

# Opinión Técnica para el Tramo Subterráneo Línea 12 Ciudad de México

Reporte de Auscultación de vías.

Ingenieros Civiles Asociados S.A de C.V.

Project reference: 60671993

Enero 12, 2022



### Historial de revisión

Cotejo	Fecha de revisión	Detalles	Autorizado	Nombre	Posición

### Lista de distribución

# Hard CopiesCopias impresas	PDF RequiredRequerido	Nombre de compañía

**Preparado para:**

Ingenieros Civiles Asociados S.A de C.V

**Preparado por:**

Carlos Pita

AECOM  
Avenida Santa Fe 495 piso 10  
México City, México 05349  
aecom.com

Copyright © 2022 by AECOM

All rights reserved. No part of this copyrighted work may be reproduced, distributed, or transmitted in any form or by any means without the prior written permission of AECOM.

## Tabla de Contenido

### Contenido

1.	Limitación de responsabilidad .....	8
2.	Introducción .....	8
3.	Metodología.....	14
2.1.	Descripción del Equipo.....	14
2.2.	Mediciones .....	17
2.3.	Parámetros máximos y mínimos.....	19
4.	Datos.....	20
5.	Comparación de resultados.....	21
4.1.	Vía 1.....	21
4.1.1	Cadenamiento 17+815.30 al 18+394.60.....	21
4.1.2.	Cadenamiento 18+540.00 al 18+790.20.....	25
4.1.3.	Cadenamiento 18+947.317 al 20+873.617 .....	28
4.1.4.	Cadenamiento 21+020.00 al 21+951.80.....	32
4.1.5.	Cadenamiento 21+940.00 al 22+861.60.....	35
4.1.6.	Cadenamiento 22+800.00 al 25+308.90.....	38
4.1.7.	Cadenamiento 25+308.00 al 26+046.90.....	41
4.1.8.	Cadenamiento 26+060.00 al 26+627.00.....	44
4.1.9.	Cadenamiento 26+620.00 al 27+392.80.....	47
4.1.10.	Cadenamiento 27+371.00 al 28+273.10.....	50
4.2.	Vía 2.....	53
4.2.1.	Cadenamiento 28+220.00 al 28+428.20.....	53
4.2.2.	Cadenamiento 28+936.985 al 29+319.185.....	57
4.2.3.	Cadenamiento 29+320.00 al 28+896.10.....	60
4.2.4.	Cadenamiento 28+895.877 al 28+233.277.....	63
4.2.5.	Cadenamiento 28+269.279 al 26+193.879.....	66
4.2.6.	Cadenamiento 26+220.00 al 22+796.40.....	69
4.2.7.	Cadenamiento 22+840.00 al 22+697.80.....	72
4.2.8.	Cadenamiento 22+555.00 al 21+945.70.....	75
4.2.9.	Cadenamiento 21+941.00 al 21+003.20.....	78
4.2.10.	Cadenamiento 20+859.463 al 18+931.663.....	81
4.2.11.	Cadenamiento 18+793.152 al 18+563.952.....	84
4.2.12.	Cadenamiento 18+420.00 al 17+810.40.....	87
6.	Conclusiones .....	90
7.	Reporte Fotográfico.....	94

### Figures

Figura 1.	TOPAZ. Carro de Medición de Registro de la Geometría de la Vía y de las Flechas.....	15
Figura 2.	Cadenamiento de inicio para las vías 1 y 2.....	17
Figura 3.	Colocación del TOPAZ en los rieles.....	18

Figura 4. Ancho de vía (Escantillón) tramo 17+815.30 al 18+394.60.....	21
Figura 5. Peralte tramo 17+815.30 al 18+394.60.....	22
Figura 6. Alabeo tramo 17+815.30 al 18+394.60.....	22
Figura 7. Alineación horizontal izquierda tramo 17+815.30 al 18+394.60.....	23
Figura 8. Alineación horizontal derecha tramo 17+815.30 al 18+394.60.....	23
Figura 9. Radio de curvatura tramo 17+815.30 al 18+394.60.....	24
Figura 10. Ancho de vía (Escantillón) tramo 18+540.00 al 18+790.20.....	25
Figura 11. Peralte tramo 18+540.00 al 18+790.20.....	25
Figura 12. Alabeo tramo 18+540.00 al 18+790.20.....	26
Figura 13. Alineación horizontal izquierda tramo 18+540.00 al 18+790.20.....	26
Figura 14. Alineación horizontal derecha tramo 18+540.00 al 18+790.20.....	27
Figura 15. Radio de curvatura tramo 18+540.00 al 18+790.20.....	27
Figura 16. Ancho de vía (Escantillón) tramo 18+947.317 al 20+873.617.....	28
Figura 17. Peralte tramo 18+947.317 al 20+873.617.....	29
Figura 18. Alabeo tramo 18+947.317 al 20+873.617.....	29
Figura 19. Alineación horizontal izquierda tramo 18+947.317 al 20+873.617.....	30
Figura 20. Alineación horizontal derecha tramo 18+947.317 al 20+873.617.....	30
Figura 21. Radio de curvatura tramo 18+947.317 al 20+873.617.....	31
Figura 22. Ancho de vía (Escantillón) tramo 21+020.00 al 21+951.80.....	32
Figura 23. Peralte tramo 21+020.00 al 21+951.80.....	32
Figura 24. Alabeo tramo 21+020.00 al 21+951.80.....	33
Figura 25. Alineación horizontal izquierda tramo 21+020.00 al 21+951.80.....	33
Figura 26. Alineación horizontal derecha tramo 21+020.00 al 21+951.80.....	34
Figura 27. Radio de curvatura tramo 21+020.00 al 21+951.80.....	34
Figura 28. Ancho de vía (Escantillón) tramo 21+940.00 al 22+861.60.....	35
Figura 29. Peralte tramo 21+940.00 al 22+861.60.....	35
Figura 30. Alabeo tramo 21+940.00 al 22+861.60.....	36
Figura 31. Alineación Horizontal Izquierda tramo 21+940.00 al 22+861.60.....	36
Figura 32. Alineación Horizontal Derecha tramo 21+940.00 al 22+861.60.....	37
Figura 33. Radio de curvatura tramo 21+940.00 al 22+861.60.....	37
Figura 34. Ancho de vía (Escantillón) tramo 22+800.00 al 25+308.90.....	38
Figura 35. Peralte tramo 22+800.00 al 25+308.90.....	38
Figura 36. Alabeo tramo 22+800.00 al 25+308.90.....	39
Figura 37. Alineación Horizontal Izquierda tramo 22+800.00 al 25+308.90.....	39
Figura 38. Alineación Horizontal Derecha tramo 22+800.00 al 25+308.90.....	40
Figura 39. Radio de curvatura tramo 22+800.00 al 25+308.90.....	40
Figura 40. Ancho de vía (Escantillón) tramo 25+308.00 al 26+046.90.....	41
Figura 41. Peralte tramo 25+308.00 al 26+046.90.....	41
Figura 42. Alabeo tramo 25+308.00 al 26+046.90.....	42
Figura 43. Alineación Horizontal Izquierda tramo 25+308.00 al 26+046.90.....	42
Figura 44. Alineación Horizontal Derecha tramo 25+308.00 al 26+046.90.....	43
Figura 45. Radio de curvatura tramo 25+308.00 al 26+046.90.....	43
Figura 46. Ancho de vía (Escantillón) tramo 26+060.00 al 26+627.00.....	44
Figura 47. Peralte tramo 26+060.00 al 26+627.00.....	44
Figura 48. Alabeo tramo 26+060.00 al 26+627.00.....	45
Figura 49. Alineación Horizontal Izquierda tramo 26+060.00 al 26+627.00.....	45
Figura 50. Alineación Horizontal Derecha tramo 26+060.00 al 26+627.00.....	46
Figura 51. Radio de curvatura tramo 26+060.00 al 26+627.00.....	46
Figura 52. Ancho de vía (Escantillón) tramo 26+620.00 al 27+392.80.....	47
Figura 53. Peralte tramo 26+620.00 al 27+392.80.....	47
Figura 54. Alabeo tramo 26+620.00 al 27+392.80.....	48
Figura 55. Alineación Horizontal Izquierda tramo 26+620.00 al 27+392.80.....	48
Figura 56. Alineación Horizontal Derecha tramo 26+620.00 al 27+392.80.....	49
Figura 57. Radio de curvatura tramo 26+620.00 al 27+392.80.....	49
Figura 58. Ancho de vía (Escantillón) tramo 27+371.00 al 28+273.10.....	50
Figura 59. Peralte tramo 27+371.00 al 28+273.10.....	50

Figura 60. Alabeo tramo 27+371.00 al 28+273.10. ....	51
Figura 61. Alineación Horizontal Izquierda tramo 27+371.00 al 28+273.10. ....	51
Figura 62. Alineación Horizontal Derecha tramo 27+371.00 al 28+273.10. ....	52
Figura 63. Radio de curvatura tramo 27+371.00 al 28+273.10. ....	52
Figura 64. Ancho de vía (Escantillón) tramo 28+220.00 al 28+428.20. ....	53
Figura 65. Peralte tramo 28+220.00 al 28+428.20. ....	54
Figura 66. Alabeo tramo 28+220.00 al 28+428.20. ....	54
Figura 67. Alineación horizontal izquierda tramo 28+220.00 al 28+428.20. ....	55
Figura 68. Alineación horizontal derecha tramo 28+220.00 al 28+428.20. ....	55
Figura 69. Radio de curvatura tramo 28+220.00 al 28+428.20. ....	56
Figura 70. Ancho de vía (Escantillón) tramo 28+936.985 al 29+319.185. ....	57
Figura 71. Peralte tramo 28+936.985 al 29+319.185. ....	57
Figura 72. Alabeo tramo 28+936.985 al 29+319.185. ....	58
Figura 73. Alineación Horizontal Izquierda tramo 28+936.985 al 29+319.185. ....	58
Figura 74. Alineación Horizontal Derecha tramo 28+936.985 al 29+319.185. ....	59
Figura 75. Radio de curvatura tramo 28+936.985 al 29+319.185. ....	59
Figura 76. Ancho de vía (Escantillón) tramo 29+320.00 al 28+896.10. ....	60
Figura 77. Peralte tramo 29+320.00 al 28+896.10. ....	60
Figura 78. Alabeo tramo 29+320.00 al 28+896.10. ....	61
Figura 79. Alineación Horizontal Izquierda tramo 29+320.00 al 28+896.10. ....	61
Figura 80. Alineación Horizontal Derecha tramo 29+320.00 al 28+896.10. ....	62
Figura 81. Radio de curvatura tramo 29+320.00 al 28+896.10. ....	62
Figura 82. Ancho de vía (Escantillón) tramo 28+895.877 al 28+233.277. ....	63
Figura 83. Peralte tramo 28+895.877 al 28+233.277. ....	63
Figura 84. Alabeo tramo 28+895.877 al 28+233.277. ....	64
Figura 85. Alineación Horizontal Izquierda tramo 28+895.877 al 28+233.277. ....	64
Figura 86. Alineación Horizontal Derecha tramo 28+895.877 al 28+233.277. ....	65
Figura 87. Radio de curvatura tramo 28+895.877 al 28+233.277. ....	65
Figura 88. Ancho de vía (Escantillón) tramo 28+269.279 al 26+193.879. ....	66
Figura 89. Peralte tramo 28+269.279 al 26+193.879. ....	66
Figura 90. Alabeo tramo 28+269.279 al 26+193.879. ....	67
Figura 91. Alineación Horizontal Izquierda tramo 28+269.279 al 26+193.879. ....	67
Figura 92. Alineación Horizontal Derecha tramo 28+269.279 al 26+193.879. ....	68
Figura 93. Radio de curvatura tramo 28+269.279 al 26+193.879. ....	68
Figura 94. Ancho de vía (Escantillón) tramo 26+220.00 al 22+796.40. ....	69
Figura 95. Peralte tramo 26+220.00 al 22+796.40. ....	69
Figura 96. Alabeo tramo 26+220.00 al 22+796.40. ....	70
Figura 97. Alineación Horizontal Izquierda tramo 26+220.00 al 22+796.40. ....	70
Figura 98. Alineación Horizontal Derecha tramo 26+220.00 al 22+796.40. ....	71
Figura 99. Radio de curvatura tramo 26+220.00 al 22+796.40. ....	71
Figura 100. Ancho de vía (Escantillón) tramo 22+840.00 al 22+697.80. ....	72
Figura 101. Peralte tramo 22+840.00 al 22+697.80. ....	72
Figura 102. Alabeo tramo 22+840.00 al 22+697.80. ....	73
Figura 103. Alineación Horizontal Izquierda tramo 22+840.00 al 22+697.80. ....	73
Figura 104. Alineación Horizontal Derecha tramo 22+840.00 al 22+697.80. ....	74
Figura 105. Radio de curvatura tramo 22+840.00 al 22+697.80. ....	74
Figura 106. Ancho de vía (Escantillón) tramo 22+555.00 al 21+945.70. ....	75
Figura 107. Peralte tramo 22+555.00 al 21+945.70. ....	75
Figura 108. Alabeo tramo 22+555.00 al 21+945.70. ....	76
Figura 109. Alineación Horizontal Izquierda tramo 22+555.00 al 21+945.70. ....	76
Figura 110. Alineación Horizontal Derecha tramo 22+555.00 al 21+945.70. ....	77
Figura 111. Radio de curvatura tramo 22+555.00 al 21+945.70. ....	77
Figura 112. Ancho de vía (Escantillón) tramo 21+941.00 al 21+003.20. ....	78
Figura 113. Peralte tramo 21+941.00 al 21+003.20. ....	78
Figura 114. Alabeo tramo 21+941.00 al 21+003.20. ....	79
Figura 115. Alineación Horizontal Izquierda tramo 21+941.00 al 21+003.20. ....	79

Figura 116. Alineación Horizontal Derecha tramo 21+941.00 al 21+003.20. ....	80
Figura 117. Radio de curvatura tramo 21+941.00 al 21+003.20. ....	80
Figura 118. Ancho de vía (Escantillón) tramo 20+859.463 al 18+931.663. ....	81
Figura 119. Peralte tramo 20+859.463 al 18+931.663. ....	81
Figura 120. Alabeo tramo 20+859.463 al 18+931.663. ....	82
Figura 121. Alineación Horizontal Izquierda tramo 20+859.463 al 18+931.663. ....	82
Figura 122. Alineación Horizontal Derecha tramo 20+859.463 al 18+931.663. ....	83
Figura 123. Radio de curvatura tramo 20+859.463 al 18+931.663. ....	83
Figura 124. Ancho de vía (Escantillón) tramo 18+793.152 al 18+563.95. ....	84
Figura 125. Peralte tramo 18+793.152 al 18+563.95. ....	84
Figura 126. Alabeo tramo 18+793.152 al 18+563.95. ....	85
Figura 127. Alineación Horizontal Izquierda tramo 18+793.152 al 18+563.95. ....	85
Figura 128. Alineación Horizontal Derecha tramo 18+793.152 al 18+563.95. ....	86
Figura 129. Radio de curvatura tramo 18+793.152 al 18+563.95. ....	86
Figura 130. Ancho de vía (Escantillón) tramo 18+420.00 al 17+810.40. ....	87
Figura 131. Peralte tramo 18+420.00 al 17+810.40. ....	87
Figura 132. Alabeo tramo 18+420.00 al 17+810.40. ....	88
Figura 133. Alineación Horizontal Izquierda tramo 18+420.00 al 17+810.40. ....	88
Figura 134. Alineación Horizontal Derecha tramo 18+420.00 al 17+810.40. ....	89
Figura 135. Radio de curvatura tramo 18+420.00 al 17+810.40. ....	89
Figura 136. – Parámetros obtenidos para vía 1. ....	92
Figura 137. - Inicio de Medición en Cadenamiento PK17+815 en Vía 1en Sentido de Atlalilco – Mixcoac. ....	94
Figura 138. Estación Atlalilco se mide la vía 1 en dirección a Mixcoac. ....	95
Figura 139. Medición en Sentido Mixcoac – Atlalilco en ventana de transición. ....	96
Figura 140. Inicio de Trabajo en el Cadenamiento 28+273 en vía 1. ....	97
Figura 141. Medición en Estación Mixcoac – Cola, vía 1. ....	98
Figura 142. Estación Mixcoac, se encuentran aparatos que impiden el libre tránsito del equipo de medición. ....	99
Figura 143. Se presentan Diferencias en los cadenamientos marcados en el trayecto en ambas vías. ....	100
Figura 144. En la cola de la Estación Mixcoac, se tiene un canal entre los rieles. ....	101
Figura 145. En cola de Estación Mixcoac, se presentan residuos en los rieles los cuales se fue pegando en el equipo, se estuvo retirando y limpiando el equipo constantemente, para evitar errores en medición. ....	102
Figura 146. En cola de Estación Mixcoac, se encuentran los rieles con oxido. ....	103
Figura 147. En Cola de Estación Mixcoac, este es el residuo retirado del equipo que se le fue adhiriendo en el trayecto de medición. ....	104
Figura 148. Configurando Equipo Topaz, Inicio de medición en cola de Mixcoac. ....	105
Figura 149. Ventana de Transición en estación Atlalilco vía 1. ....	106
Figura 150. Platica de seguridad en sitio, antes de iniciar trabajos en Estación Atlalilco. ....	107
Figura 151. Estación Ermita, medición en vía 2, dirección Atlalilco. ....	108
Figura 152. Inicio de nuevo trabajo, se calibra el equipo antes, en un tramo recto en estación. ....	109
Figura 153. En el camino se encontraban los trenes estacionados. ....	110
Figura 154. Limpieza de equipo al Iniciar y terminar los trabajos de medición. ....	111

## Tables

Tabla 1. Alineamiento Horizontal del tramo en estudio. ....	9
Tabla 2. Alineamiento Vertical del tramo en estudio. ....	13
Tabla 3. Datos técnicos TOPAZ. ....	16
Tabla 4. Características de medición TOPAZ. ....	16
Tabla 5. Parámetros máximos y mínimos. ....	19

# 1. Limitación de responsabilidad

El presente reporte refleja los resultados de los hallazgos derivados del cotejo realizado a los documentos de diseño como parte de los trabajos de la asesoría técnica sobre el cumplimiento del diseño conforme a normativa para tres campos de la ingeniería del tramo subterráneo (túnel) de la Línea 12 del Metro de la Ciudad de México: proyecto geométrico, terracerías y sistemas de drenajes.

El análisis hecho por AECOM se basó únicamente en los documentos entregados a AECOM por ICA, que son los indicados en el numeral 1 del presente reporte, y no tomaron en cuenta ninguna otra información o evolución in situ del proyecto o de su construcción.

Por lo tanto, ni este documento ni ningún otro integrante de los estudios de la asesoría constituyen un dictamen técnico, ni una certificación, ni una validación de los diseños realizados por ICA para el proyecto, ni tampoco constituyen una validación sobre los métodos de construcción o sobre la ejecución de la construcción. AECOM no asume ninguna responsabilidad por reclamos derivados del diseño o de la construcción, ni ofrece ninguna garantía explícita ni implícita sobre la idoneidad de sus reportes para cualquier uso específico.

El contenido del presente documento constituye una opinión técnica independiente de quien lo elabora, que refleja únicamente los resultados de los hallazgos encontrados durante la revisión de la documentación técnica, y el cotejo con la información disponible.

## 2. Introducción

El tramo en estudio inicia en la transición de solución elevada a cajón subterráneo que corresponde al cadenamiento 17+815.00 para la vía 1 y vía 2 y finaliza en el cadenamiento 29+277.625 para la vía 1 y 29+276.622 para la vía 2 en la cola de maniobras. Dicho tramo comprende alrededor de 11.5 kilómetros por vía y comprende las siguientes estaciones:

- Pueblo Culhuacán (16+981.401)
- Atlalilco (18+802.346)
- Mexicaltzingo (20+873.675)



- Ermita (22+828.378)
- Eje Central (23+873.267)
- Parque de los Venados (25+300.80)
- Zapata (26+060.260)
- 20 de Noviembre (26+615.881)
- Insurgentes Sur (27+380.00)
- Mixcoac (28+292.638)
- Cola de maniobras (29+325.155)

De acuerdo a la memoria de Proyecto de implantación de vía- Trazo y Perfil Línea 12 Tláhuac-Mixcoac. Con fecha de julio del 2011, el tramo al que se hace referencia en el presente estudio cuenta con las siguientes curvas horizontales que constituyen el alineamiento horizontal.

**Tabla 1. Alineamiento Horizontal del tramo en estudio.**

Tramo	Curva	PI	RC	Lcl	V	
Pueblo Culhuacán- Atlalilco	<b>36</b>	18+125.624	2500.000	0.000	80.000	
	<b>36-1</b>	18+125.622	2500.000	0.000	80.000	
	<b>36-2</b>	18+125.686	2500.000	0.000	80.000	
	<b>C1-11</b>	18+238.982	850.000	15.200	80.000	
	<b>C1-12</b>	18+302.889	850.000	15.200	80.000	
	<b>C1-13</b>	18+642.368	850.000	15.200	60.000	
	<b>C1-14</b>	18+706.225	850.000	15.200	55.000	
	<b>C2-11</b>	18+267.240	1000.000	11.000	80.000	
	<b>C2-12</b>	18+325.734	1000.000	11.000	80.000	
	<b>C2-13</b>	18+660.018	800.000	11.000	60.000	
	<b>C2-14</b>	18+714.168	800.000	11.000	55.000	
		<b>37</b>	19+185.601	200.000	53.400	60.000
		<b>37-1</b>	19+187.419	201.800	53.640	50.000
		<b>37-2</b>	19+183.783	197.700	72.050	45.000
<b>39</b>		19+694.902	1000.000	20.000	90.000	

Tramo	Curva	PI	RC	Lcl	V
Atlalilco- Mexicaltzingo	<b>39-1</b>	19+694.838	998.150	39.963	65.000
	<b>39-2</b>	19+694.966	1001.800	20.018	65.000
	<b>40</b>	19+865.962	800.000	16.500	74.250
	<b>40-1</b>	19+861.801	801.800	16.519	60.000
	<b>40-2</b>	19+861.716	798.200	16.481	60.000
	<b>42</b>	20+173.918	1200.000	25.000	90.000
	<b>42-1</b>	20+178.246	1198.200	24.981	75.000
	<b>42-2</b>	20+169.590	1201.800	25.019	70.000
	<b>43</b>	20+661.391	250.000	62.300	70.000
	<b>43-1</b>	20+661.173	251.800	62.524	50.000
	<b>43-2</b>	20+659.481	248.050	68.877	55.000
	<b>44</b>	20+813.812	250.000	40.000	55.000
	<b>44-1</b>	20+814.039	248.200	39.856	40.000
	<b>44-2</b>	20+814.547	251.800	40.144	45.000
	Mexicaltzingo- Ermita	<b>45</b>	21+225.193	2100.000	0.000
<b>45-1</b>		21+219.426	2098.400	0.000	80.000
<b>45-2</b>		21+219.453	2101.600	0.000	65.000
<b>46</b>		21+278.391	2100.000	0.000	80.000
<b>46-1</b>		21+269.981	2101.600	0.000	75.000
<b>46-2</b>		21+269.956	2098.400	100.361	80.000
<b>47</b>		21+871.060	6000.000	0.000	90.000
<b>47-1</b>		21+868.371	5840.467	0.000	80.000
<b>47-2</b>		21+868.382	5844.064	0.000	80.000
<b>48</b>		22+561.171	3000.000	0.000	80.000
<b>48-1</b>		22+556.359	3001.800	0.000	60.000
<b>48-2</b>		22+556.340	2998.200	0.000	70.000
<b>49</b>		22+635.321	3000.000	0.000	90.000
<b>49-1</b>		22+647.625	2998.200	0.000	50.000
<b>49-2</b>		22+647.645	3001.800	0.000	70.000

Tramo	Curva	PI	RC	Lcl	V
Ermita- Eje Central	50	23+115.975	1000.000	35.000	90.000
	50-1	23+114.714	998.200	34.968	60.000
	50-2	23+114.835	1001.800	35.031	60.000
	51	23+494.868	2000.000	0.000	90.000
	51-1	23+490.021	2001.650	0.000	80.000
	51-2	23+489.966	1998.350	0.000	80.000
	52	23+699.835	3000.000	0.000	80.000
	52-1	23+706.601	2998.200	0.000	60.000
	52-2	23+706.615	3001.800	0.000	65.000
	Eje Central- Parque de los Venados.	53	24+259.658	280.000	62.300
53-1		24+258.530	276.500	71.977	60.000
53-2		24+260.900	280.300	62.501	55.000
54		25+190.579	255.000	62.300	70.000
54-1		25+189.541	261.178	62.441	50.000
54-2		25+187.197	257.378	71.257	50.000
Parque de los Venados- Zapata	55	25+671.848	280.000	62.300	70.000
	55-1	25+672.088	281.800	62.500	55.000
	55-2	25+671.140	277.850	78.647	55.000
	56	25+912.954	280.000	54.000	69.420
	56-1	25+912.428	277.900	69.964	50.000
	56-2	25+913.480	281.800	54.173	50.000
Zapata- 20 de Noviembre.	57	26+354.771	8000.000	0.000	90.000
	57-1	26+354.768	7998.200	0.000	60.000
	57-2	26+354.774	8001.800	0.000	55.000
	58	26+557.984	8000.000	0.000	90.000
	58-1	26+557.987	8001.800	0.000	45.000
	58-2	26+557.981	7998.200	0.000	50.000
	59	27+218.966	800.000	20.000	72.000
	59-1	27+219.040	801.800	20.022	65.000

