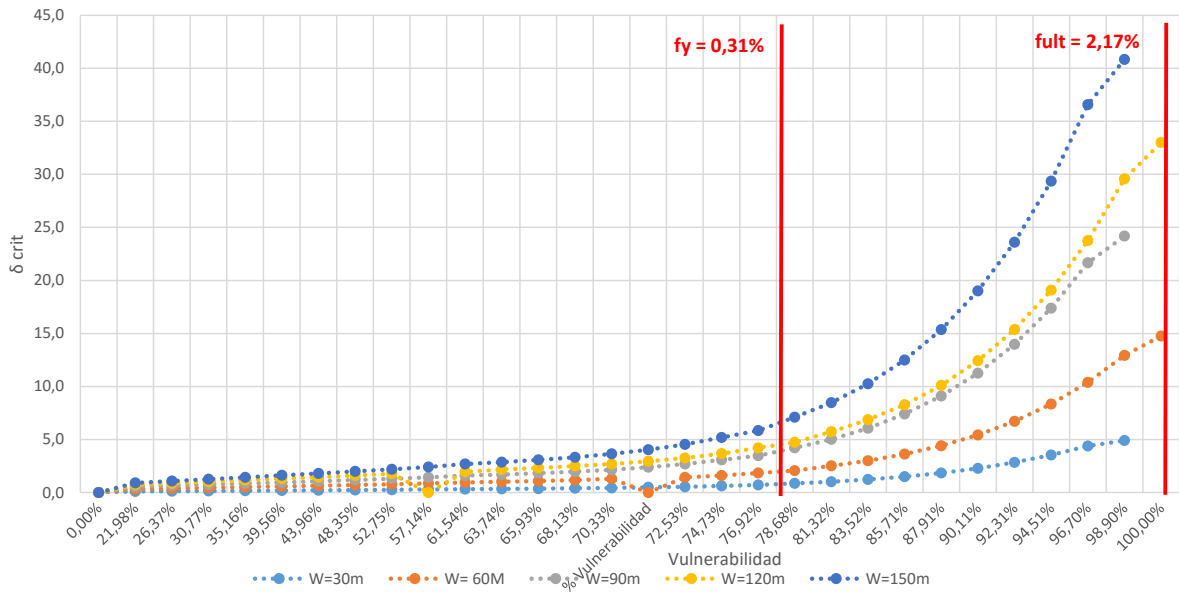
	tu (N/m)	W	σ	ϵ	δ	% Vulnerabilidad
10	1,81E+04	120,0 m	2,60E+08	0,13%	1,9 m	57,14%
11	1,81E+04	120,0 m	2,80E+08	0,14%	2,2 m	61,54%
12	1,81E+04	120,0 m	2,90E+08	0,15%	2,3 m	63,74%
13	1,81E+04	120,0 m	3,00E+08	0,16%	2,5 m	65,93%
14	1,81E+04	120,0 m	3,10E+08	0,18%	2,7 m	68,13%
15	1,81E+04	120,0 m	3,20E+08	0,19%	2,9 m	70,33%
16	1,81E+04	120,0 m	3,30E+08	0,21%	3,3 m	72,53%
17	1,81E+04	120,0 m	3,40E+08	0,24%	3,7 m	74,73%
18	1,81E+04	120,0 m	3,50E+08	0,28%	4,2 m	76,92%
19	1,81E+04	120,0 m	3,58E+08	0,31%	4,7 m	78,68%
20	1,81E+04	120,0 m	3,70E+08	0,38%	5,7 m	81,32%
21	1,81E+04	120,0 m	3,80E+08	0,45%	6,9 m	83,52%
22	1,81E+04	120,0 m	3,90E+08	0,54%	8,3 m	85,71%
23	1,81E+04	120,0 m	4,00E+08	0,66%	10,1 m	87,91%
24	1,81E+04	120,0 m	4,10E+08	0,82%	12,4 m	90,11%
25	1,81E+04	120,0 m	4,20E+08	1,01%	15,4 m	92,31%
26	1,81E+04	120,0 m	4,30E+08	1,25%	19,1 m	94,51%
27	1,81E+04	120,0 m	4,40E+08	1,56%	23,7 m	96,70%
28	1,81E+04	120,0 m	4,50E+08	1,94%	29,6 m	98,90%
29	1,81E+04	120,0 m	4,55E+08	2,17%	33,0 m	100,00%