<b>Tramo</b>	<b>Curva</b>	<b>PI</b>	<b>RC</b>	<b>Lcl</b>	<b>V</b>
20 de Noviembre- Insurgentes Sur	<b>59-2</b>	27+218.892	798.200	19.977	70.000
	<b>60</b>	27+330.241	750.000	22.000	72.000
	<b>60-1</b>	27+330.144	748.000	63.821	50.000
	<b>60-2</b>	27+330.338	751.800	22.026	55.000
Insurgentes Sur-Mixcoac	<b>61</b>	27+660.369	4000.000	0.000	90.000
	<b>61-1</b>	27+660.364	3998.200	0.000	60.000
	<b>61-2</b>	27+660.374	4001.800	0.000	55.000
	<b>62</b>	27+736.047	2000.000	0.000	90.000
	<b>62-1</b>	27+729.336	2001.800	0.000	65.000
	<b>62-2</b>	27+742.758	1998.200	0.000	60.000
	<b>63</b>	27+954.828	2000.000	0.000	90.000
	<b>63-1</b>	27+954.790	1998.350	0.000	70.000
	<b>63-2</b>	27+954.866	2001.650	0.000	75.000
	<b>63-A</b>	27+954.828	2000.000	0.000	90.000
	<b>63-A1</b>	28+192.730	3500.000	0.000	70.000
	<b>63-A2</b>	28+192.730	3500.000	0.000	75.000
	<b>63-A</b>	27+954.828	2000.000	0.000	90.000
	<b>63-B1</b>	28+225.000	3500.000	0.000	70.000
	<b>63-B2</b>	28+225.000	3500.000	0.000	75.000
Mixcoac- Cola de maniobras.	<b>64</b>	28+581.084	250.000	46.700	60.043
	<b>64-1</b>	28+583.724	251.800	46.868	83.000
	<b>64-2</b>	28+580.490	248.200	46.532	25.000
	<b>65</b>	29+053.710	225.000	53.000	60.000
	<b>65-1</b>	29+054.773	223.200	52.787	35.000
	<b>65-2</b>	29+053.358	226.800	53.212	83.000
	<b>66</b>	29+224.351	260.000	44.700	59.600
	<b>66-1</b>	29+224.564	261.800	44.854	83.000
	<b>66-2</b>	29+224.138	258.200	44.545	35.000

**Tabla 2. Alineamiento Vertical del tramo en estudio.**

Tramo	PIV	Elevación	S1%	S2%
Pueblo Culhuacán- Atlalilco	17+898.399	2234.550	2.00	-1.13
	17+972.835	2233.710	-1.13	-2.50
	18+070.577	2231.267	-2.50	-2.00
	18+310.413	2226.470	-2.00	0.00
Atlalilco- Mexicaltzingo				
Mexicaltzingo- Ermita	21+099.158	2219.79	0.00	-0.95
	21+661.716	2214.446	-0.95	0.20
	21+742.615	2214.608	0.20	0.56
	21+823.721	2215.062	0.56	0.00
	21+969.711	2215.062	0.00	0.20
	22+421.367	2215.065	0.20	0.00
	22+691.250	2215.965	0.00	0.50
	22+731.250	2216.165	0.50	0.00
Ermita- Eje Central	23+088.750	2216.165	0.00	0.50
	23+128.750	2215.965	0.50	0.00
	23+293.682	2215.965	0.00	1.10
	23+735.773	2220.828	1.10	0.00
Eje Central-Parque de los Venados.	24+043.414	2220.82	0.00	0.65
	24+488.065	2217.938	0.65	0.20
	24+907.924	2218.778	0.20	1.38
	25+288.326	2224.008	1.38	0.00
Parque de los Venados- Zapata	25+585.225	2224.008	0.00	0.60
	25+823.058	2225.435	0.60	0.00
Zapata- 20 de Noviembre.	26+308.271	2225.435	0.00	1.80
	26+549.382	2229.775	1.80	0.00
	26+812.277	2229.841	0.00	1.30
	27+150.000	2234.231	1.30	1.40

Tramo	PIV	Elevación	S1%	S2%
20 de Noviembre- Insurgentes Sur	27+344.756	2236.958	1.40	0.00
Insurgentes Sur- Mixcoac	27+677.461	2236.85	0.00	1.75
	27+846.957	2239.816	1.75	2.00
	28+061.866	2244.114	2.00	2.50
	28+142.502	2246.13	2.50	2.00
	28+202.489	2247.33	2.00	0.00

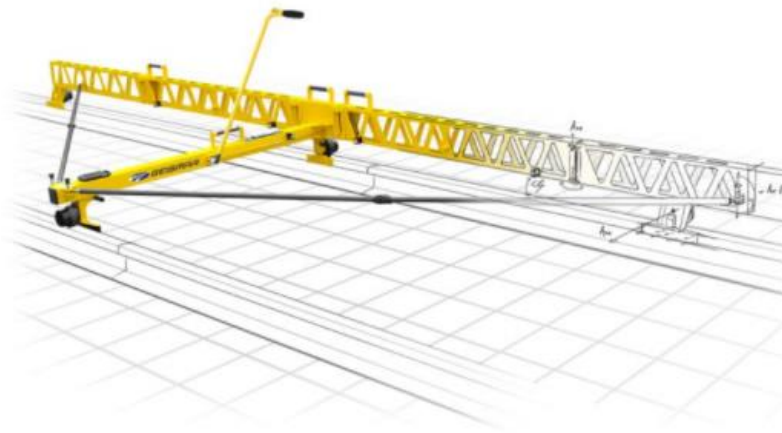
## 3. Metodología

### 2.1. Descripción del Equipo.

**TOPAZ: Track Geometry and Versine Digital Measuring and Recording Trolley/ Carro de Medición de Registro de la Geometría de la Vía y de las Flechas.**

Mediciones: Ancho, Peralte, Alabeo, Alineación horizontal y vertical, distancias.

El Topaz es un carro portable de medición de registro de la geometría de la vía y de las flechas para la medición de ancho, peralte, alabeo, alineación horizontal y vertical, distancias. El instrumento incorpora tecnología digital con una interfaz de operación de pantalla táctil. Tiene una longitud de 5 m de largo.



**Figura 1. TOPAZ. Carro de Medición de Registro de la Geometría de la Vía y de las Flechas.**

### **2.1.1. Descripción y operación.**

El Topaz es autónomo y no necesita unidades externas aparte del dispositivo Android y el cargador de batería. El carro se transporta fácilmente y es armado en sitio.

El TOPAZ tiene 5 m de largo. El sistema incluye una serie de funciones para garantizar la integridad de los datos y está diseñado para operarlo fácilmente. Utilizando con un dispositivo Android, el sistema recopila los datos a una distancia de muestra fija, seleccionable por el usuario.

El dispositivo Android almacena todos los datos recopilados por el sistema. Los datos de alineación se miden en el riel derecho y se estiman para el riel izquierdo a partir de los datos recibidos, lo que permite una inspección de una sola pasada de ambos rieles.

Si el operador mueve el carro hacia atrás, el sistema deja de registrar datos mientras viaja hacia atrás y luego sobrescribe el archivo de datos cuando se mueve hacia adelante nuevamente. El software del usuario se proporciona de serie con 5 idiomas (francés, inglés, alemán, español e italiano), pero se puede agregar fácilmente cualquier idioma.

## 2.1.2. Datos técnicos

**Tabla 3. Datos técnicos TOPAZ.**

<b>Número de mediciones</b>		18 (Dependiendo de la configuración)
<b>Mediciones mostradas</b>		Ancho, peralte, alabeo, alineación horizontal y vertical, distancia
<b>Ancho de vía</b>		1,435 mm
<b>Indicaciones de estado</b>		Nivel de batería y alarma
<b>Punto de contacto</b>		0-14 mm debajo del plano de rodadura del carril
<b>Rango de mediciones</b>		10-6,200 mm
<b>Especificaciones PDA/Smartphone</b>	Modelo	CAT S30
	Sistema Operativo	Android
	Conexión	3 (Bluetooth, WiFi y USB2)
<b>Idiomas</b>		Francés, Inglés, Alemán, Español e Italiano.
<b>Temperatura de operación</b>		-5°C - +45°C
<b>Temperatura de almacenamiento</b>		-10°C - +55°C
<b>Autonomía</b>		>10 horas, NiMH
<b>Dimensiones</b>	Longitud	1,650 mm
	Ancho	520 mm
	Altura	235 mm
<b>Peso</b>		27 kg

## 2.1.3. Características de medición.

**Tabla 4. Características de medición TOPAZ.**

<b>Parámetros</b>	<b>Rango de medición (mm)</b>	<b>Resolución (mm)</b>
<b>Escantillón</b>	-20/+50	± 0.1
<b>Alabeo</b>	450	± 0.1



<b>Flecha izquierda de riel</b>	-33/+33	± 0.1
<b>Flecha derecha de riel</b>	-33/+33	± 0.1
<b>Izquierda superior de riel</b>	-10/+10	± 0.1
<b>Radio de curvatura</b>	100 / 20,000 m	1 m
<b>Distancia</b>	Ilimitada	10

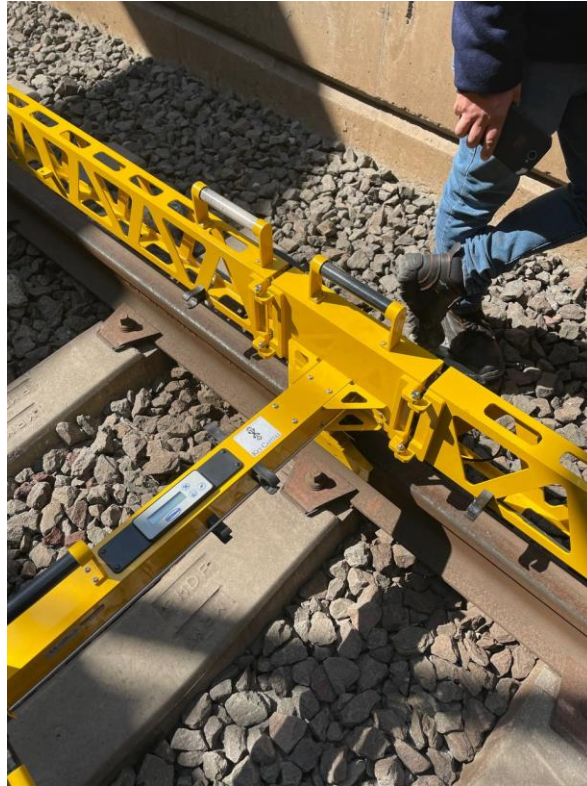
## 2.2. Mediciones

Se obtuvo el escantillón, alabeo, peralte, alineación horizontal y vertical utilizando un TOPAZ: Track Geometry and Versine Digital Measuring and Recording Trolley/ Carro de Medición de Registro de la Geometría de la Vía y de las Flechas cuyas características se especifican en el apartado 2.1. Descripción del equipo del presente documento.

El recorrido inició en el cadenamiento 17+815.00 (Figura 2), en la transición de solución elevada al túnel, y finalizó en la cola de maniobras, situada en la estación Mixcoac, en el cadenamiento 29+325.155. Todo el recorrido fue grabado con una Dash Cam.



Figura 2. Cadenamiento de inicio para las vías 1 y 2.



**Figura 3.** Colocación del TOPAZ en los rieles.

## 2.3. Parámetros máximos y mínimos.

A continuación, se presentan los límites inferiores y superiores para los parámetros medidos.

Tabla 5. Parámetros máximos y mínimos.

Parámetro	Libros Naranja		AREMA		Norma Europea EN 13231-1	
	Construcción		Mantenimiento			
	Límite Inferior	Límite Superior	Límite Inferior	Límite Superior	Límite Inferior	Límite Superior
Escantillón	-1.5 mm	+3.00 mm	-12.5 mm	+31.85 mm	-3 mm	+5mm
Alabeo	0 mm/m	0.50 mm/m	-8 mm	+8mm	-4.5 mm	+4.5 mm
Nivelación Horizontal	-2 mm	+ 2 mm	-12 mm	+12 mm	-5 mm	+5mm
Nivelación Vertical	-3 mm	+3 mm				
Peralte	-3 mm	+3 mm	-6 mm	+6 mm	-4mm	+4mm

Los parámetros medidos se compararon principalmente con la Norma Europea, ya que ésta presenta mayores restricciones.

## 4. Datos.

Los datos obtenidos en campo para la vía 1 se adjuntan en los Anexos enlistados:

- Anexo 1.1. Vía 1 Tramo 17+815 al 22+860
- Anexo 1.2. Vía 1 Tramo 22+800 al 29+320

Los datos obtenidos en campo para la vía 2 se adjuntan en los Anexos enlistados:

- Anexo 2.1. Vía 2

En los anexos se presentan en tablas, los valores para los parámetros en estudio, obtenidos en campo. Los datos presentados en azul están por debajo del límite inferior de la Norma Europea y los marcados en rojo son valores mayores al límite superior de la Norma Europea.

Por otra parte, se obtuvo la evidencia en vídeo del recorrido. Mismo que se anexa en las carpetas: Anexo 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4.

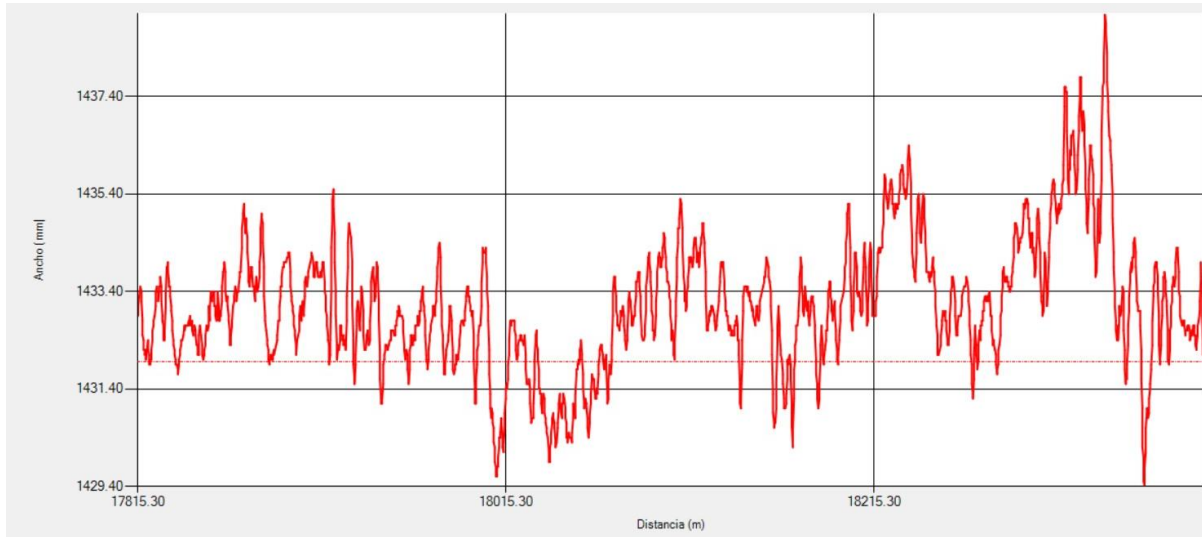
### *Notas:*

- Como se puede observar en la figura 143, existe discrepancia entre cadenamientos que podrían generar una variación de hasta 20 m en los mismos, ya que en campo se utilizaron las marcas con cadenamientos como referencia para realizar la medición.
- Como se puede observar en la figura 145, a lo largo de la vía se encontraron distintos materiales u obstáculos que pudieron puntualmente afectar la medición.

## 5. Comparación de resultados.

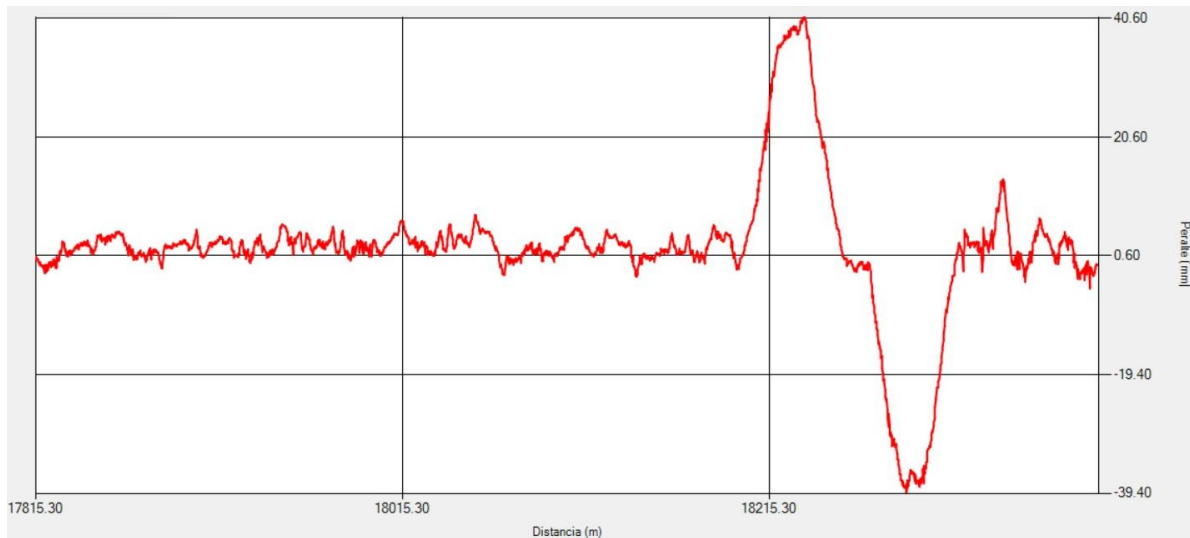
### 4.1. Vía 1

#### 4.1.1 Cadenamiento 17+815.30 al 18+394.60.



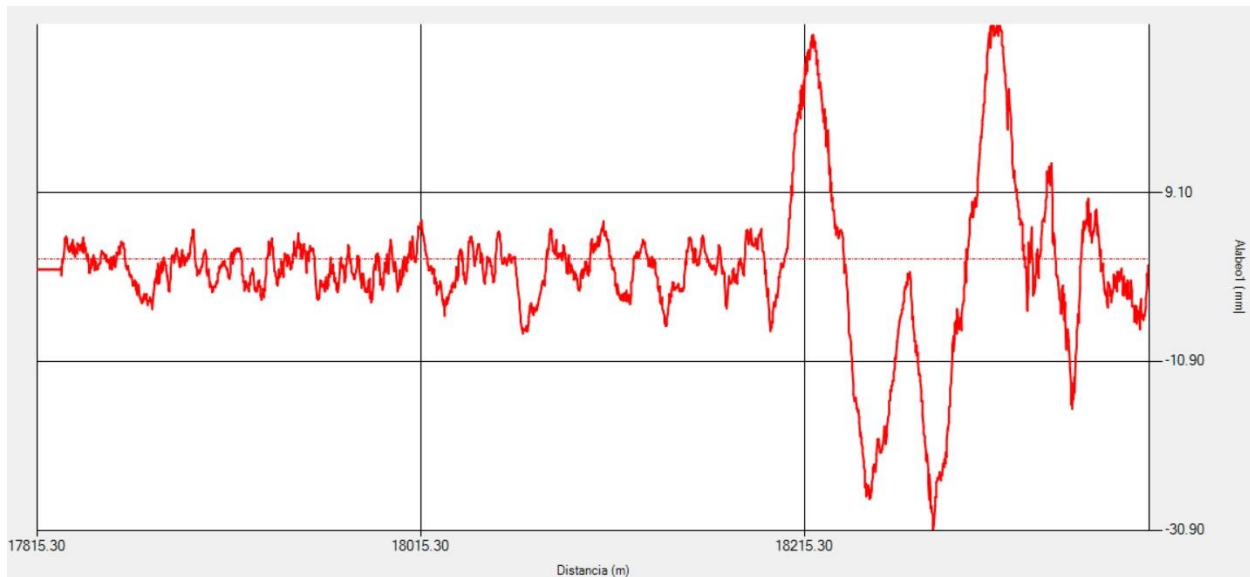
**Figura 4.** Ancho de vía (Escantillón) tramo 17+815.30 al 18+394.60.

El escantillón en la mayor parte de este tramo se encuentra cerrado, es decir, con un ancho menor a 1435 mm; sin embargo, solo se encuentra debajo del límite inferior de la normativa Europea en los cadenamientos 17+819.8 al 17+851, 17+919 al 17+933.5, 17+960.5 al 17+973.1, 17+981.5 al 17+999.5, 18+006.4 al 18+016.6, 18+026 al 18+072.7, 18+160.3 al 18+188.2, 18+360.7 al 18+375.7 (Para más detalle consultar el Anexo 1.1.), teniendo como valor mínimo 1429.40 mm, por lo que se encuentra dentro de los parámetros establecidos en AREMA.



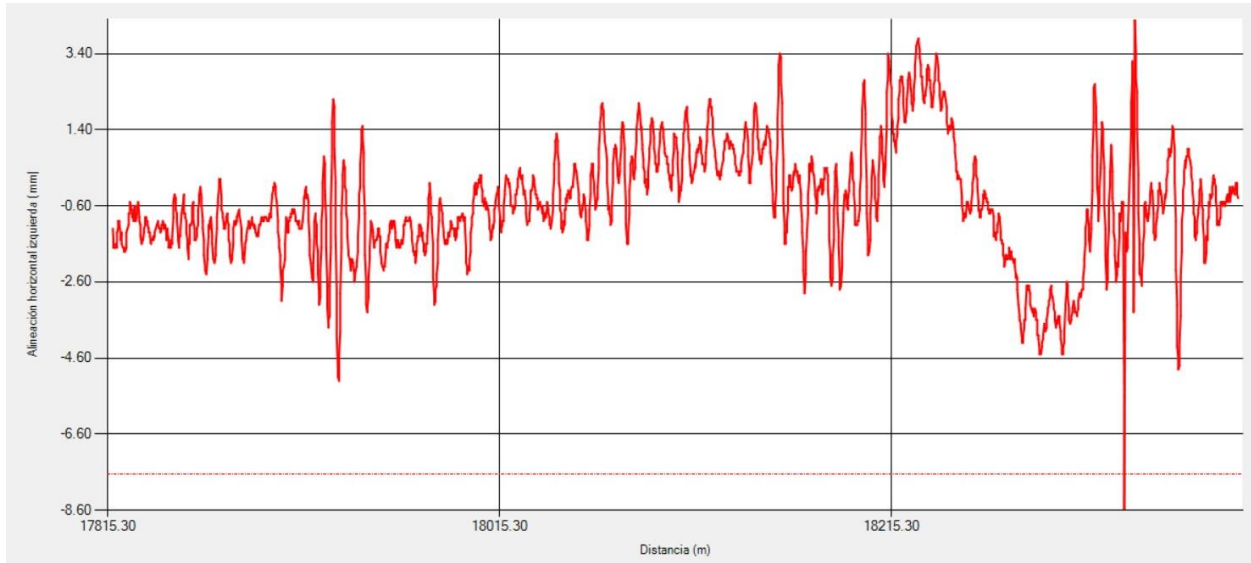
**Figura 5.** Peralte tramo 17+815.30 al 18+394.60.

Se encuentran peraltes mayores a 4mm en tangente; y en las curvas C1-11 y C1-12, alcanza peraltes de 40.6 mm y 39.4 mm, respectivamente, para la curva 36-1, no se tiene un peralte definido.



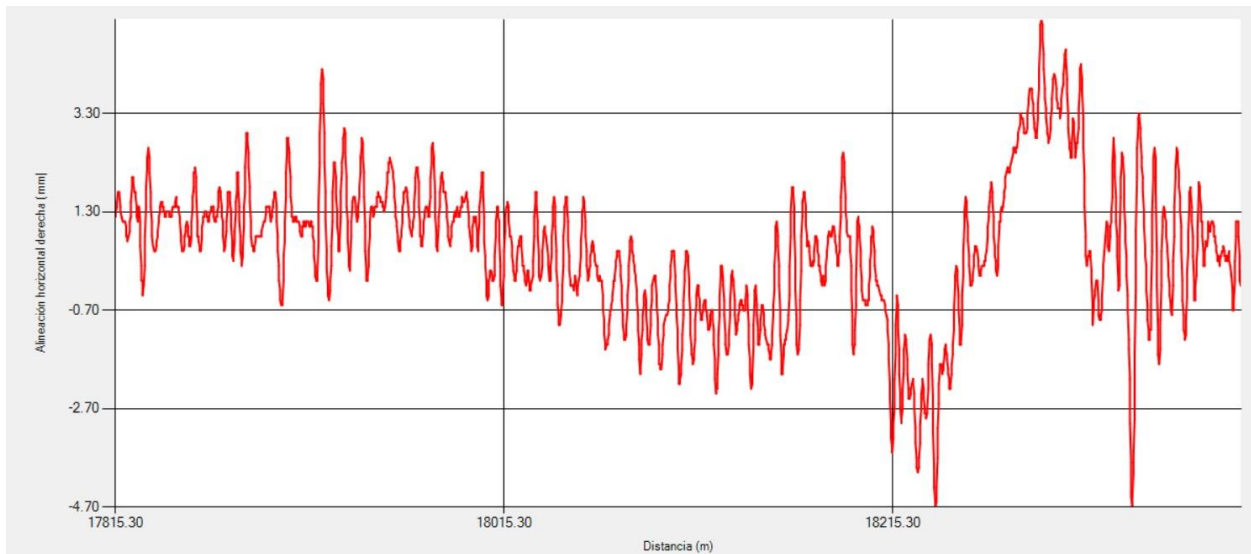
**Figura 6.** Alabeo tramo 17+815.30 al 18+394.60.

El alabeo máximo y mínimo corresponden a las curvas horizontales, sin embargo, se encuentran alabeos que exceden los parámetros en tangente, en los tramos 18+070 al 18+080 y 18+140 al 18+150.

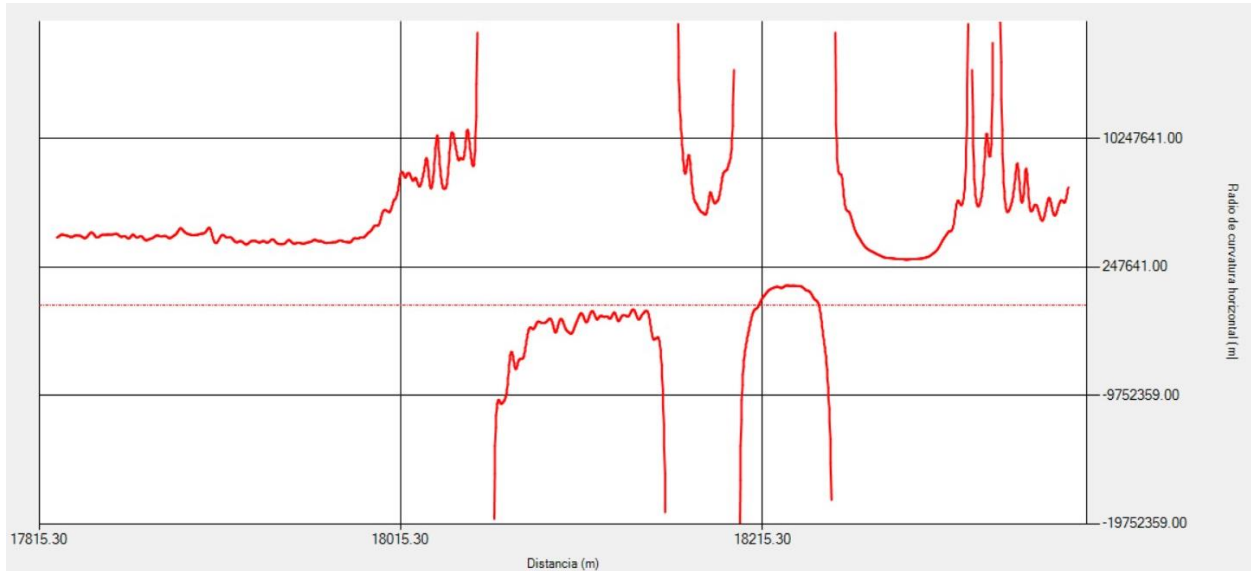


**Figura 7. Alineación horizontal izquierda tramo 17+815.30 al 18+394.60.**

En este tramo se encuentran tres curvas, en los cadenamientos, 18+125.622, 18+238.982 y 18+302.889, estos se pueden apreciar en las figuras 7 y 8.



**Figura 8. Alineación horizontal derecha tramo 17+815.30 al 18+394.60.**

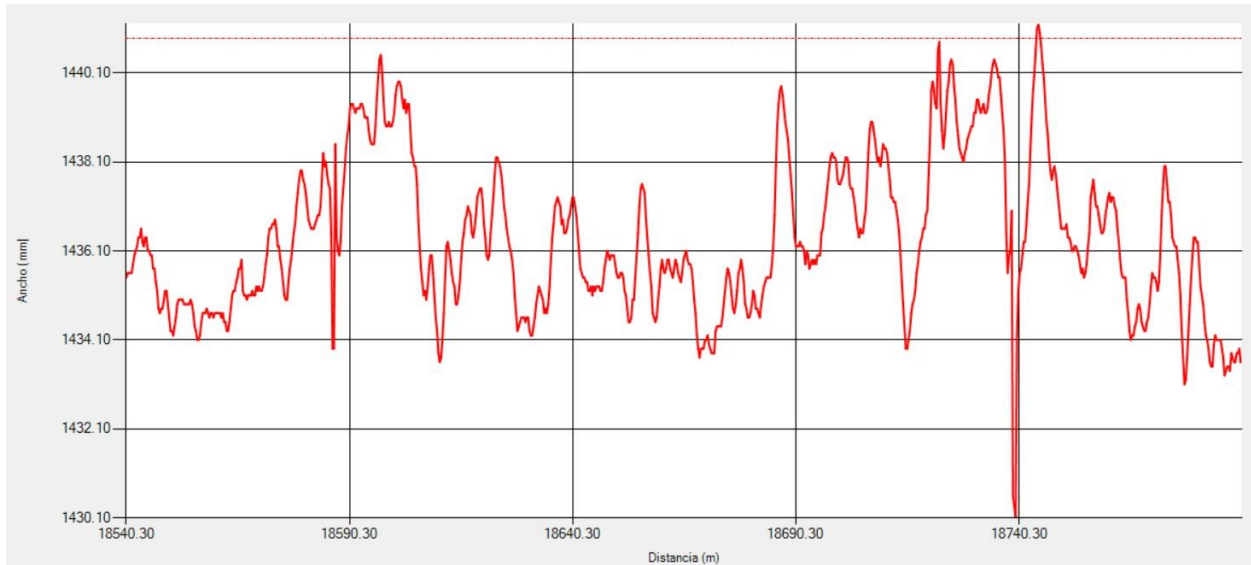


**Figura 9. Radio de curvatura tramo 17+815.30 al 18+394.60.**

Los radios de curvatura aproximados, medidos en campo, para las curvas 36-1, C1-11 y C1-12 son de 3,600m, 1,200m y 850m, respectivamente.

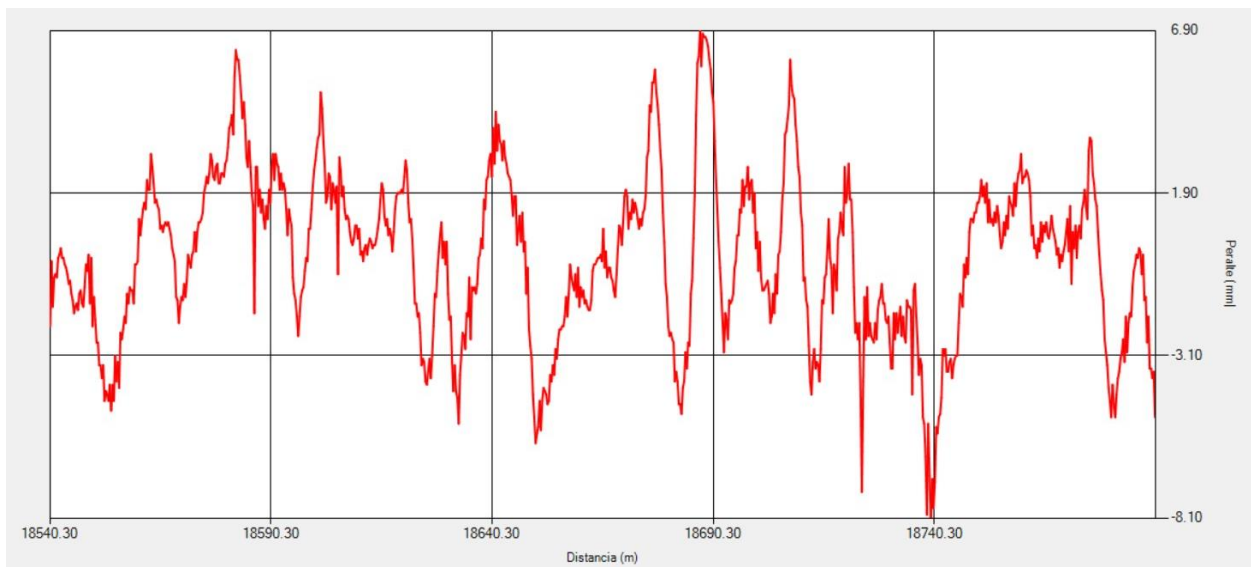


## 4.1.2. Cadenamiento 18+540.00 al 18+790.20.



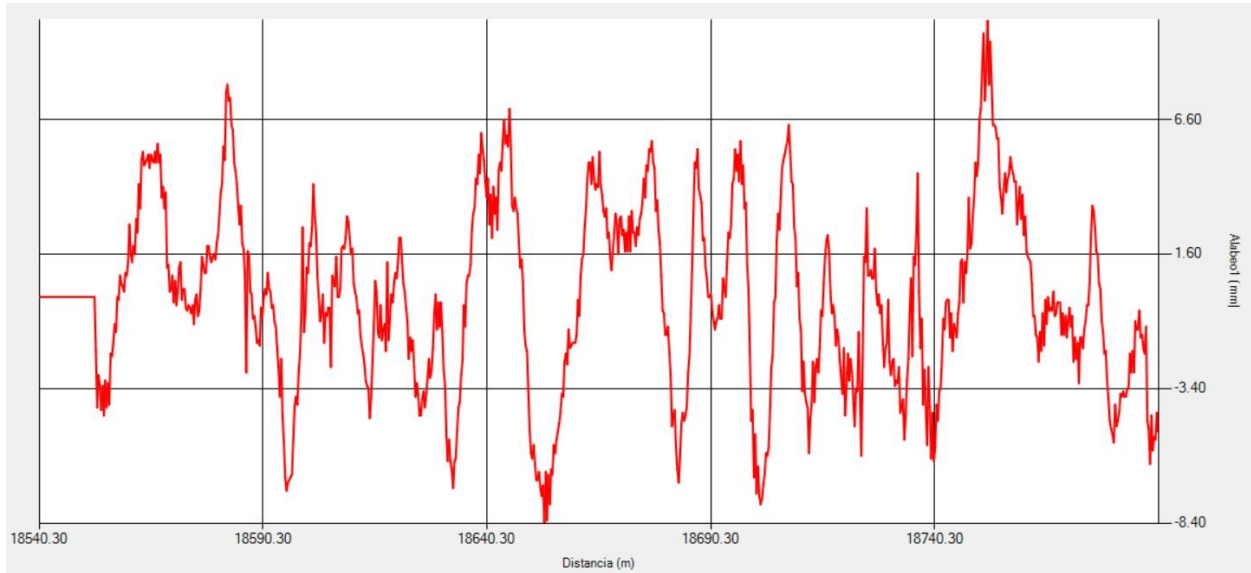
**Figura 10. Ancho de vía (Escantillón) tramo 18+540.00 al 18+790.20.**

El escantillón en la mayor parte de este tramo es mayor a 1435 mm; sin embargo, solo sobrepasa el límite superior para la Norma Europea (1440.00mm) en los cadenamientos 18+596.7 al 18+597.6, y 18+722.1 al 18+735.9 (Para más detalle consultar el Anexo 1.1.) El salto que se observa en el cadenamiento 18+738.9 corresponde al aparato de vía.



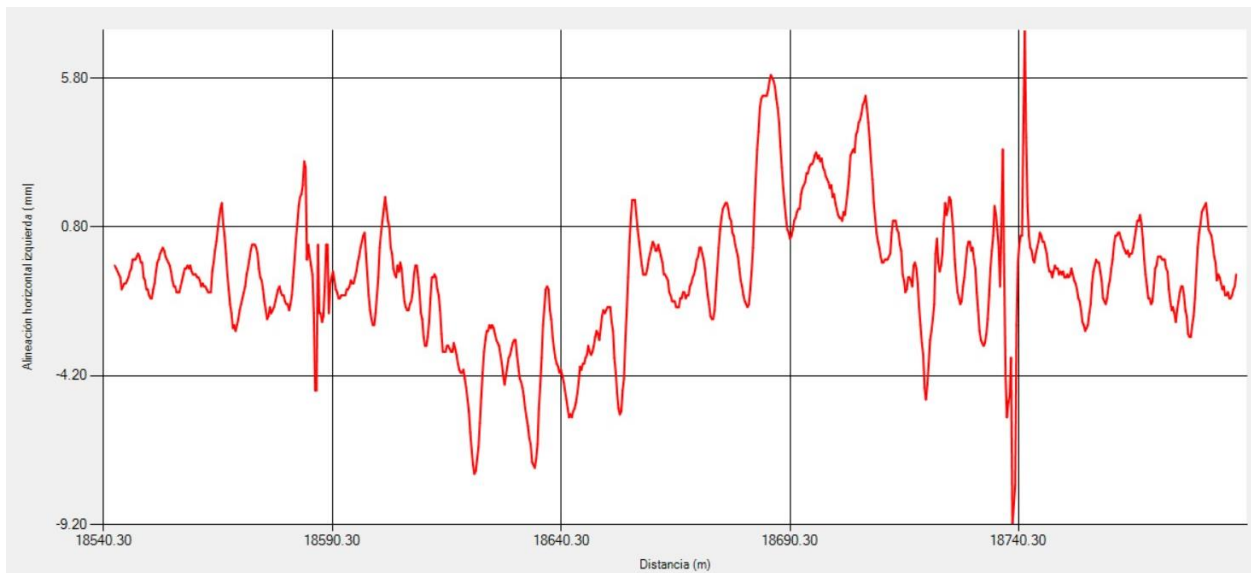
**Figura 11. Peralte tramo 18+540.00 al 18+790.20.**

Se encuentran peraltes que exceden los 4 mm en tangente (Para más detalle consultar el Anexo 1.1.). No se aprecia un peralte definido para las curvas C2-13 y C2-14.



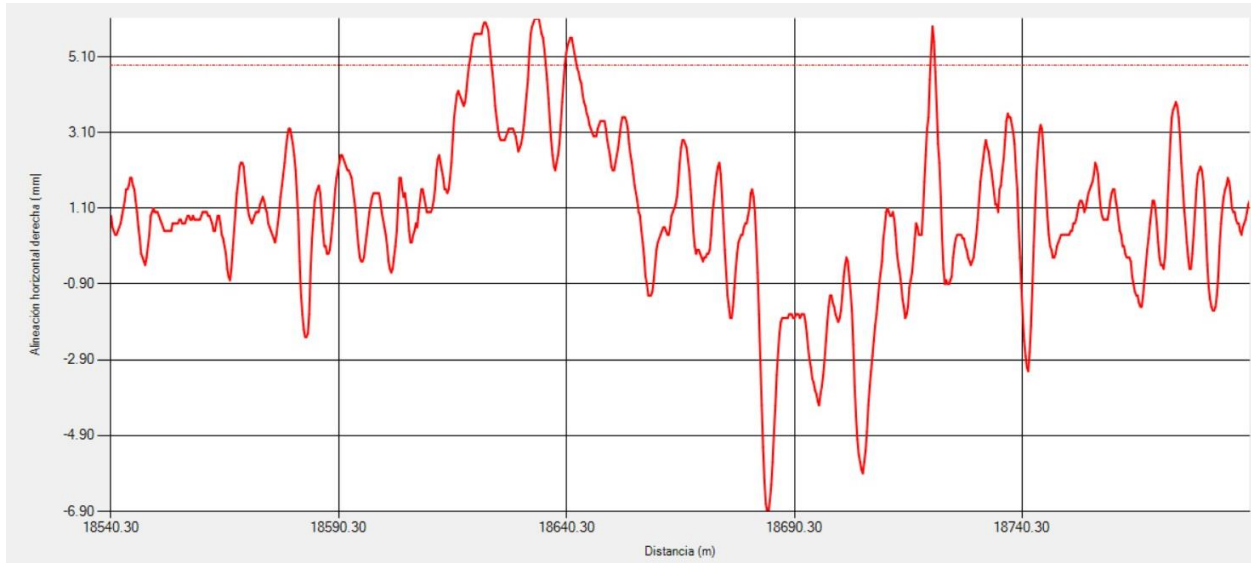
**Figura 12. Alabeo tramo 18+540.00 al 18+790.20.**

Se encuentran alabeos que exceden los límites establecidos por la Norma Europea en tangente.

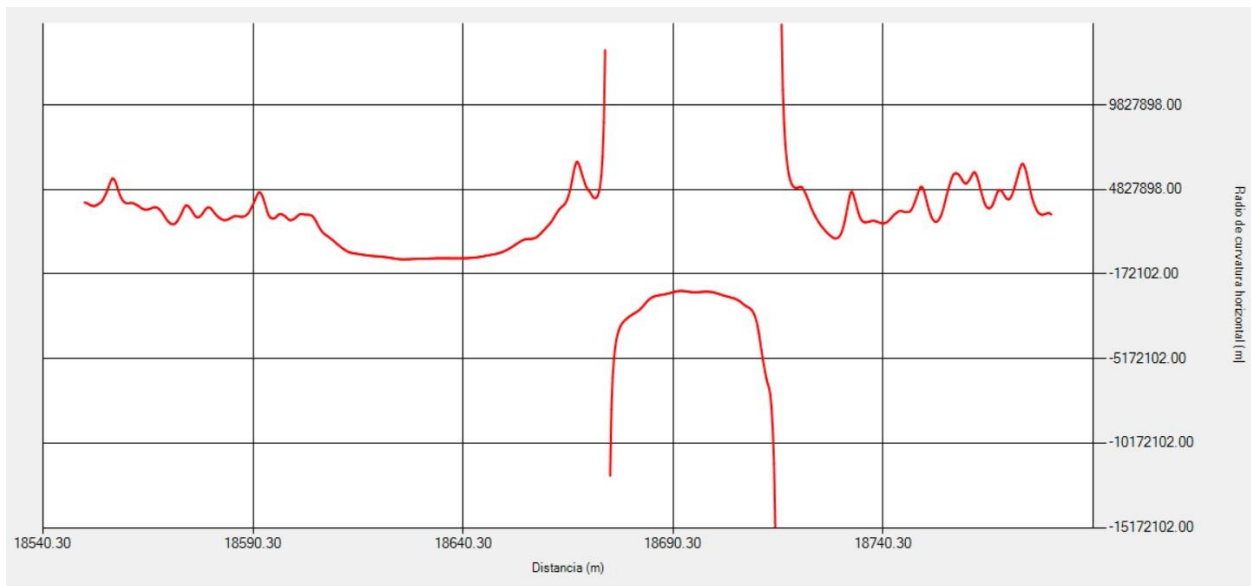


**Figura 13. Alineación horizontal izquierda tramo 18+540.00 al 18+790.20.**

En este tramo se encuentran dos curvas, en los cadenamientos, 18+640.00 y 18+710.00, correspondientes a las curvas C2-13, C2-14; éstas se aprecian en las figuras 13 y 14.



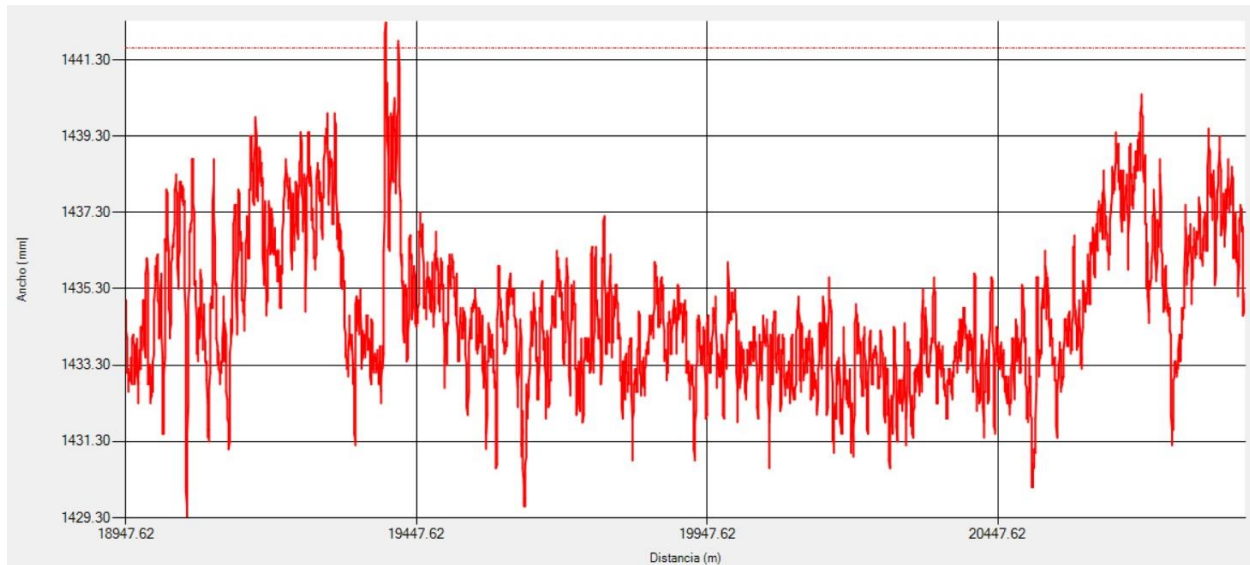
**Figura 14. Alineación horizontal derecha tramo 18+540.00 al 18+790.20.**



**Figura 15. Radio de curvatura tramo 18+540.00 al 18+790.20.**

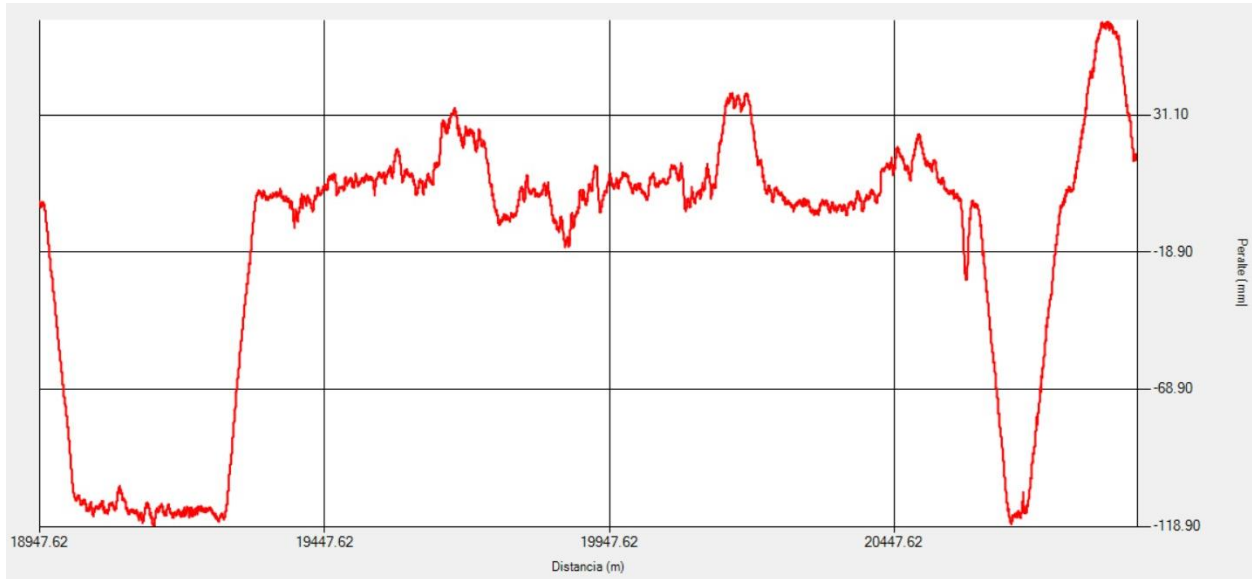
Los radios de curvatura aproximados, medidos en campo, para las curvas, C2-13 y C2-14 son de 800m.

### 4.1.3. Cadenamiento 18+947.317 al 20+873.617



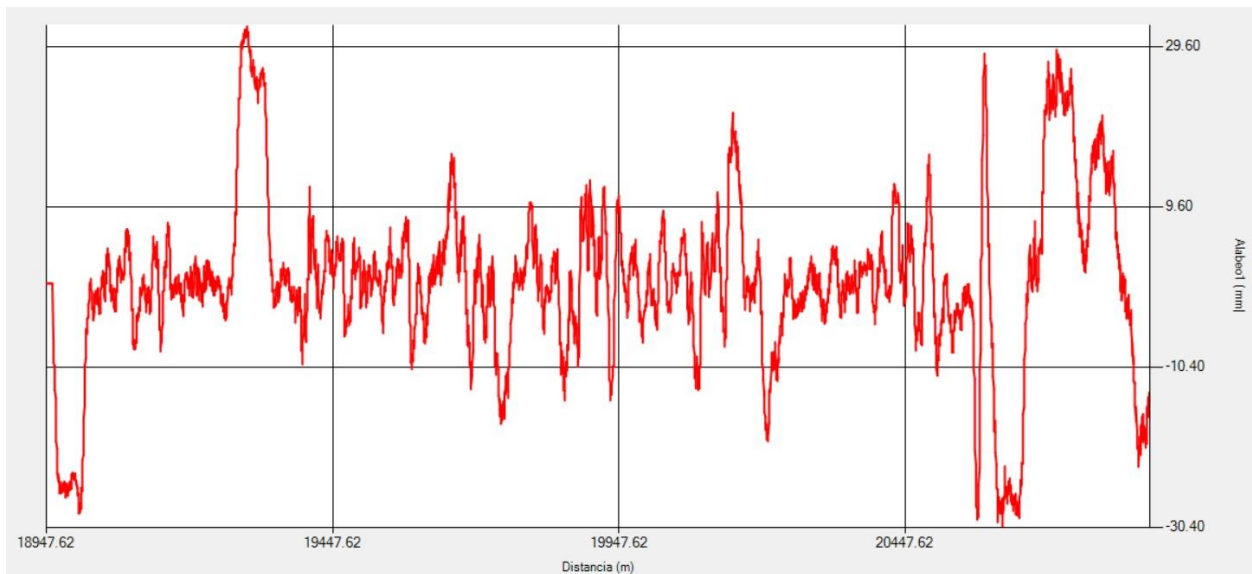
**Figura 16. Ancho de vía (Escantillón) tramo 18+947.317 al 20+873.617.**

El rango de valores para el escantillón en este tramo es de 1429.30 a 1441.30. El escantillón se encuentra debajo del límite inferior para la Norma Europea (1432.00mm) principalmente en los cadenamientos 19+052.617 al 19+053.517, y 19+632.517 al 19635.217, sin embargo, cumple con las restricciones establecidas en AREMA (Para más detalle consultar el Anexo 1.1.) El salto que se observa en el cadenamiento 19+398.22 corresponde al aparato de vía.