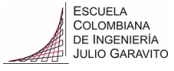
	tu (N/m)	W	σ	ϵ	δ	% Vulnerabilidad
1	1,81E+04	150,0 m	0,00E+00	0,00%	0,0 m	0,00%
2	1,81E+04	150,0 m	1,00E+08	0,05%	0,9 m	21,98%
3	1,81E+04	150,0 m	1,20E+08	0,06%	1,1 m	26,37%
4	1,81E+04	150,0 m	1,40E+08	0,07%	1,3 m	30,77%
5	1,81E+04	150,0 m	1,60E+08	0,08%	1,4 m	35,16%
6	1,81E+04	150,0 m	1,80E+08	0,09%	1,6 m	39,56%
7	1,81E+04	150,0 m	2,00E+08	0,10%	1,8 m	43,96%
8	1,81E+04	150,0 m	2,20E+08	0,11%	2,0 m	48,35%
9	1,81E+04	150,0 m	2,40E+08	0,12%	2,2 m	52,75%
10	1,81E+04	150,0 m	2,60E+08	0,13%	2,4 m	57,14%
11	1,81E+04	150,0 m	2,80E+08	0,14%	2,7 m	61,54%
12	1,81E+04	150,0 m	2,90E+08	0,15%	2,9 m	63,74%
13	1,81E+04	150,0 m	3,00E+08	0,16%	3,1 m	65,93%
14	1,81E+04	150,0 m	3,10E+08	0,18%	3,3 m	68,13%
15	1,81E+04	150,0 m	3,20E+08	0,19%	3,6 m	70,33%
16	1,81E+04	150,0 m	3,30E+08	0,21%	4,0 m	72,53%
17	1,81E+04	150,0 m	3,40E+08	0,24%	4,5 m	74,73%
18	1,81E+04	150,0 m	3,50E+08	0,28%	5,2 m	76,92%
19	1,81E+04	150,0 m	3,58E+08	0,31%	5,8 m	78,68%
20	1,81E+04	150,0 m	3,70E+08	0,38%	7,1 m	81,32%
21	1,81E+04	150,0 m	3,80E+08	0,45%	8,5 m	83,52%
22	1,81E+04	150,0 m	3,90E+08	0,54%	10,2 m	85,71%
23	1,81E+04	150,0 m	4,00E+08	0,66%	12,5 m	87,91%
24	1,81E+04	150,0 m	4,10E+08	0,82%	15,4 m	90,11%
25	1,81E+04	150,0 m	4,20E+08	1,01%	19,0 m	92,31%
26	1,81E+04	150,0 m	4,30E+08	1,25%	23,6 m	94,51%
27	1,81E+04	150,0 m	4,40E+08	1,56%	29,4 m	96,70%
28	1,81E+04	150,0 m	4,50E+08	1,94%	36,6 m	98,90%
29	1,81E+04	150,0 m	4,55E+08	2,17%	40,8 m	100,00%

ANEXO 7: CALCULO VULNERABILIDAD

TESIS	Metodología para la evaluación cuantitativa del riesgo por rotura en línea de hidrocarburos debido a deslizamientos
SITIO DE ESTUDIO	Oleoducto Medellín Cartago K14+600 AL K14+800

VULNERABILIDAD DE LA TUBERIA





ESCUELA
COLOMBIANA
DE INGENIERIA
JULIO GARAVITO

ANEXO 7: CALCULO VULNERABILIDAD

TESIS	Metodología para la evaluación cuantitativa del riesgo por rotura en línea de hidrocarburos debido a deslizamientos
SITIO DE ESTUDIO	Oleoducto Medellín Cartago K14+600 AL K14+800