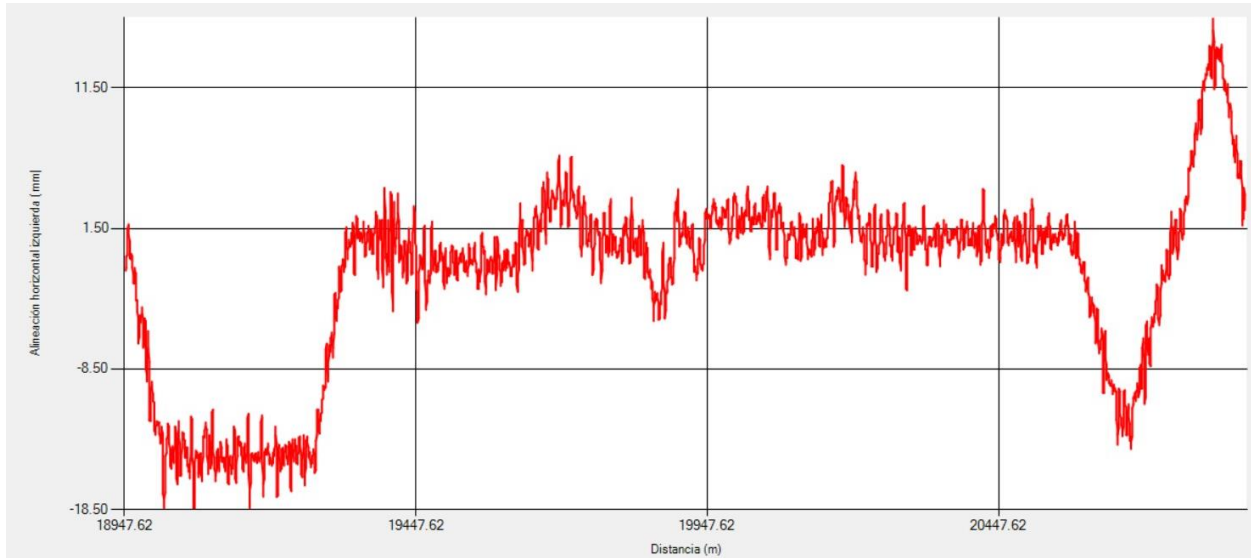
**Figura 17. Peralte tramo 18+947.317 al 20+873.617.**

Los peraltes máximos corresponden a las curvas 37-1, 39-1, 40-1, 42-1, 43-1 y 44-1, se tienen peraltes promedio de -114 mm, 27.3 mm, 13.9 mm, 38.4 mm, -113 mm y 63.6 mm, respectivamente; sin embargo, si se presentan peraltes en tangente que sobrepasan los 4mm.



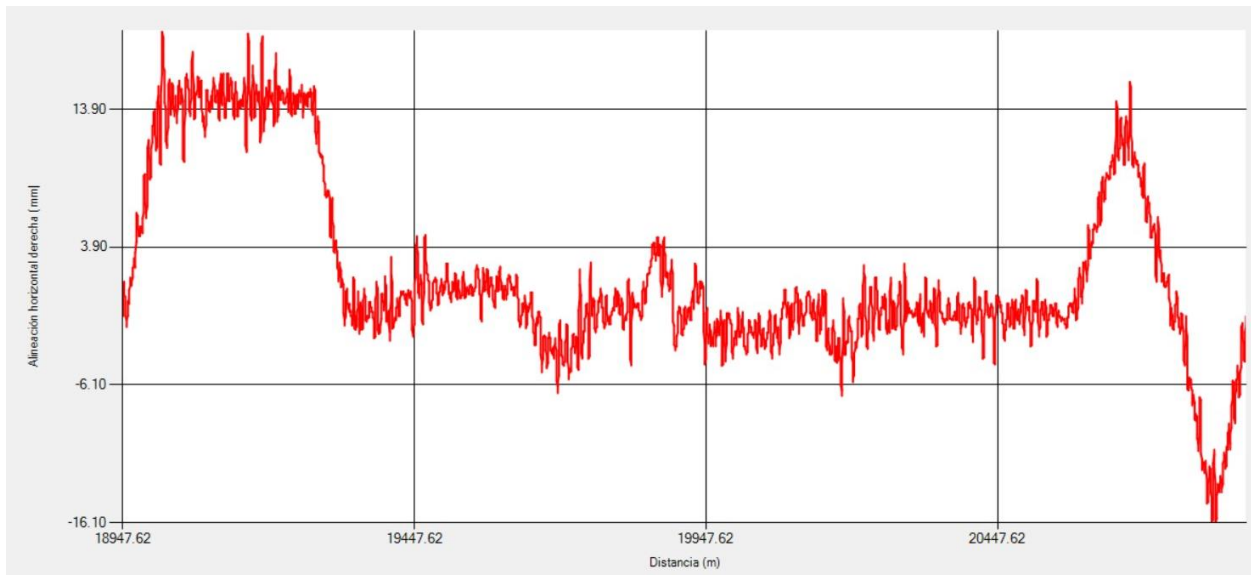
**Figura 18. Alabeo tramo 18+947.317 al 20+873.617.**

El alabeo máximo y mínimo corresponden al inicio y fin de las curvas horizontales y transiciones, sin embargo, se encuentran alabeos que exceden los parámetros en tangente. (Para más detalle consultar el Anexo 1.1.)

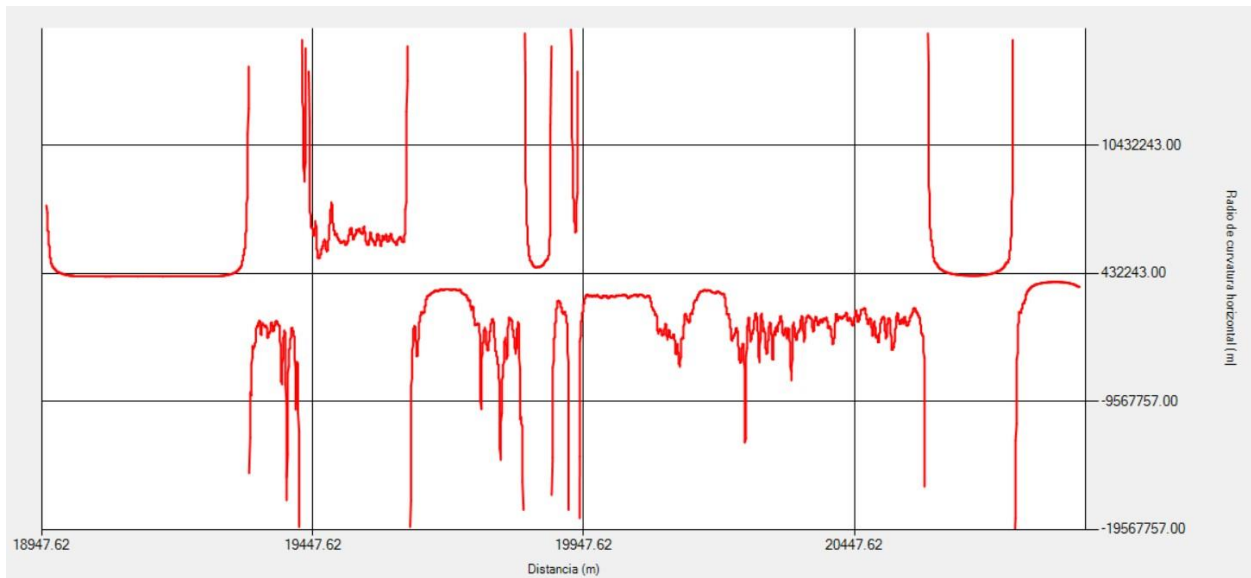


**Figura 19. Alineación horizontal izquierda tramo 18+947.317 al 20+873.617.**

En este tramo se encuentran seis curvas, en los cadenamientos, 19+187.419, 19+694.838, 19+861.801, 20+178.246, 20+661.173 y 20+814.039, correspondientes a las curvas 37-1, 39-1, 40-1, 42-1, 43-1 y 44-1; éstas se aprecian en las figuras 19 y 20.



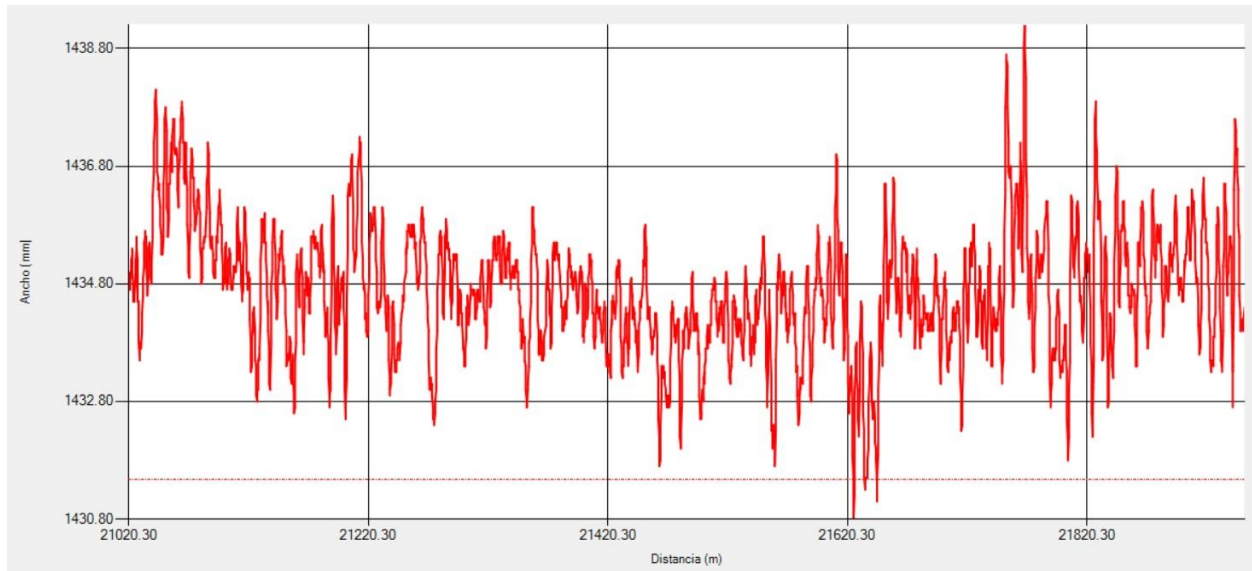
**Figura 20. Alineación horizontal derecha tramo 18+947.317 al 20+873.617.**



**Figura 21. Radio de curvatura tramo 18+947.317 al 20+873.617.**

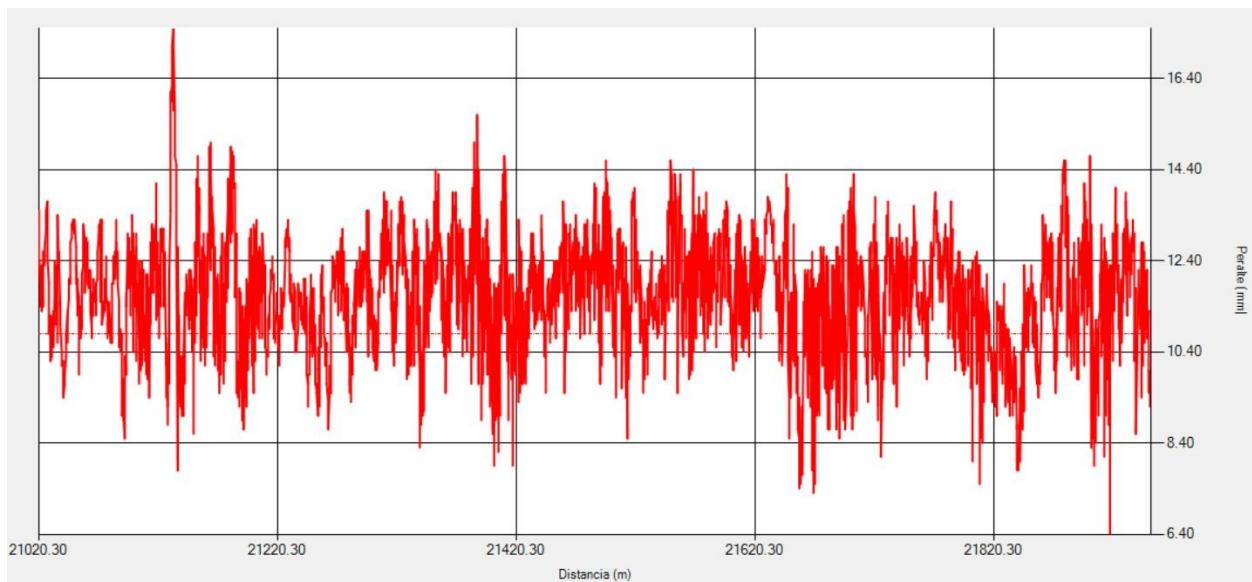
Los radios de curvatura aproximados, medidos en campo, para las curvas, 37-1, 39-1, 40-1, 42-1, 43-1 y 44-1 son de 210.77 m, 850.97 m, 957.36 m, 916.70 m, 260.51 m y 250.21 m, respectivamente.

## 4.1.4. Cadenamiento 21+020.00 al 21+951.80



**Figura 22. Ancho de vía (Escantillón) tramo 21+020.00 al 21+951.80.**

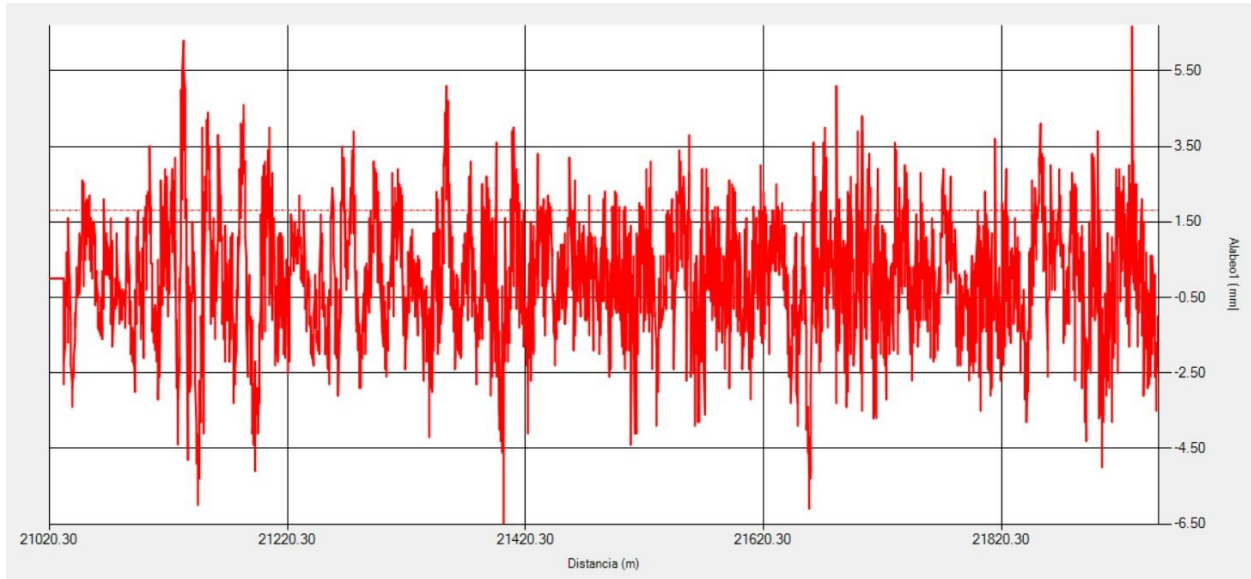
El escantillón se encuentra debajo del límite inferior para la Norma Europea (1432.00mm) en cadenamientos aislados, sin embargo, cumple con las restricciones establecidas en AREMA (Para más detalle consultar el Anexo 1.1.). El menor ancho de vía registrado se encontró en el cadenamiento 21+625 y es de 1430.80 mm.



**Figura 23. Peralte tramo 21+020.00 al 21+951.80.**

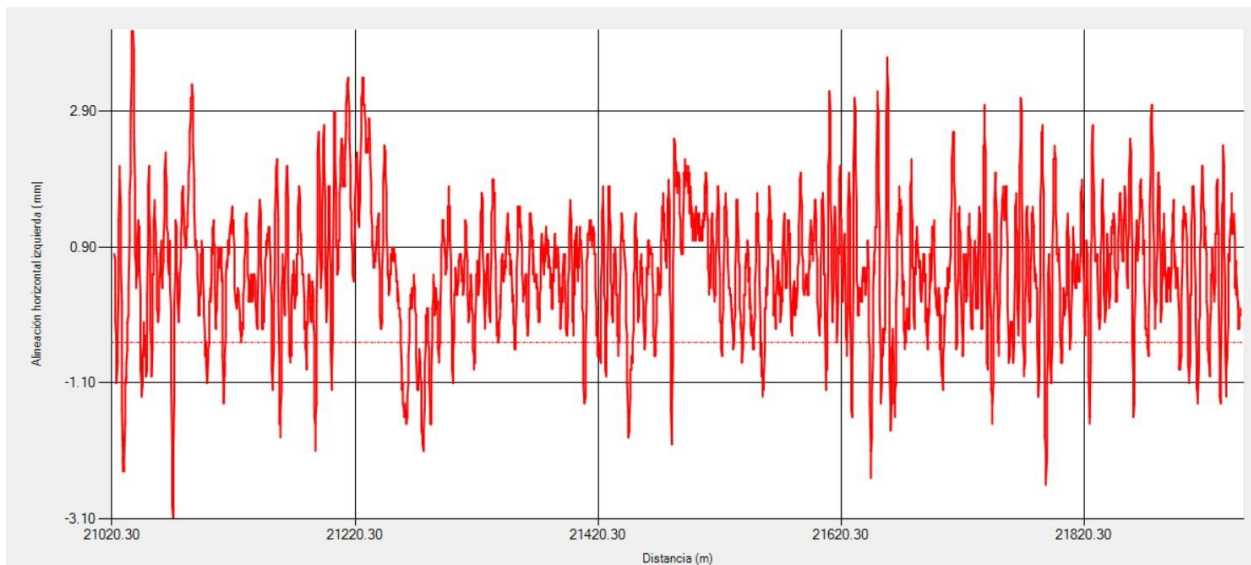
Para este tramo se encontraron peraltes en tangente que rebasan el valor absoluto establecido por la Norma Europea (4mm).





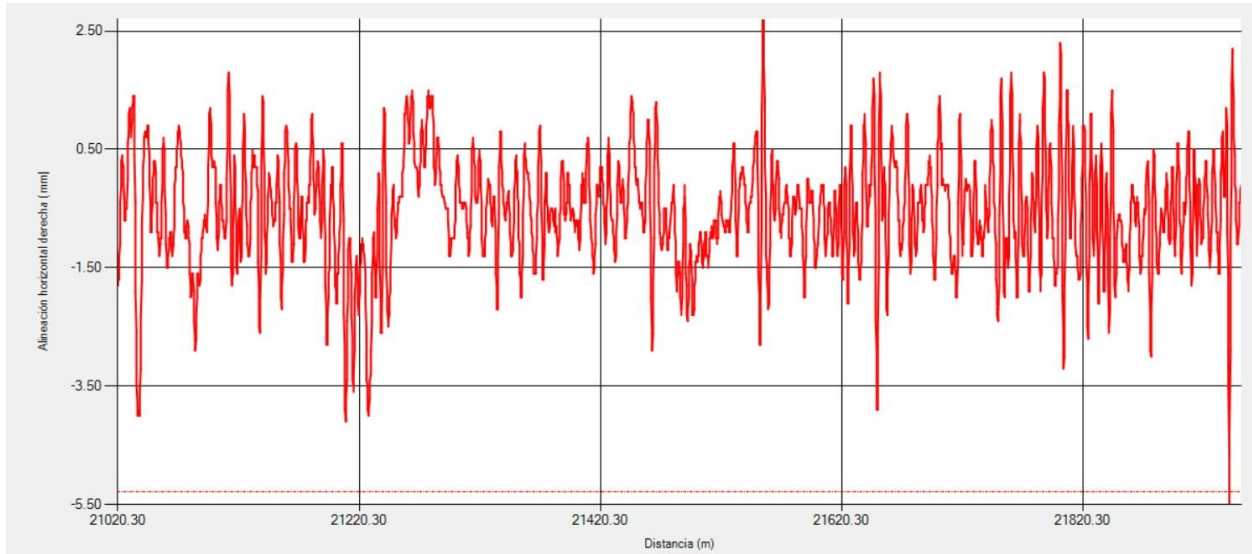
**Figura 24. Alabeo tramo 21+020.00 al 21+951.80.**

Los alabeos registrados para este tramo se encuentran, de manera general, en el rango establecido por la Norma Europea, sin embargo, se encontraron valores mayores a 4.5mm en los cadenamientos 21+131.6 al 21+134.3, 21+136.7 al 21+146.9, 21+193.70, 21+402.2, 21+658.1 al 21+660.5, 21+930.8.

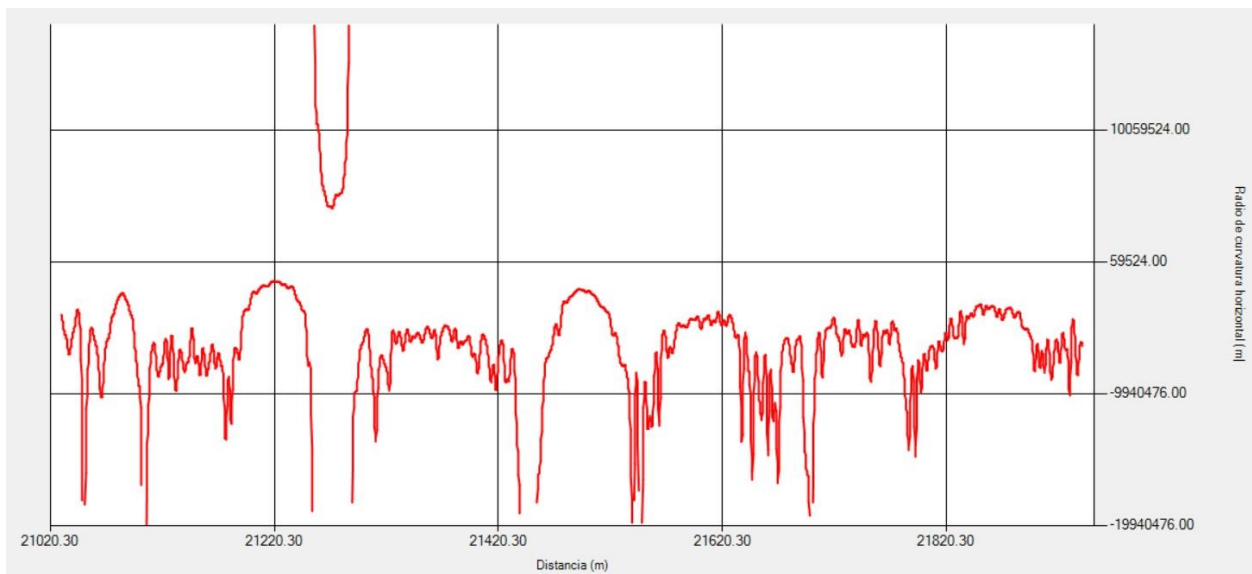


**Figura 25. Alineación horizontal izquierda tramo 21+020.00 al 21+951.80.**

Para este tramo, se registraron cuatro curvas, correspondientes a los cadenamientos aproximados 21+219.426, 21+269.981, 21+500 y 21+868.371, denominadas 45-1, 46-1, 46.1-1 y 47-1, respectivamente. Estas se aprecian en las figuras 25 y 26.



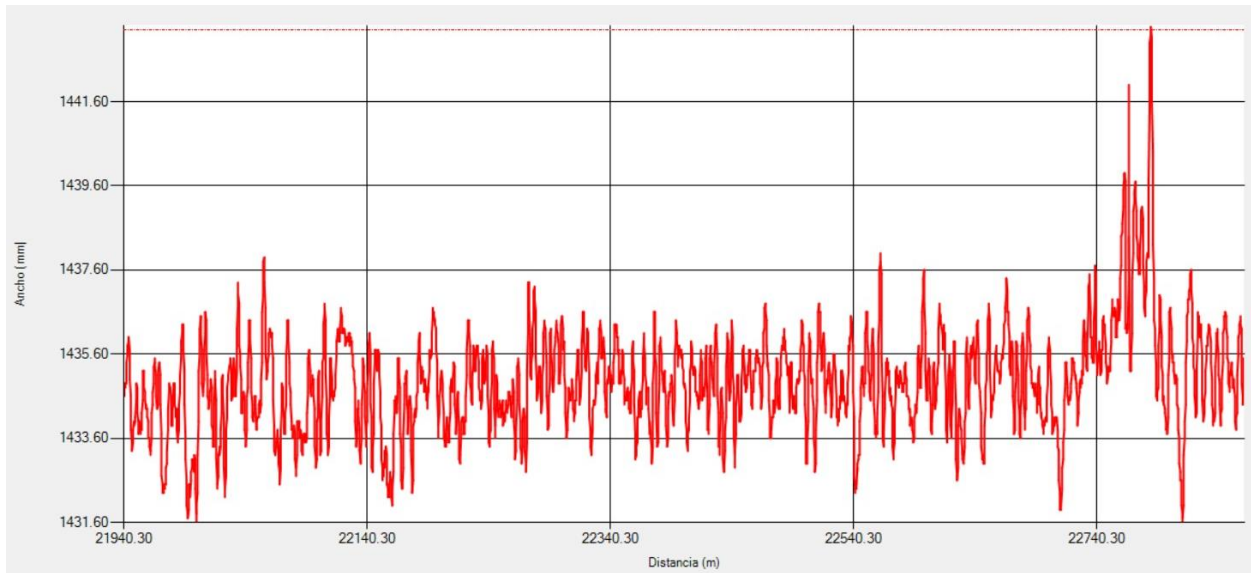
**Figura 26. Alineación horizontal derecha tramo 21+020.00 al 21+951.80.**



**Figura 27. Radio de curvatura tramo 21+020.00 al 21+951.80.**

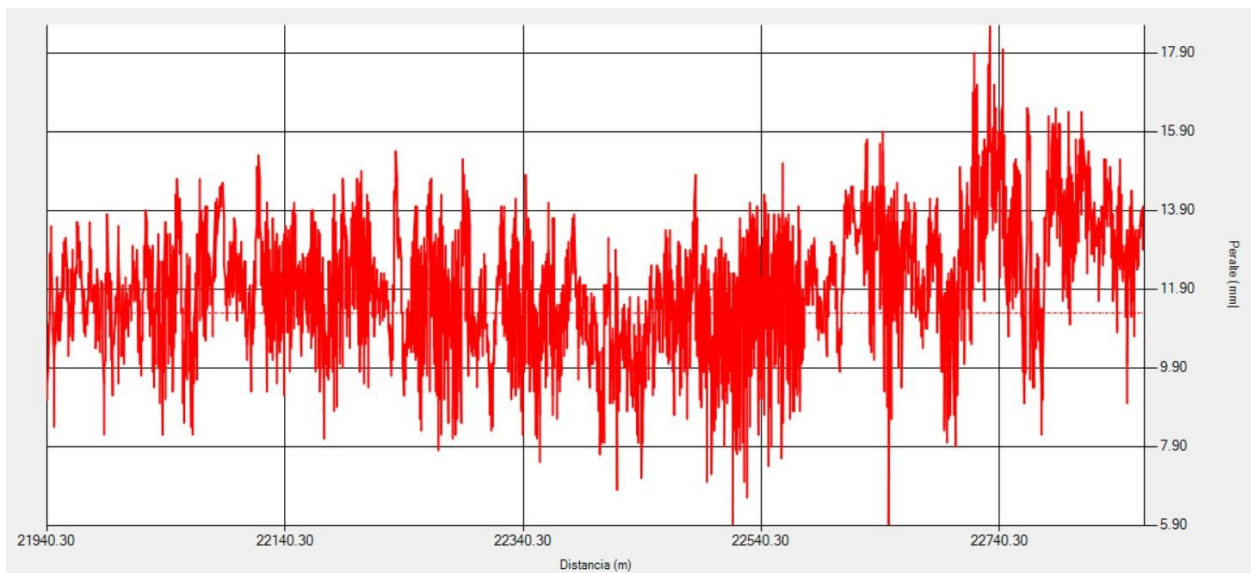
Los radios de curvatura aproximados, medidos en campo, para las curvas, 45-1, 46-1, 46.1-1 y 47-1 son de 1,590 m, 4,380. m, 2,140 m y 3,580 m, respectivamente.

## 4.1.5. Cadenamiento 21+940.00 al 22+861.60



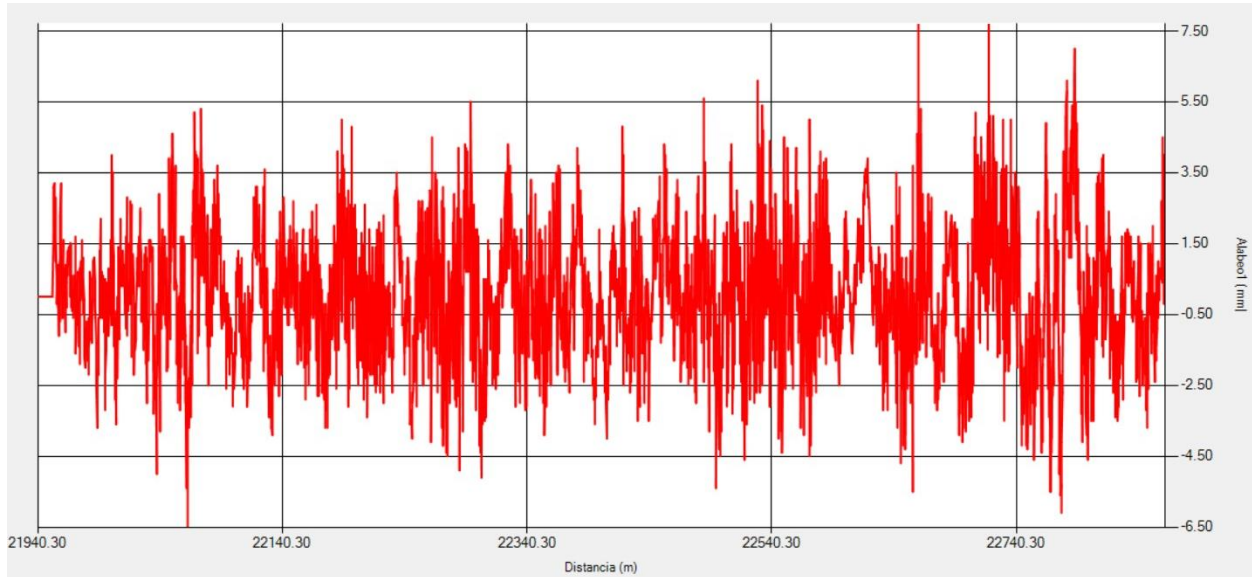
**Figura 28. Ancho de vía (Escantillón) tramo 21+940.00 al 22+861.60.**

Para este tramo, el escantillón cumple, en lo general, con los parámetros establecidos en la Norma Europea (Para más detalle consultar el Anexo 1.1.). El menor ancho de vía registrado se encontró en el cadenamiento 22+000 y 22+810.9; y es de 1431.60 mm. El salto observado en el cadenamiento 22+785.10 corresponde a un aparato de vía.



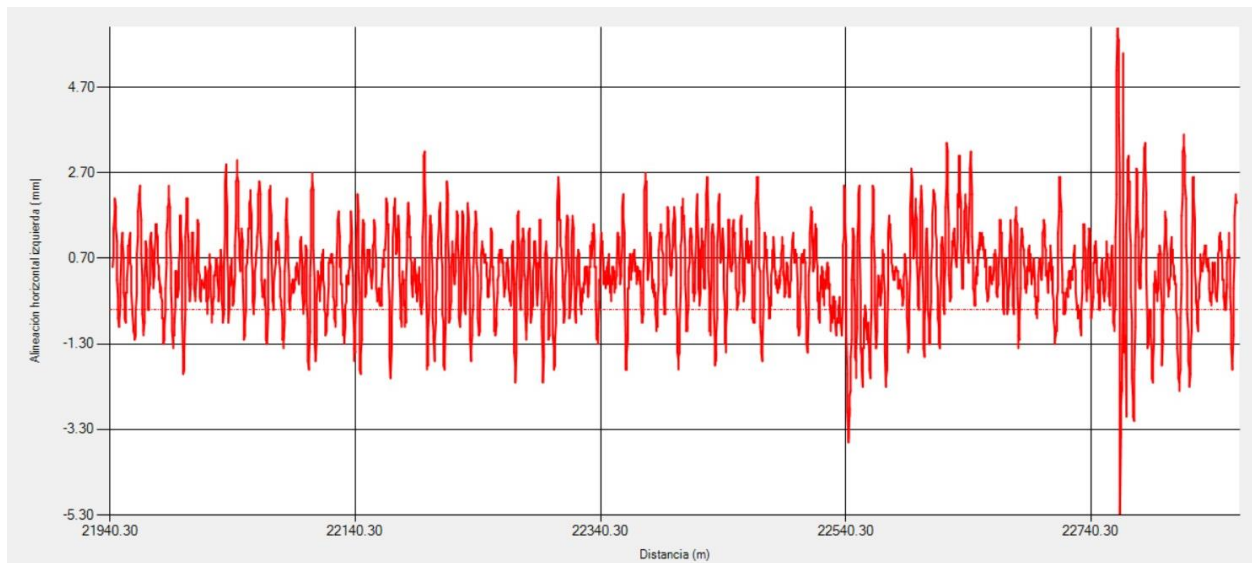
**Figura 29. Peralte tramo 21+940.00 al 22+861.60.**

Para este tramo se observan peraltes en tangente que exceden la Normativa Europea (4mm).



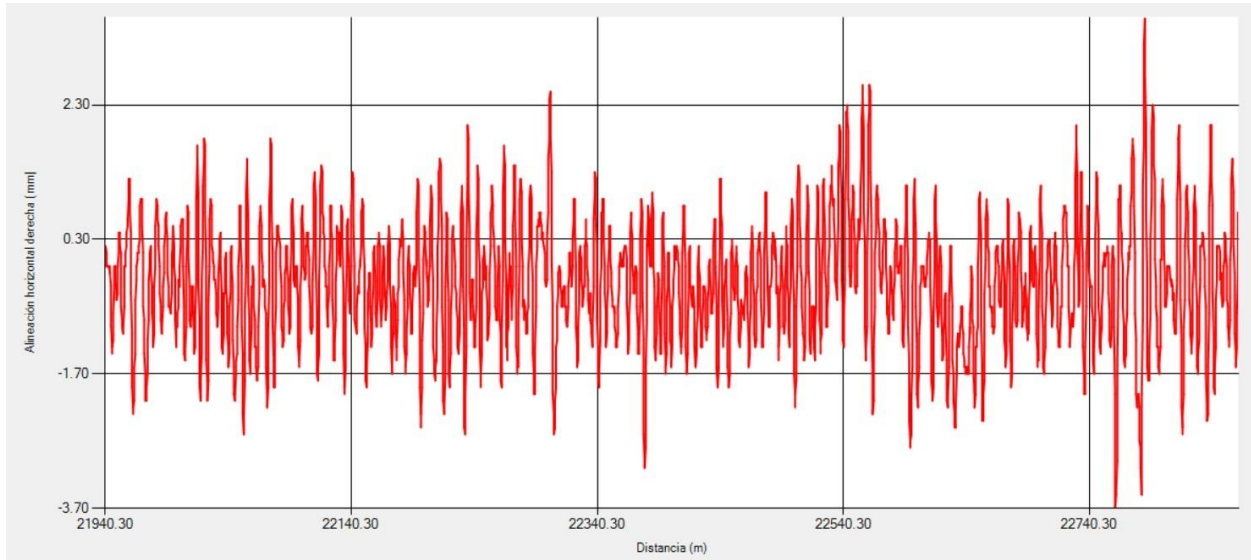
**Figura 30. Alabeo tramo 21+940.00 al 22+861.60.**

Los valores de alabeo para este tramo, por lo general, se encuentran dentro del rango -4.5 mm a 4.5 mm

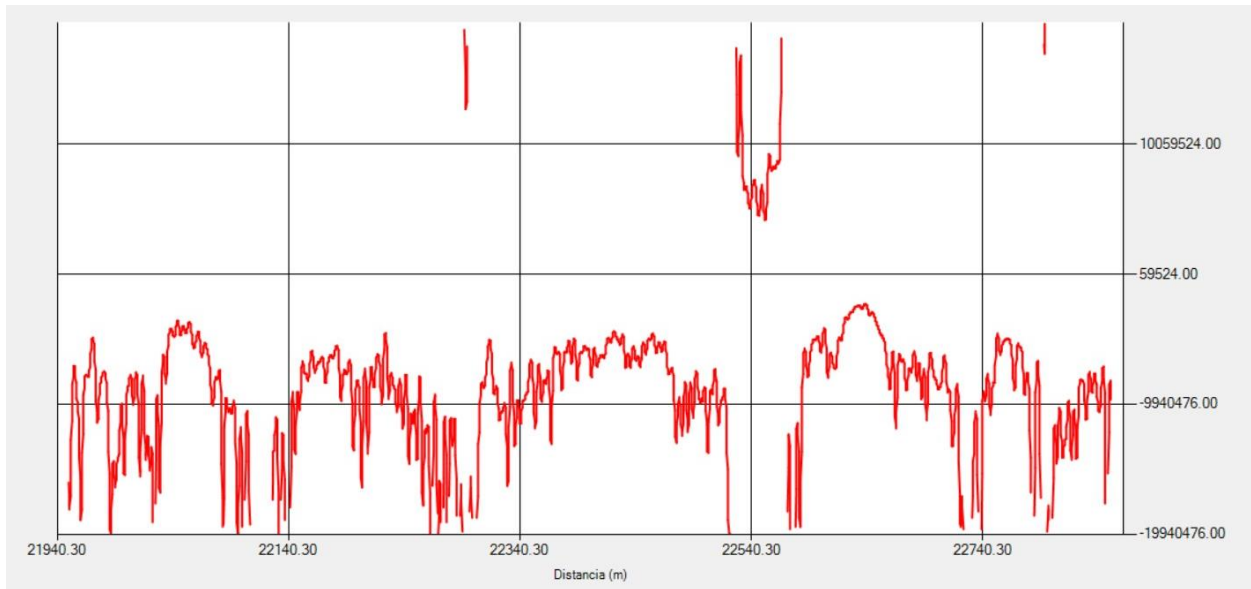


**Figura 31. Alineación Horizontal Izquierda tramo 21+940.00 al 22+861.60.**

Para este tramo se identificaron dos curvas, 48-1 y 49-1, mismas que se aprecian en las figuras 31, 32 y 33.

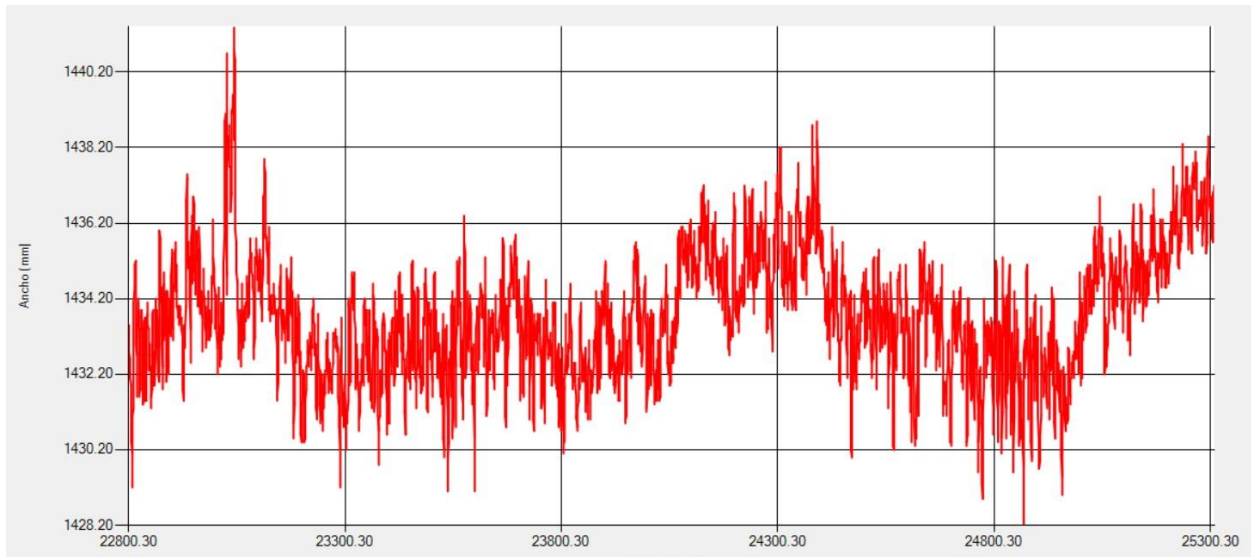


**Figura 32. Alineación Horizontal Derecha tramo 21+940.00 al 22+861.60.**



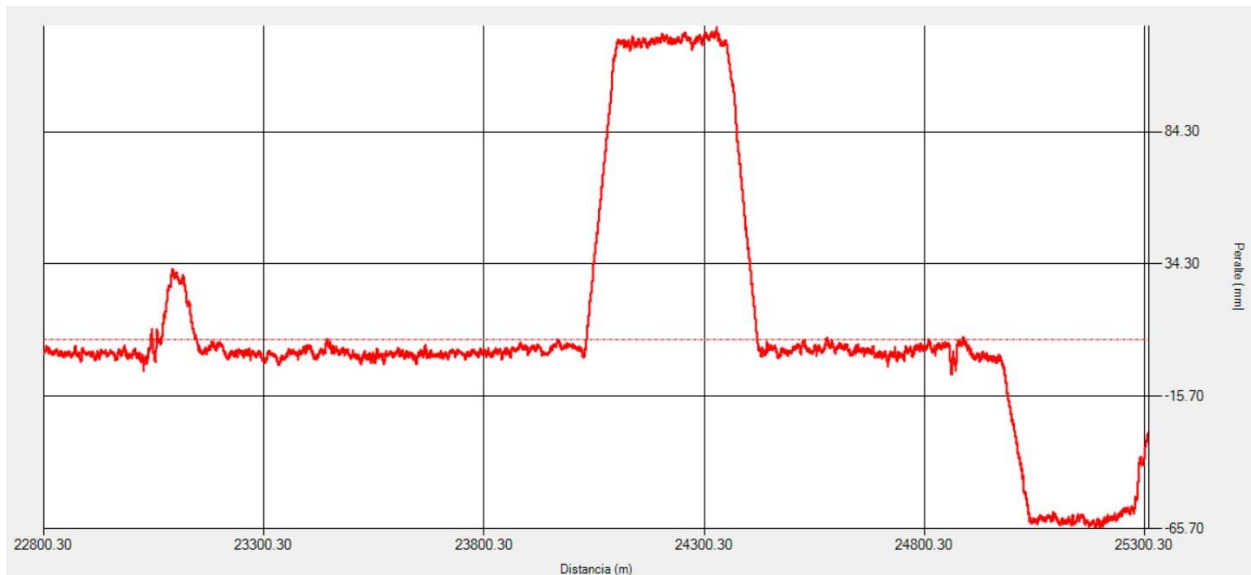
**Figura 33. Radio de curvatura tramo 21+940.00 al 22+861.60.**

## 4.1.6. Cadenamiento 22+800.00 al 25+308.90



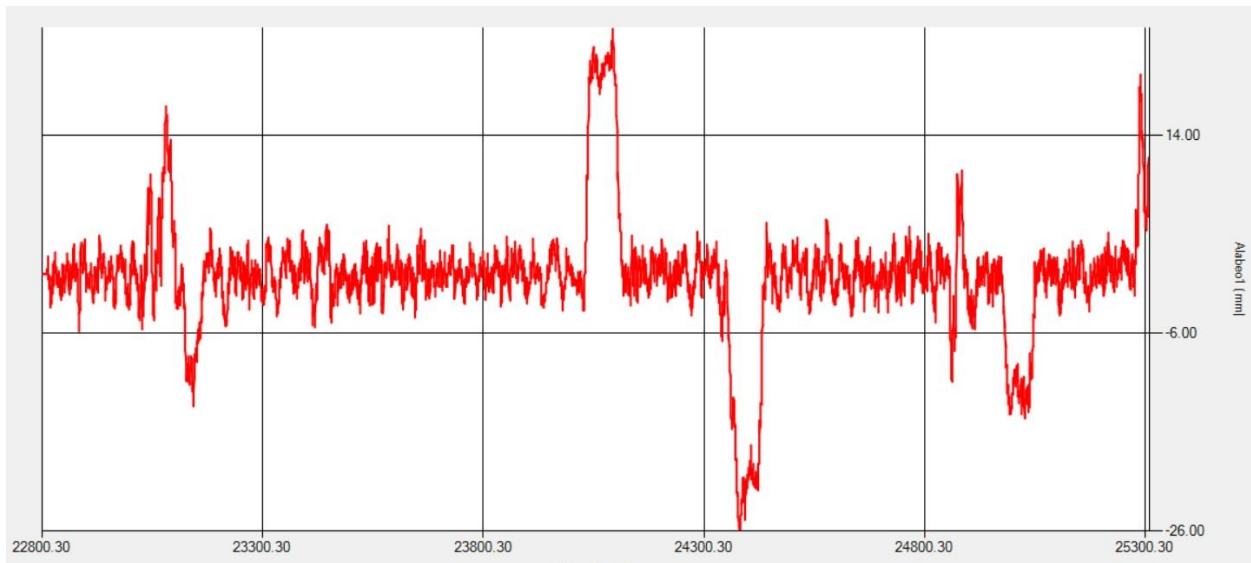
**Figura 34. Ancho de vía (Escantillón) tramo 22+800.00 al 25+308.90.**

El escantillón en la mayor parte de este tramo se encuentra cerrado, es decir, con un ancho menor a 1435 mm; (Para más detalle consultar el Anexo 1.1.), teniendo como valor mínimo 1428.20 mm en el cadenamiento 24+869.4 y como valor máximo 1441.4 en el cadenamiento 23+045.3, éste último corresponde a un aparato de vía, por lo que se encuentra dentro de los parámetros establecidos en AREMA.



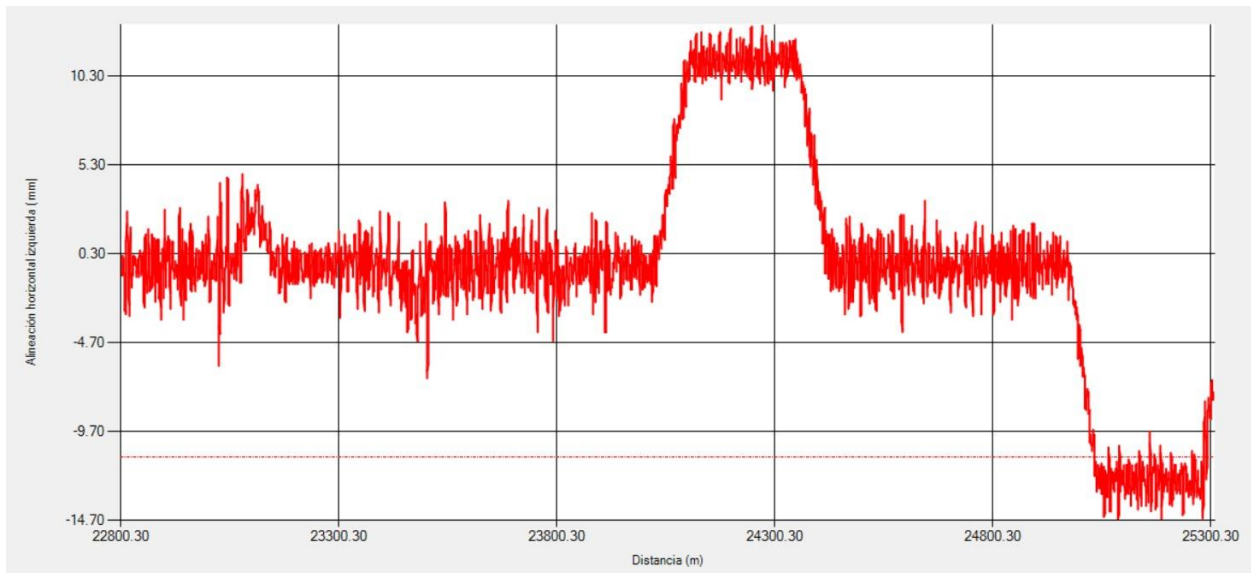
**Figura 35. Peralte tramo 22+800.00 al 25+308.90.**

En tangente se tienen peraltes menores a 4 mm, por lo que cumplen con la Norma Europea, así como se identifican peraltes de 29.3 mm, 119 mm y -61.6mm para las curvas 50-1, 53-1 y 54-1, respectivamente.



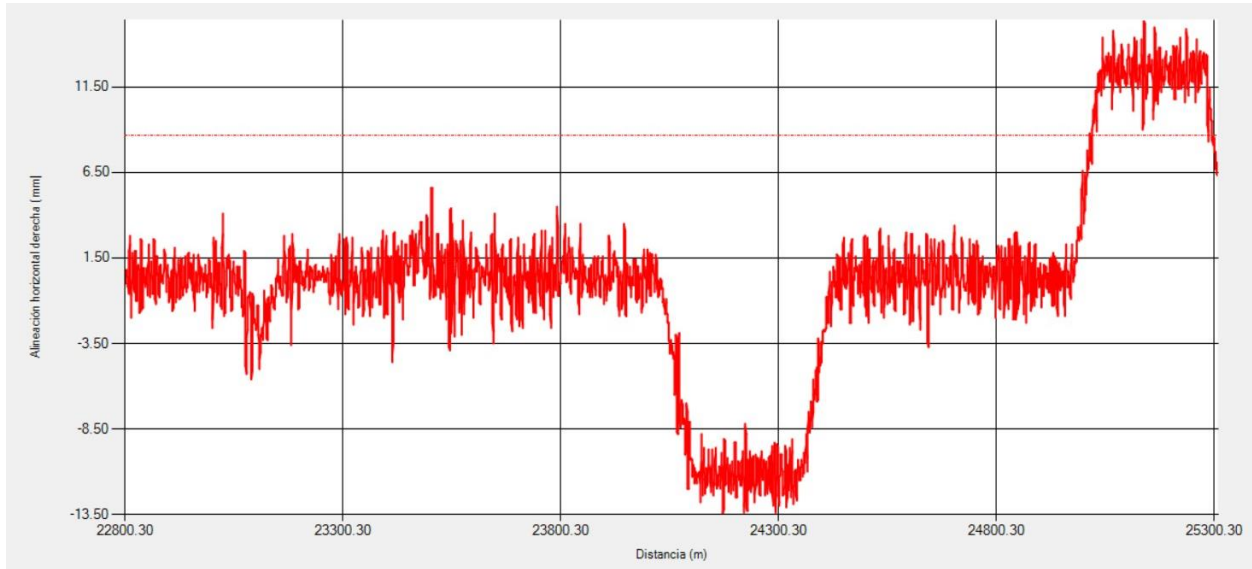
**Figura 36. Alabeo tramo 22+800.00 al 25+308.90.**

Los alabeos máximos que se presentan en este tramo corresponden a las transiciones y curvas existentes. En tangente los alabeos no exceden los límites establecidos por la Norma Europea.

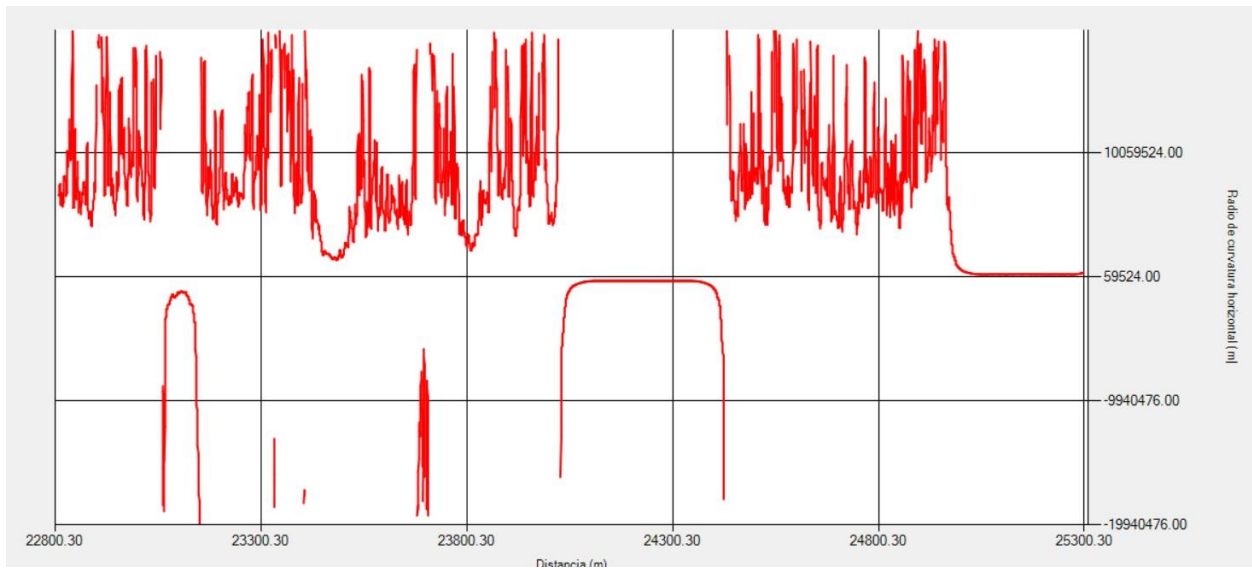


**Figura 37. Alineación Horizontal Izquierda tramo 22+800.00 al 25+308.90.**

Se encuentran cinco curvas en este tramo en los cadenamientos aproximados 23+114.714, 23+490.021, 23+706.601, 24+258.530, 25+189.541, denominadas 50-1, 51-1, 52-1, 53-1, 54-1, respectivamente, mismas que se aprecian en las figuras 37 y 38.



**Figura 38. Alineación Horizontal Derecha tramo 22+800.00 al 25+308.90.**

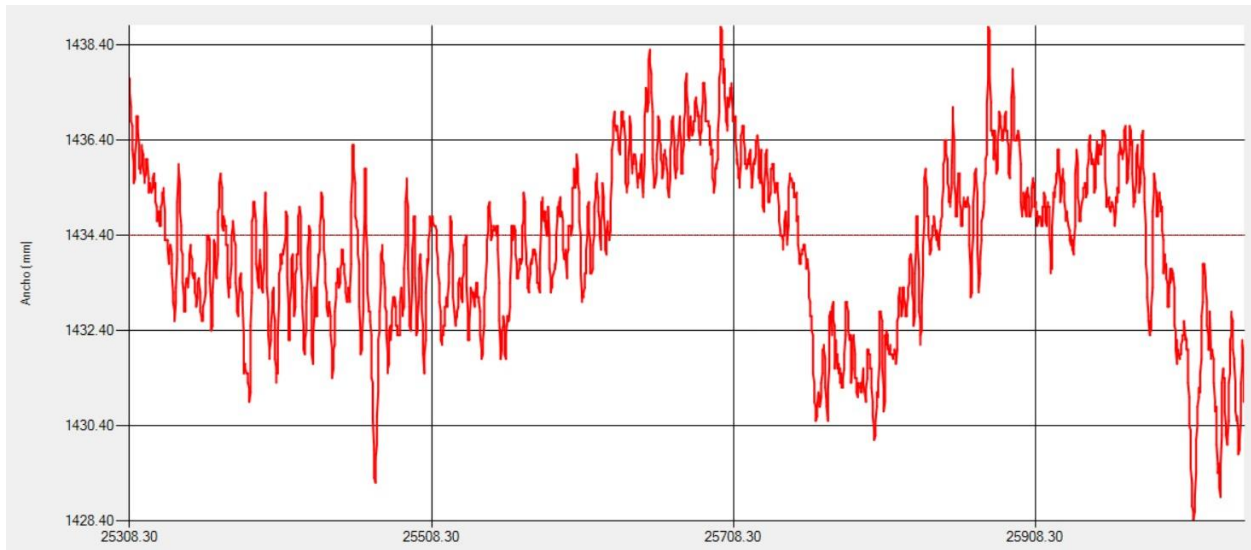


**Figura 39. Radio de curvatura tramo 22+800.00 al 25+308.90.**

Los radios de curvatura aproximados, medidos en campo, para las curvas 50-1, 51-1, 52-1, 53-1, 54-1 son de 1,150m, 1,509m, 2,414m, 277.8m y 250.6m, respectivamente.

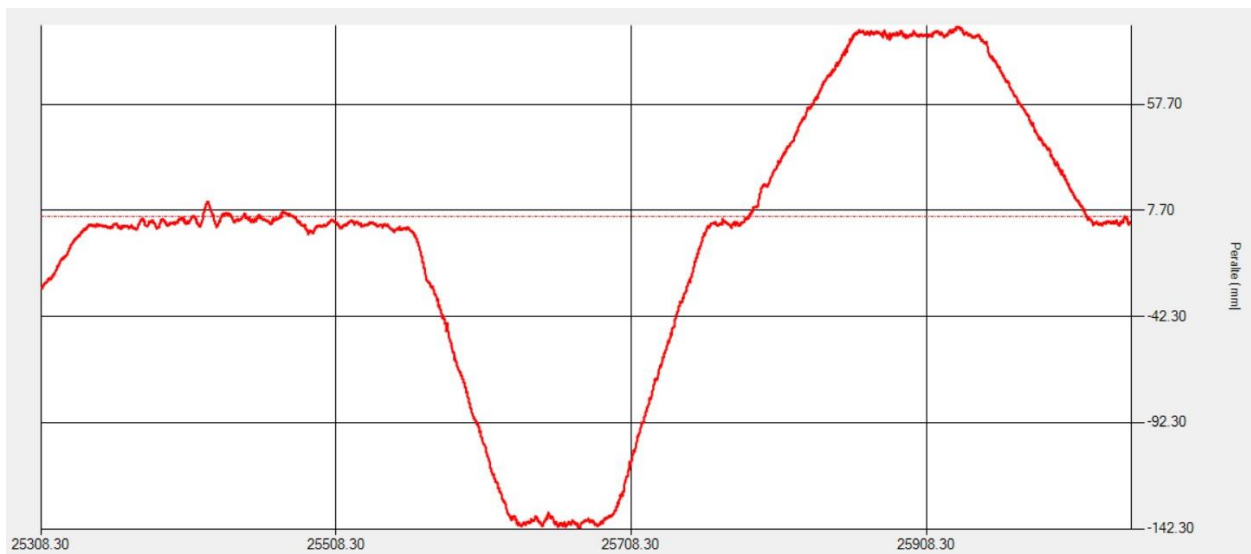


### 4.1.7. Cadenamiento 25+308.00 al 26+046.90



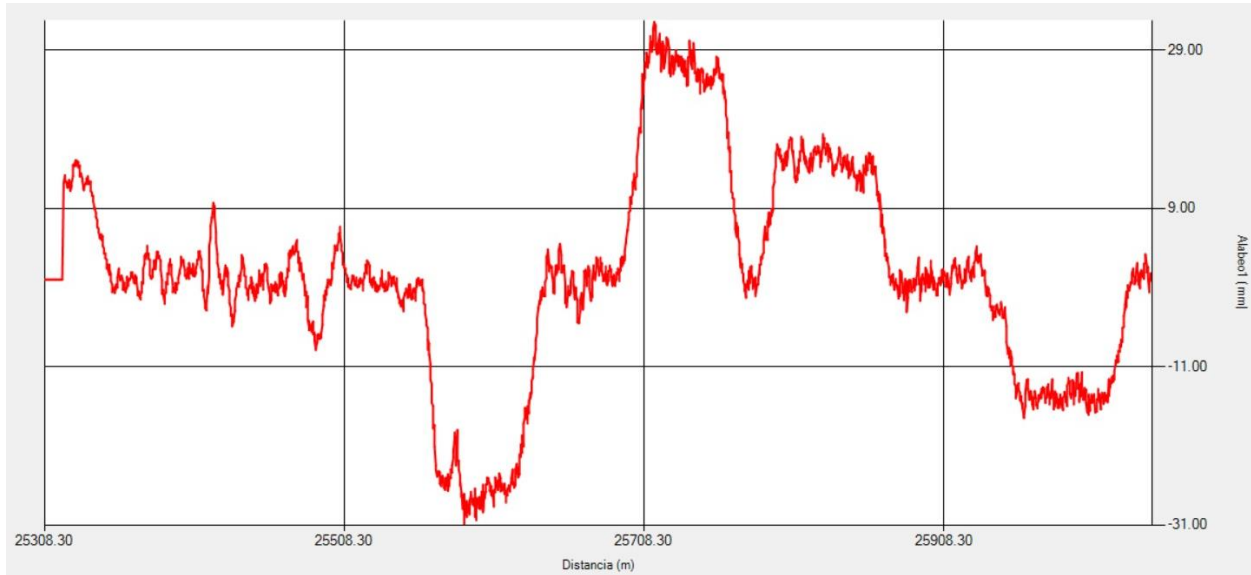
**Figura 40. Ancho de vía (Escantillón) tramo 25+308.00 al 26+046.90.**

En este tramo se cumple con el límite superior de 1440 mm establecido por la Norma Europea; (Para más detalle consultar el Anexo 1.2.), sin embargo, se tienen cadenamientos con ancho de vía menores a 1432 mm, teniendo como valor mínimo 1428.4 mm en el cadenamiento 26+013.3, por lo que se encuentra dentro de los parámetros establecidos en AREMA.



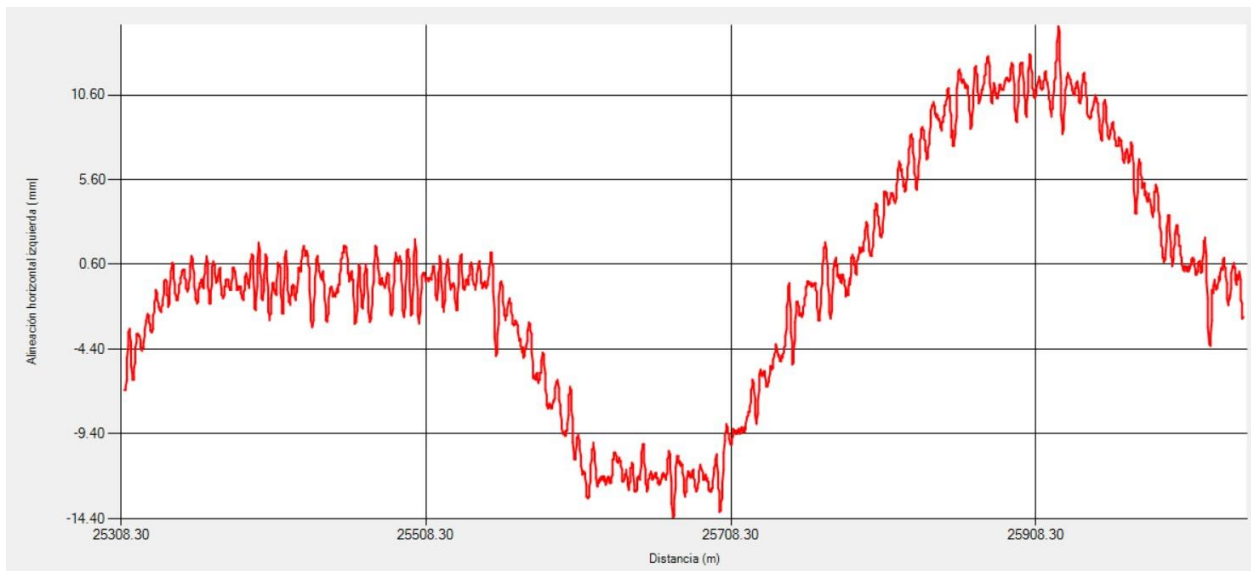
**Figura 41. Peralte tramo 25+308.00 al 26+046.90.**

En tangente se tienen peraltes menores a 4 mm, exceptuando aproximadamente en el cadenamiento 25+421.00, donde se tiene un peralte de hasta 9.7 mm, así como se identifican peraltes de -140.4mm y 90.5mm para las curvas 55-1 y 56-1, respectivamente.



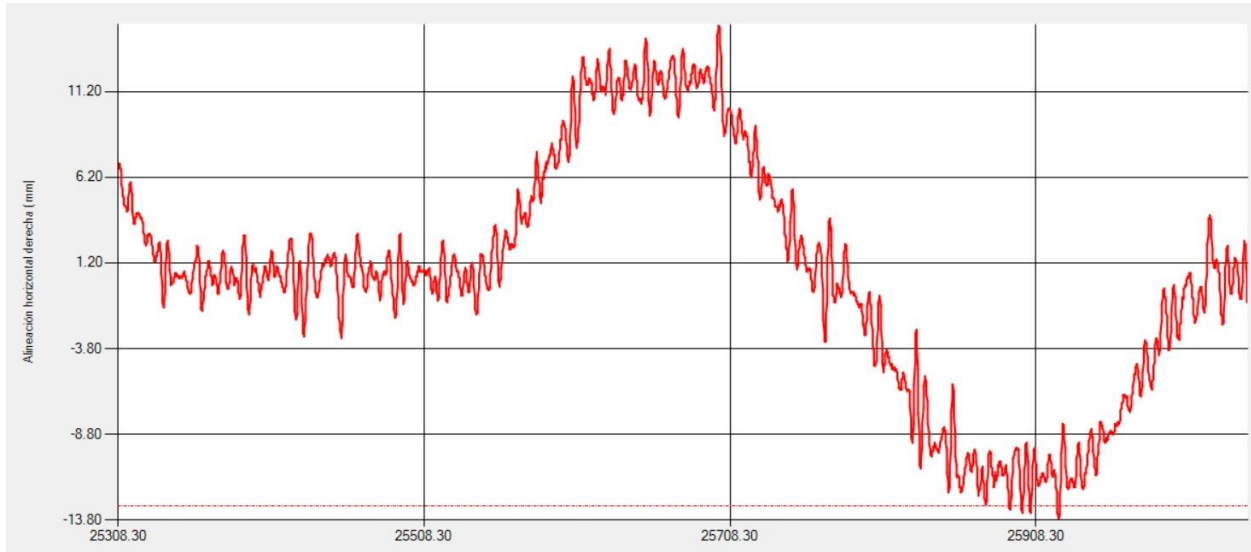
**Figura 42. Alabeo tramo 25+308.00 al 26+046.90.**

En los tramos de tangente 25+320.00 al 25+347.90 y 25+483.80 al 25+497.30, se presentan alabeos que exceden los valores máximos permitidos por la Norma Europea, los alabeos máximos corresponden a las curvas y transiciones.

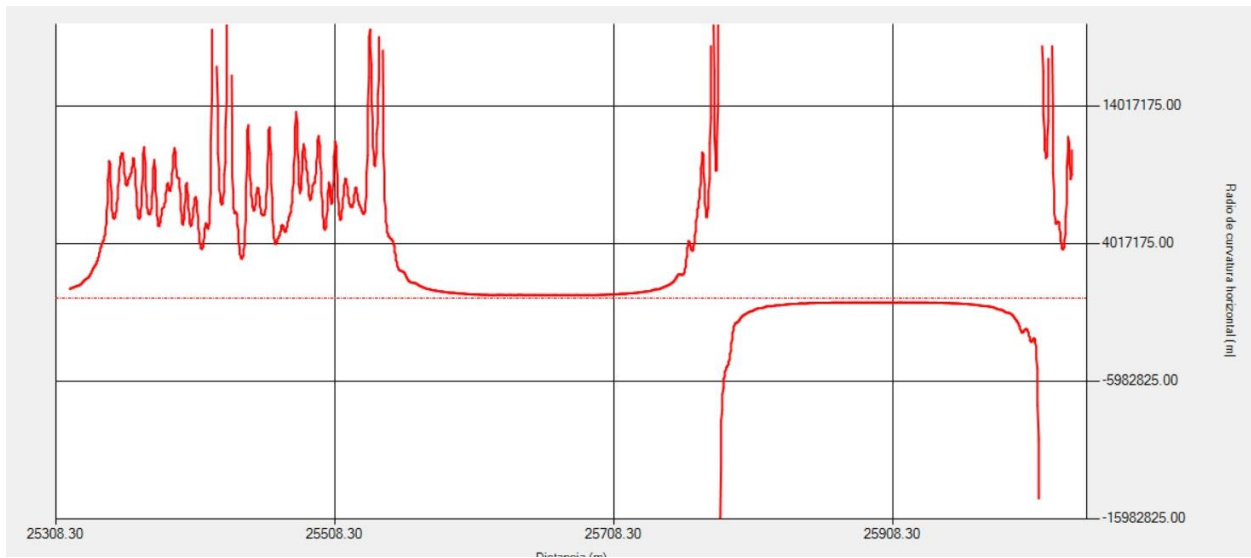


**Figura 43. Alineación Horizontal Izquierda tramo 25+308.00 al 26+046.90.**

En este tramo se observan las curvas 55-1 y 56-1 en los cadenamientos aproximados 25+672.09 y 25+912.43, respectivamente. Ver figura 43 y 44.



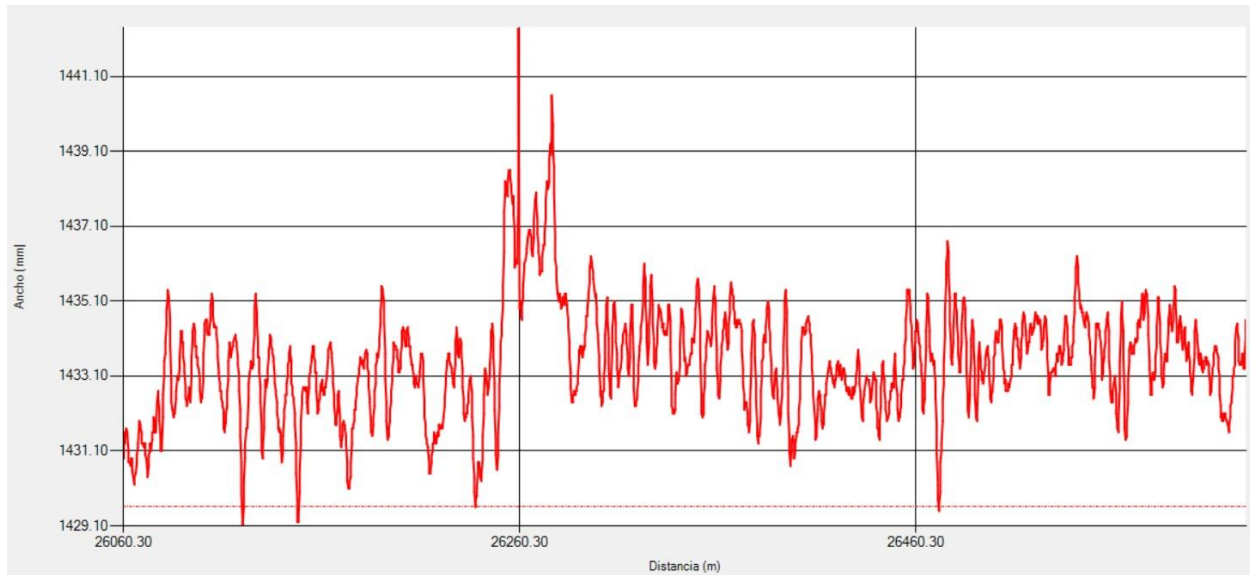
**Figura 44. Alineación Horizontal Derecha tramo 25+308.00 al 26+046.90.**



**Figura 45. Radio de curvatura tramo 25+308.00 al 26+046.90.**

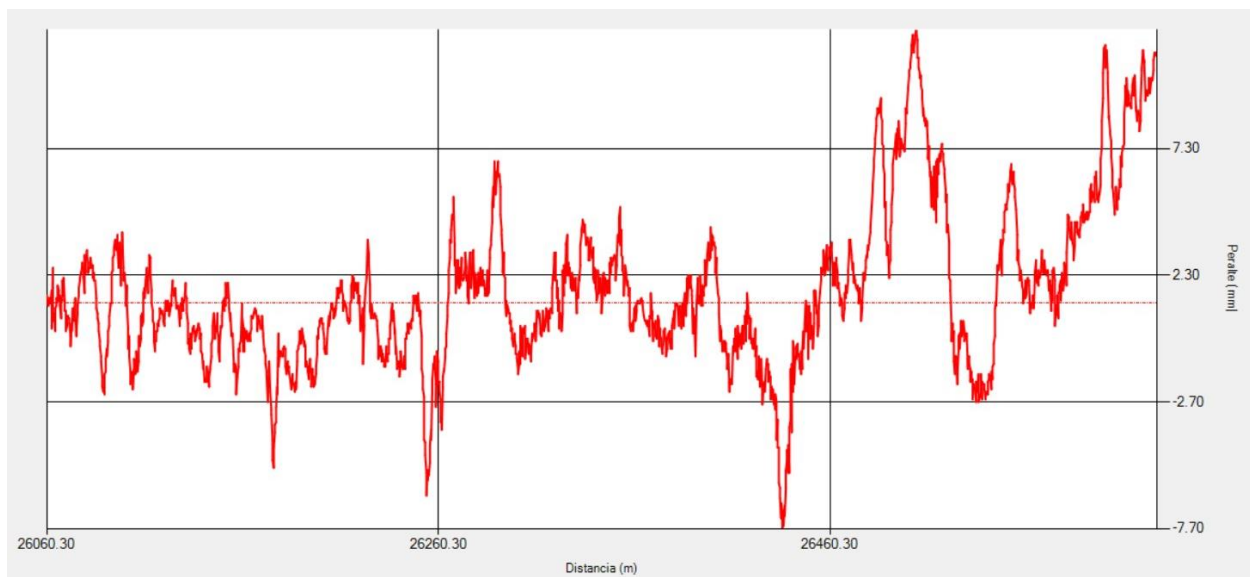
Los radios de curvatura aproximados, medidos en campo, para las curvas 55-1 y 56-1 son de 271.99m y 278.69, respectivamente.

## 4.1.8. Cadenamiento 26+060.00 al 26+627.00



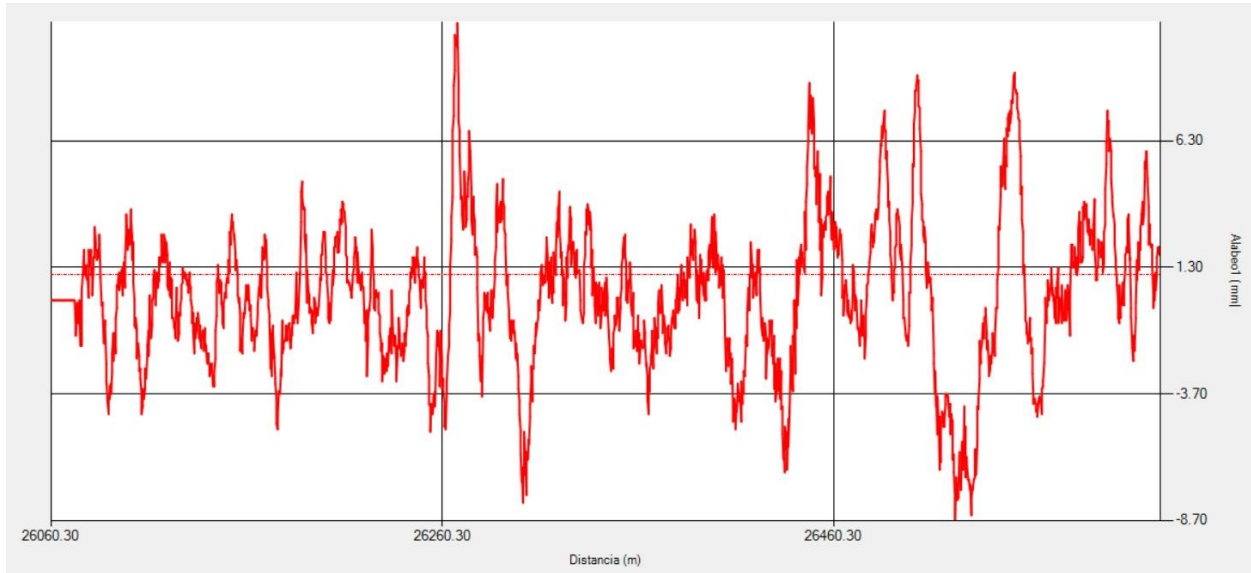
**Figura 46. Ancho de vía (Escantillón) tramo 26+060.00 al 26+627.00.**

El escantillón en la mayor parte de este tramo se encuentra cerrado, es decir, con un ancho menor a 1435 mm; (Para más detalle consultar el Anexo 1.1.), teniendo como valor mínimo 1429.10 mm en el cadenamiento 26+120.6 y como valor máximo 1442.4 en el cadenamiento 26+259.8, éste último corresponde a un aparato de vía, por lo que este tramo se encuentra dentro de los parámetros establecidos en AREMA.



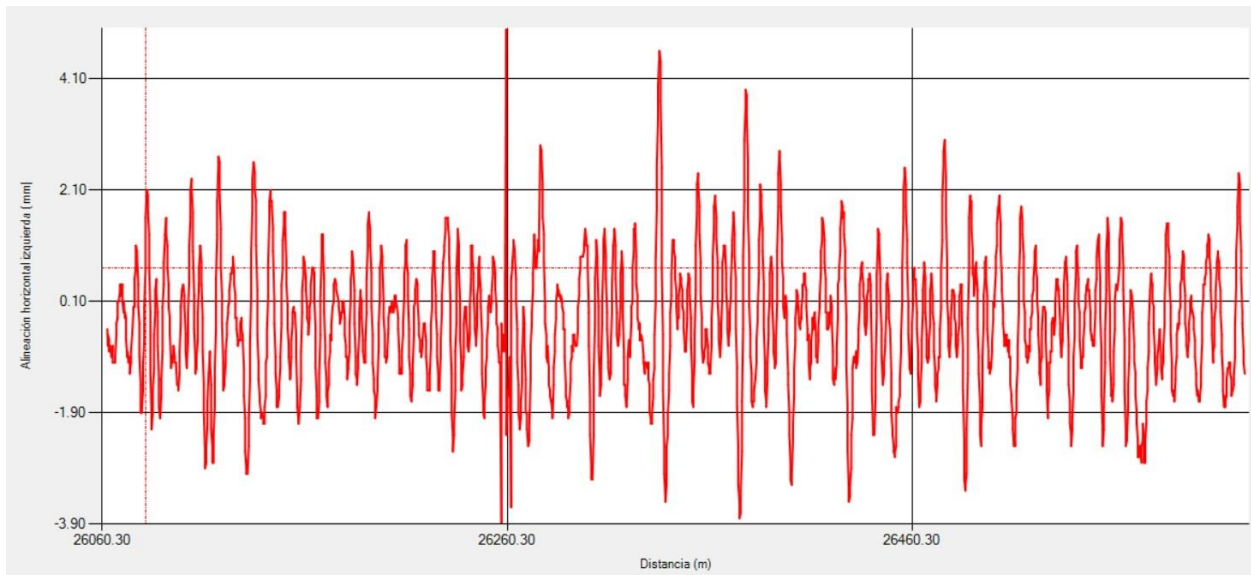
**Figura 47. Peralte tramo 26+060.00 al 26+627.00.**

Para este tramo se registraron peraltes de hasta 11.6 mm, por lo que se exceden los límites establecidos por la Norma Europea.



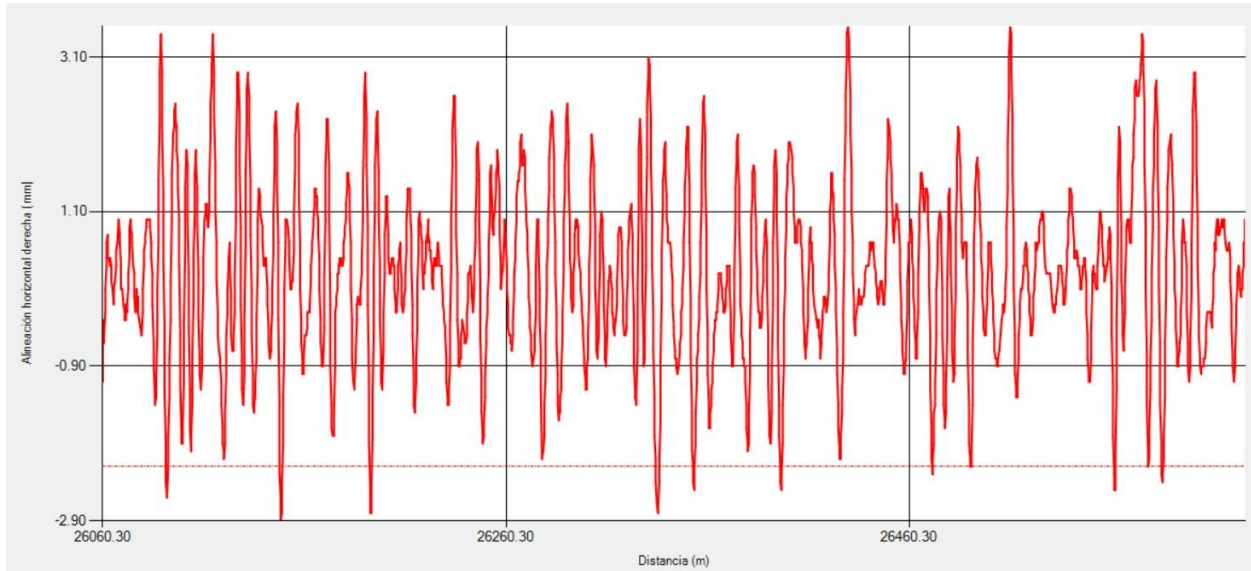
**Figura 48. Alabeo tramo 26+060.00 al 26+627.00.**

En los tramos de tangente, se presentan alabeos que exceden los valores máximos establecidos por la Norma Europea.

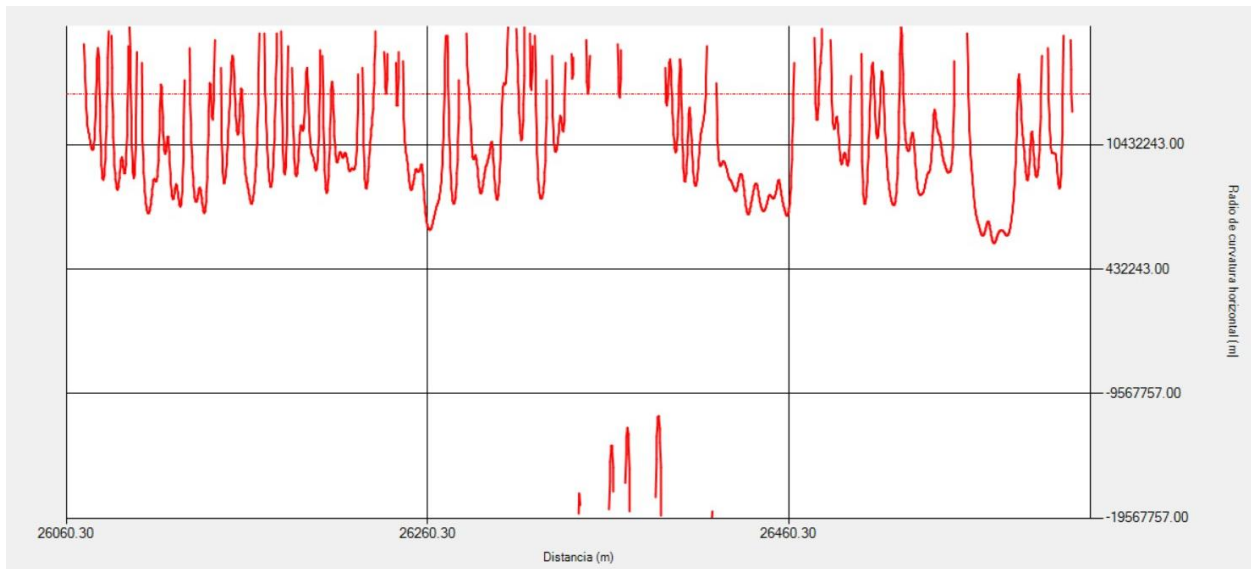


**Figura 49. Alineación Horizontal Izquierda tramo 26+060.00 al 26+627.00.**

Para este tramo se presentan las curvas 57-1 y 58-1, mismas que se pueden apreciar en las figuras 49 y 50.

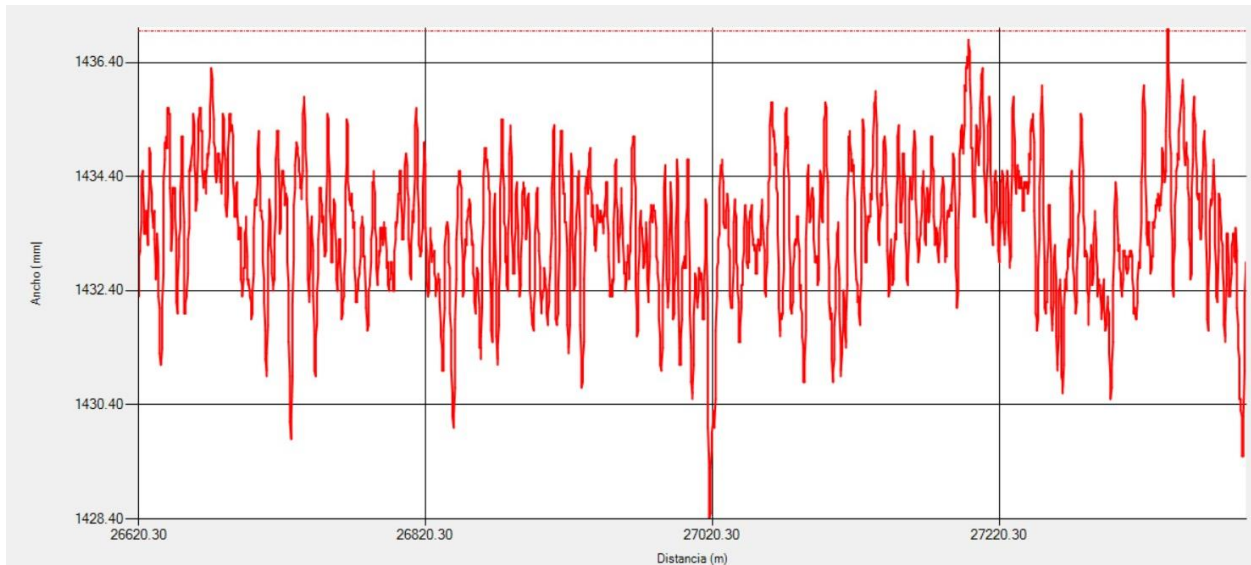


**Figura 50. Alineación Horizontal Derecha tramo 26+060.00 al 26+627.00.**



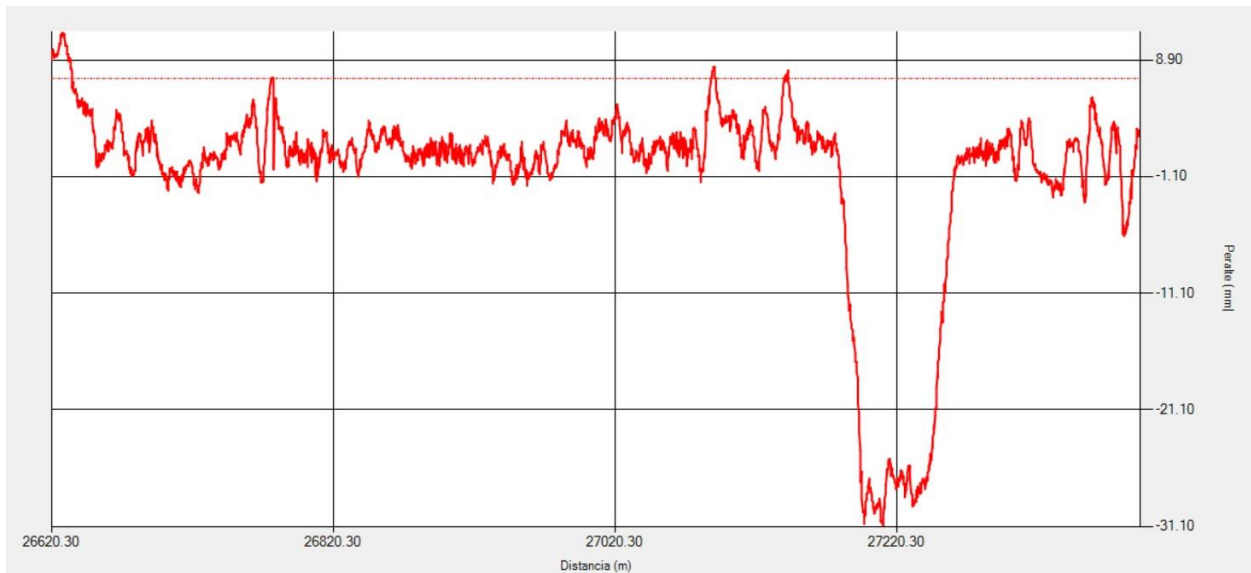
**Figura 51. Radio de curvatura tramo 26+060.00 al 26+627.00.**

### 4.1.9. Cadenamiento 26+620.00 al 27+392.80



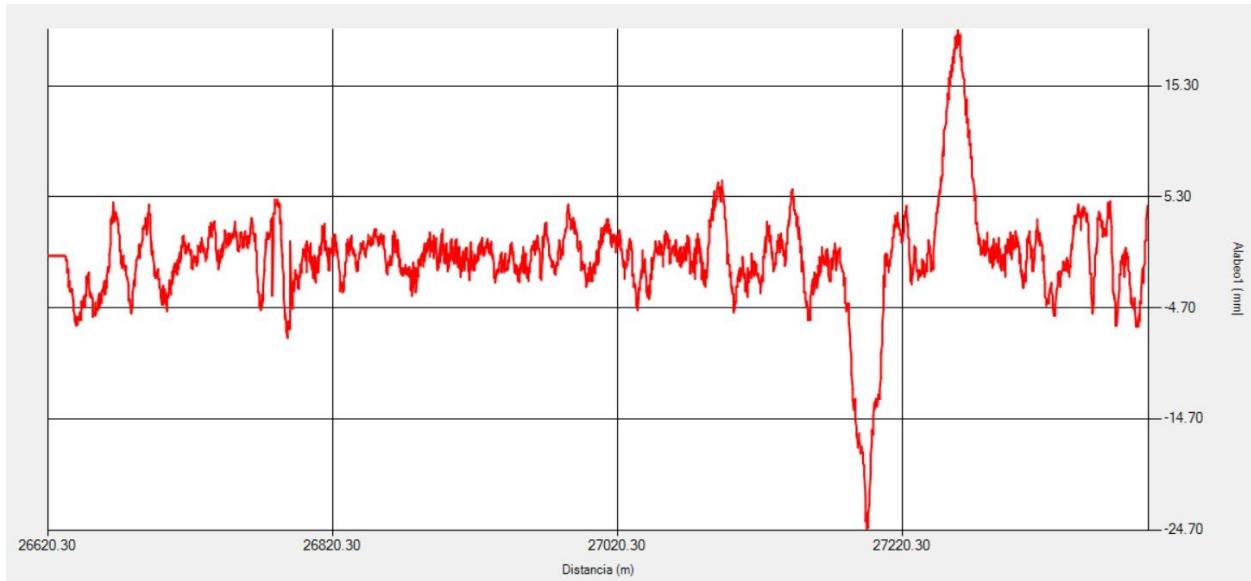
**Figura 52. Ancho de vía (Escantillón) tramo 26+620.00 al 27+392.80.**

El escantillón en la mayor parte de este tramo se encuentra cerrado, es decir, con un ancho menor a 1435 mm; (Para más detalle consultar el Anexo 1.1.), teniendo como valor mínimo 1428.40 mm en el cadenamiento 27+018.7 y como valor máximo 1437.00 en el cadenamiento 27+338.5, por lo que este tramo no cumple con el límite inferior de la Norma Europea. Sin embargo, se encuentra dentro de los parámetros establecidos en AREMA.



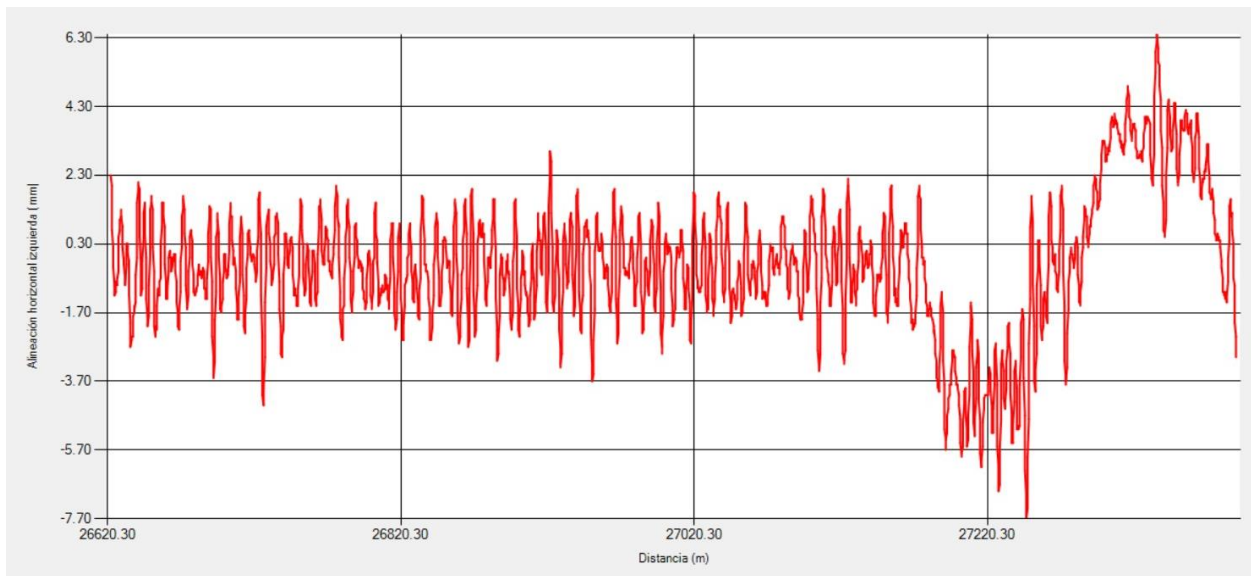
**Figura 53. Peralte tramo 26+620.00 al 27+392.80**

El peralte máximo registrado para este tramo corresponde a la curva 59-1 y es de 31.10 mm, sin embargo, se encuentran peraltes en tangente de hasta 7.3 mm



**Figura 54. Alabeo tramo 26+620.00 al 27+392.80**

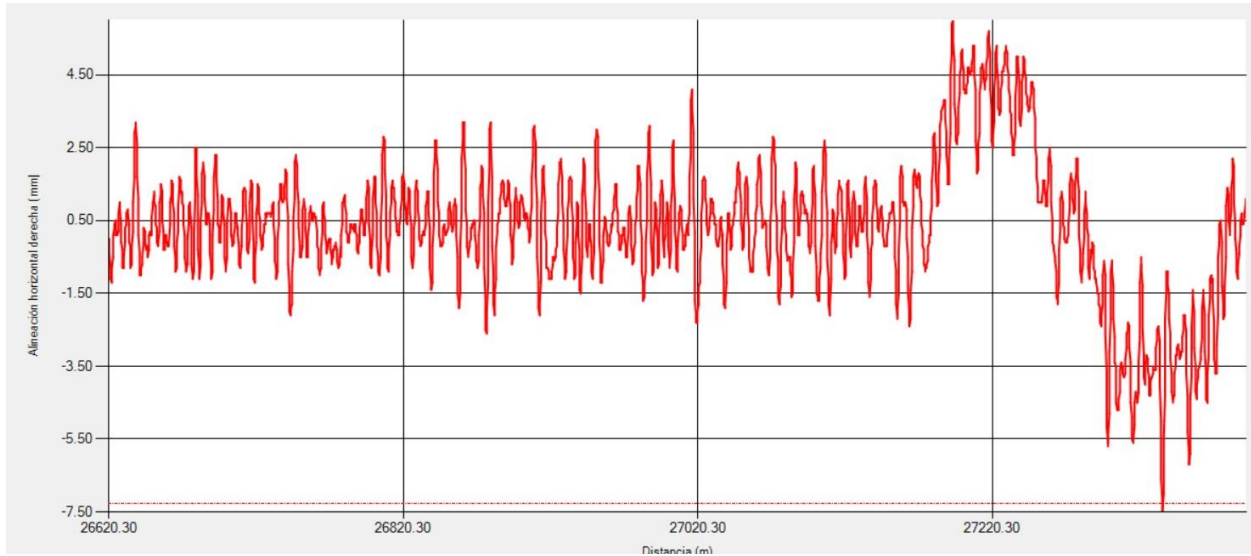
Los alabeos máximos se presentan en la transición de la curva 59-1, sin embargo, se presentan alabeos mayores a 4.5mm en tangente para cadenamientos aislados.



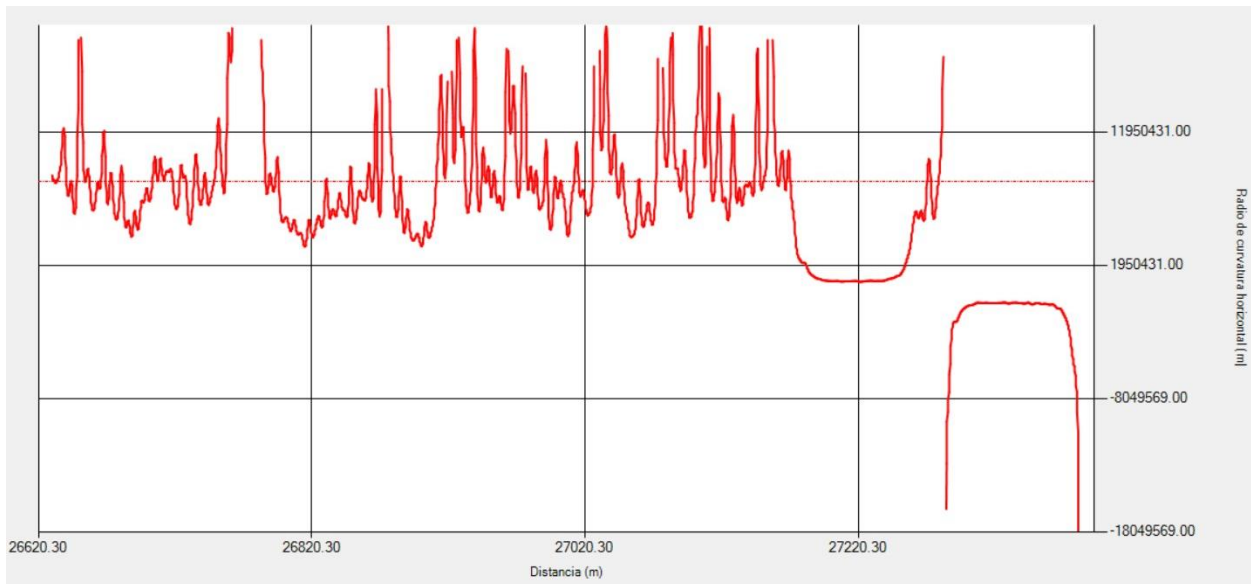
**Figura 55. Alineación Horizontal Izquierda tramo 26+620.00 al 27+392.80**

En las figuras 55 y 56, se pueden observar las curvas 59-1 y 60-1, correspondientes a los cadenamientos 27+219.040 y 27+330.144, respectivamente.





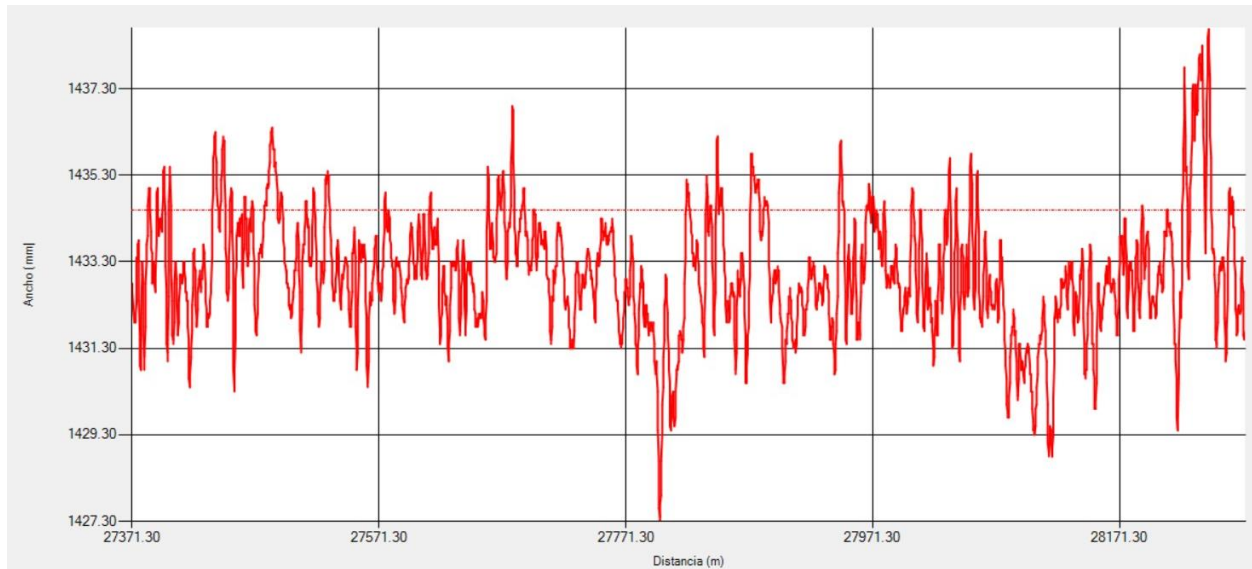
**Figura 56. Alineación Horizontal Derecha tramo 26+620.00 al 27+392.80.**



**Figura 57. Radio de curvatura tramo 26+620.00 al 27+392.80.**

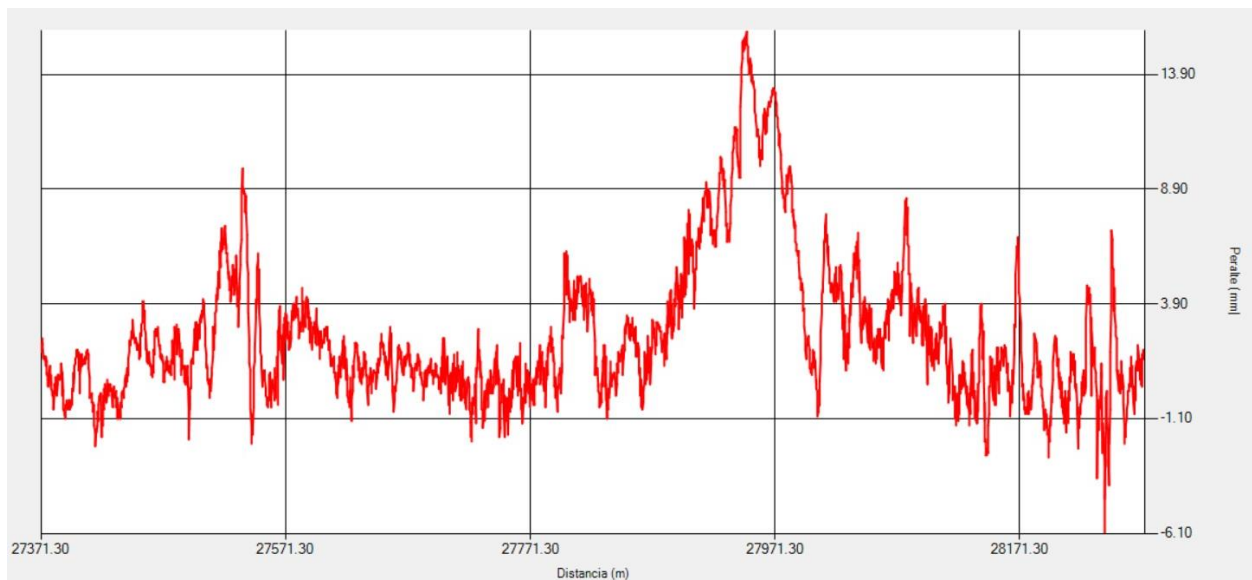
Los radios de curvatura aproximados, medidos en campo, para las curvas 59-1 y 60-1 son de 758.108m y 884.934m, respectivamente.

## 4.1.10. Cadenamiento 27+371.00 al 28+273.10



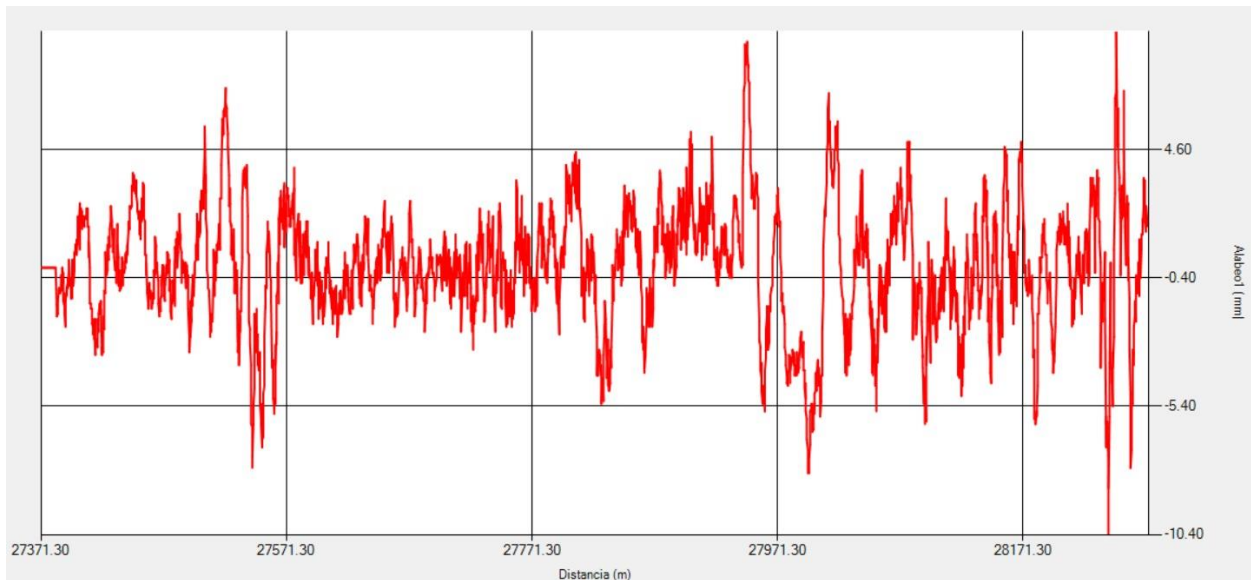
**Figura 58. Ancho de vía (Escantillón) tramo 27+371.00 al 28+273.10.**

El escantillón en la mayor parte de este tramo se encuentra cerrado, es decir, con un ancho menor a 1435 mm; (Para más detalle consultar el Anexo 1.2.), teniendo como valor mínimo 1427.30 mm en el cadenamiento 27+799.1 y como valor máximo 1438.20 en el cadenamiento 28+244.0, por lo que este tramo no cumple con el límite inferior de la Norma Europea. Sin embargo, se encuentra dentro de los parámetros establecidos en AREMA.



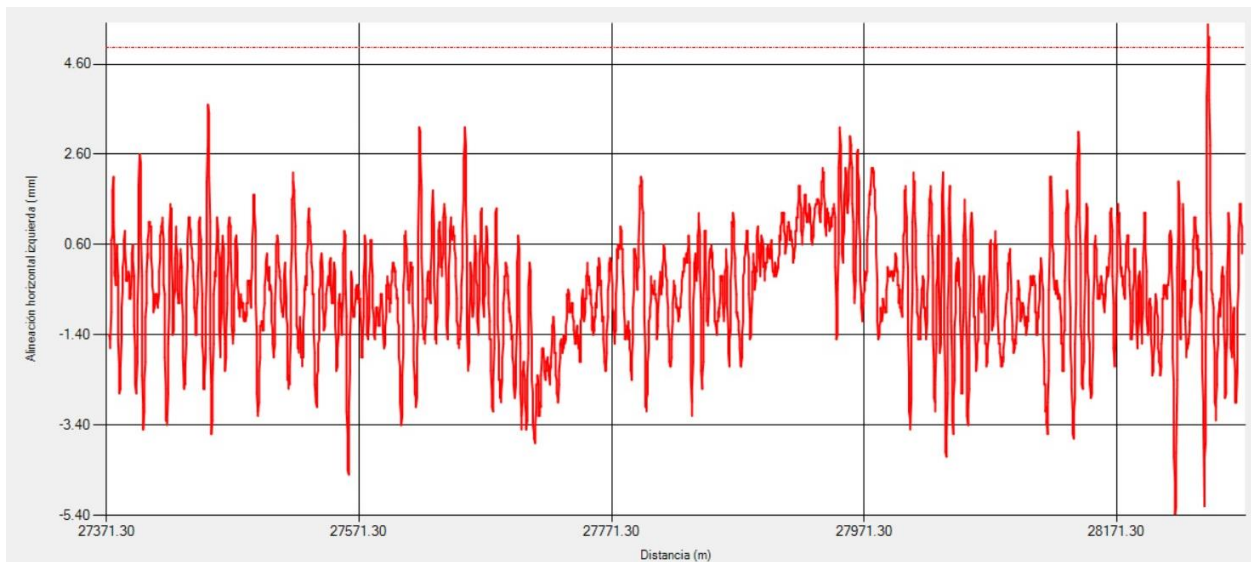
**Figura 59. Peralte tramo 27+371.00 al 28+273.10.**

El peralte máximo registrado corresponde a la curva 63-1 y es de 15.5 mm. Sin embargo, se encuentran peraltes que superan los 4 mm establecidos por la Norma Europea en tangente.



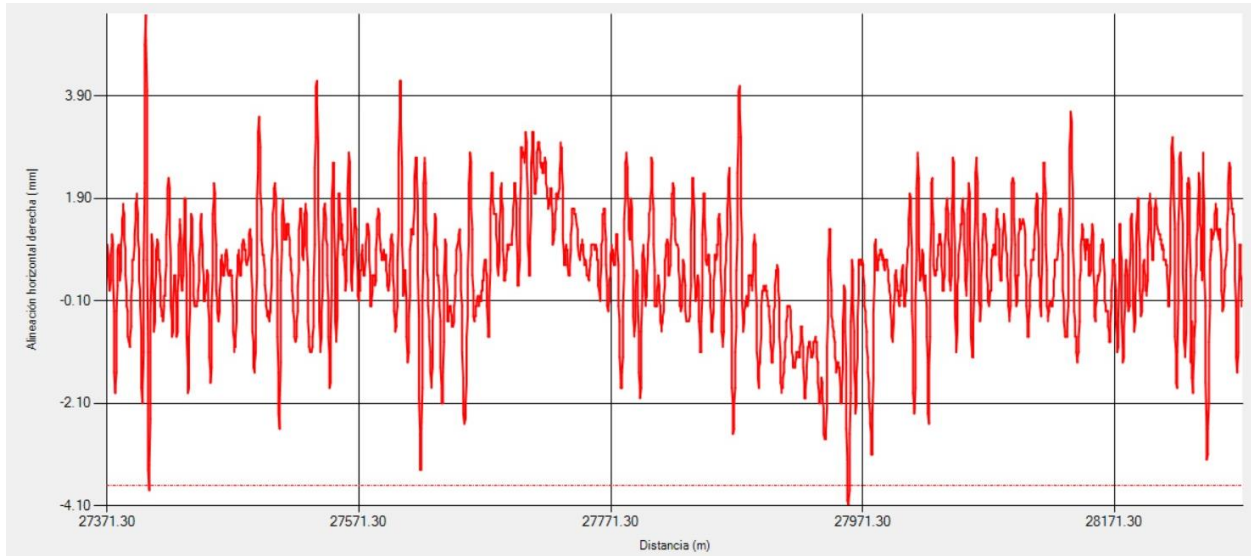
**Figura 60. Alabeo tramo 27+371.00 al 28+273.10.**

Para este tramo los valores de alabeo en tangente se encuentran dentro del rango establecido por la Norma Europea.

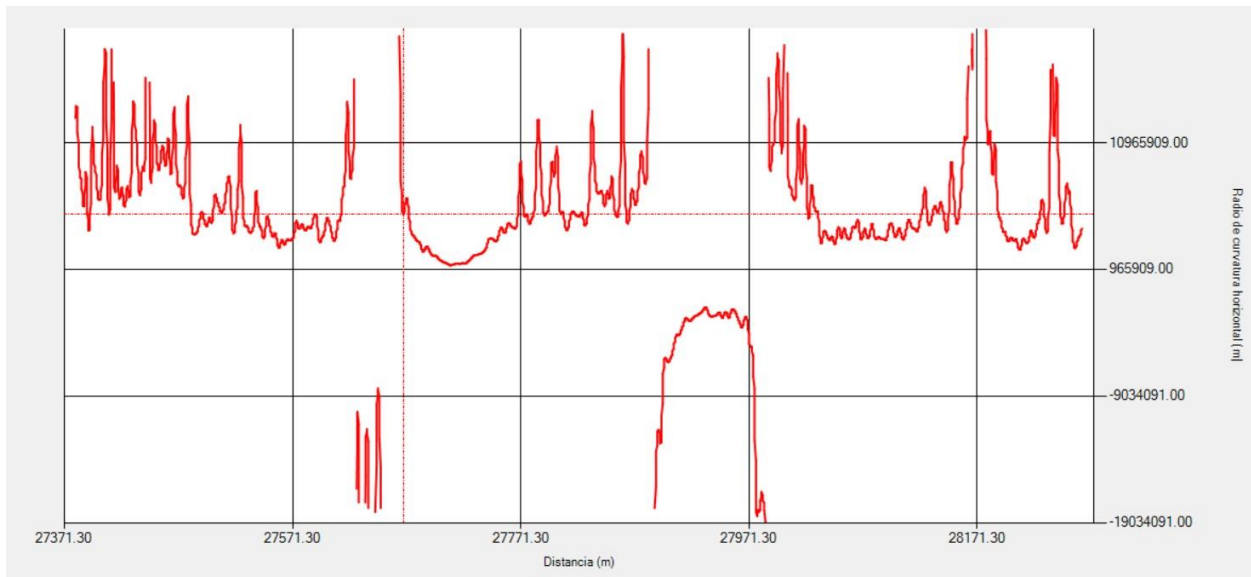


**Figura 61. Alineación Horizontal Izquierda tramo 27+371.00 al 28+273.10.**

En las figuras 61 y 62, se observan las curvas 61-1, 62-2, 63-1, 63-A1 y 63-B1 correspondientes a los cadenamientos 27+660.364, 27+729.336, 27+954.790, 28+192.730 y 28+225.00, respectivamente.



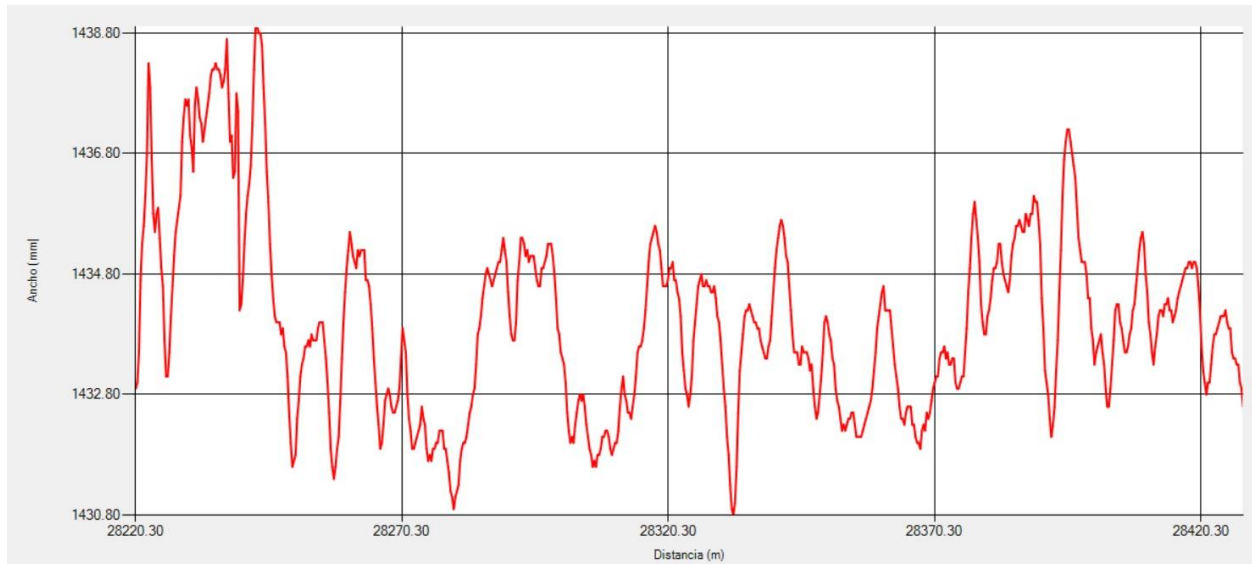
**Figura 62. Alineación Horizontal Derecha tramo 27+371.00 al 28+273.10.**



**Figura 63. Radio de curvatura tramo 27+371.00 al 28+273.10.**

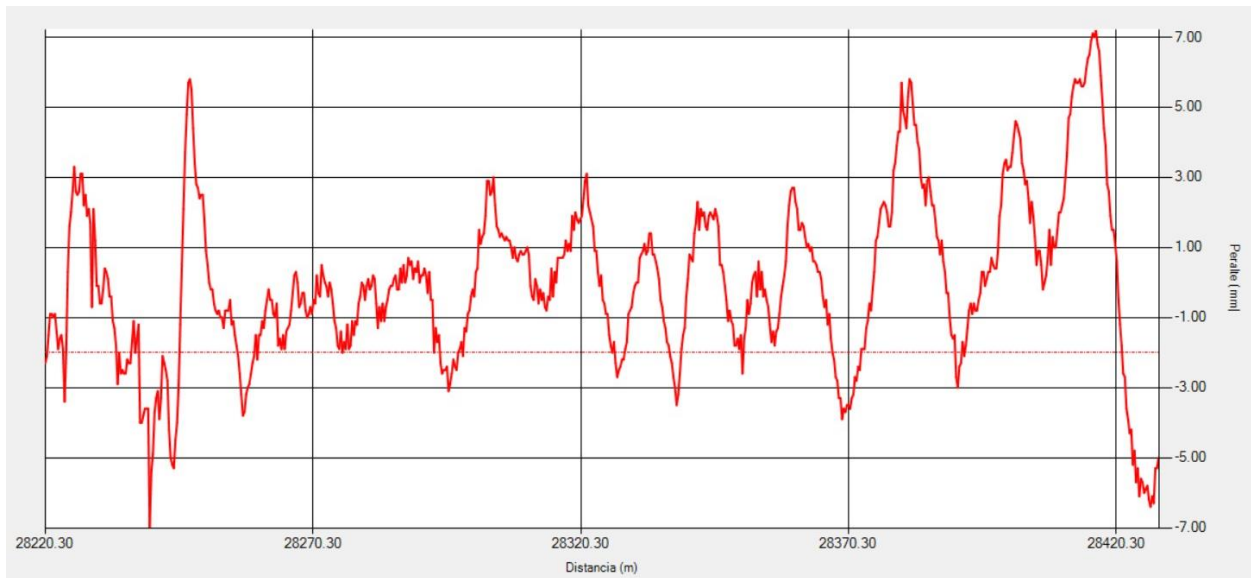
## 4.2. Vía 2

### 4.2.1. Cadenamiento 28+220.00 al 28+428.20



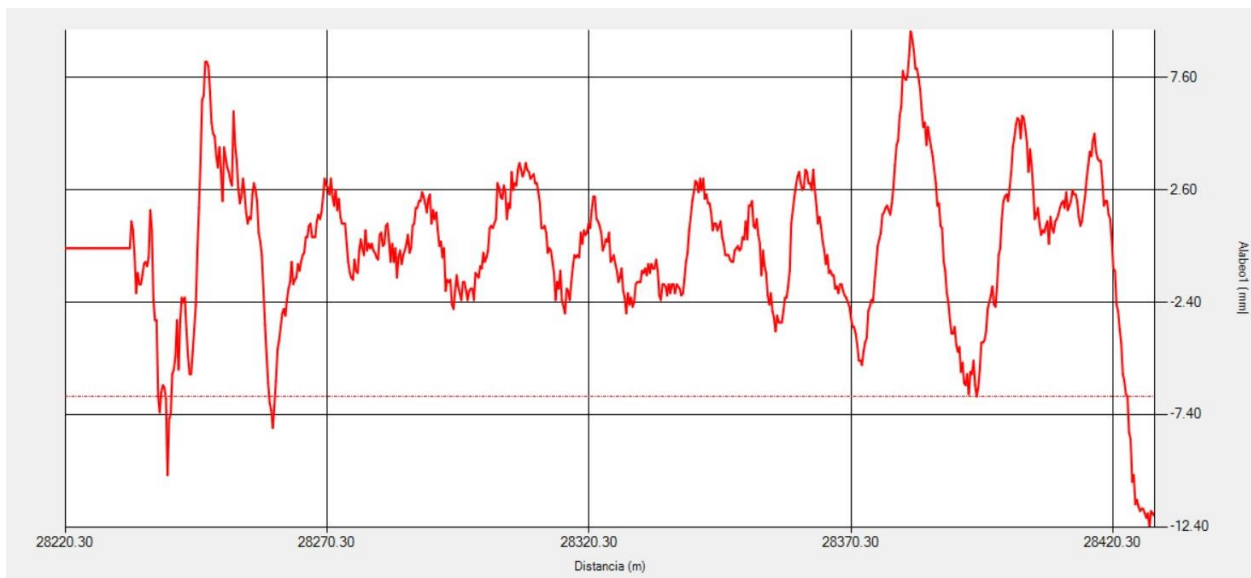
**Figura 64. Ancho de vía (Escantillón) tramo 28+220.00 al 28+428.20.**

El escantillón en la mayor parte de este tramo se encuentra cerrado, es decir, con un ancho menor a 1435 mm; (Para más detalle consultar el Anexo 1.2.), teniendo como valor mínimo 1430.80 mm en el cadenamiento 28+332.5 y como valor máximo 1438.90 en el cadenamiento 28+242.8, por lo que este tramo no cumple con el límite inferior de la Norma Europea. Sin embargo, se encuentra dentro de los parámetros establecidos en AREMA.



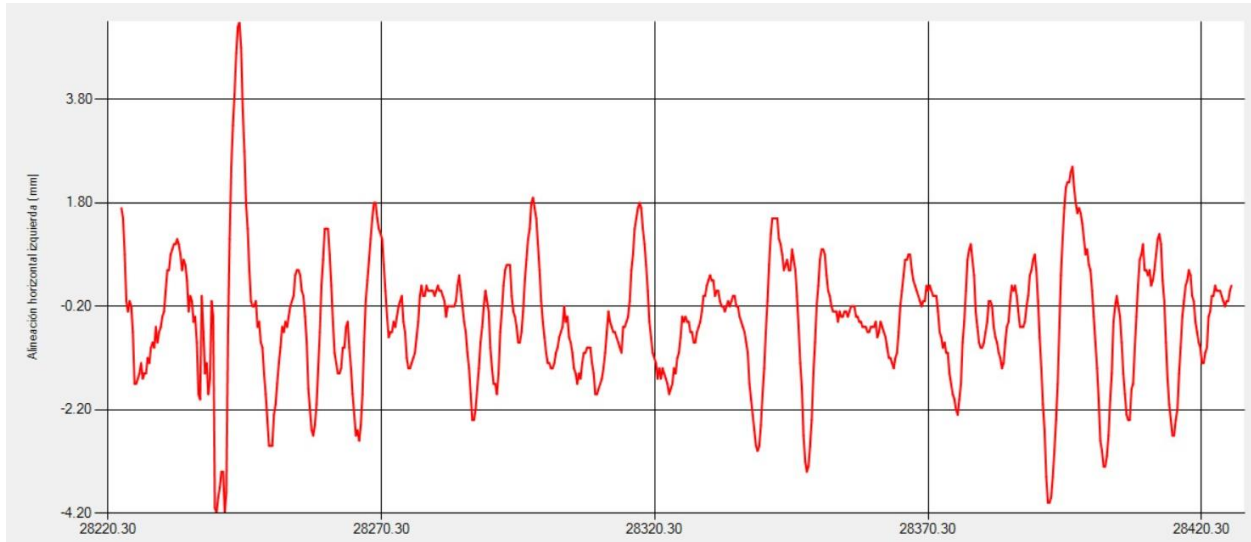
**Figura 65. Peralte tramo 28+220.00 al 28+428.20.**

Para este tramo se registran peraltes que sobrepasan los 4mm, teniendo un peralte máximo de 7 mm en los cadenamientos 28+239.8 y 28+416.2.



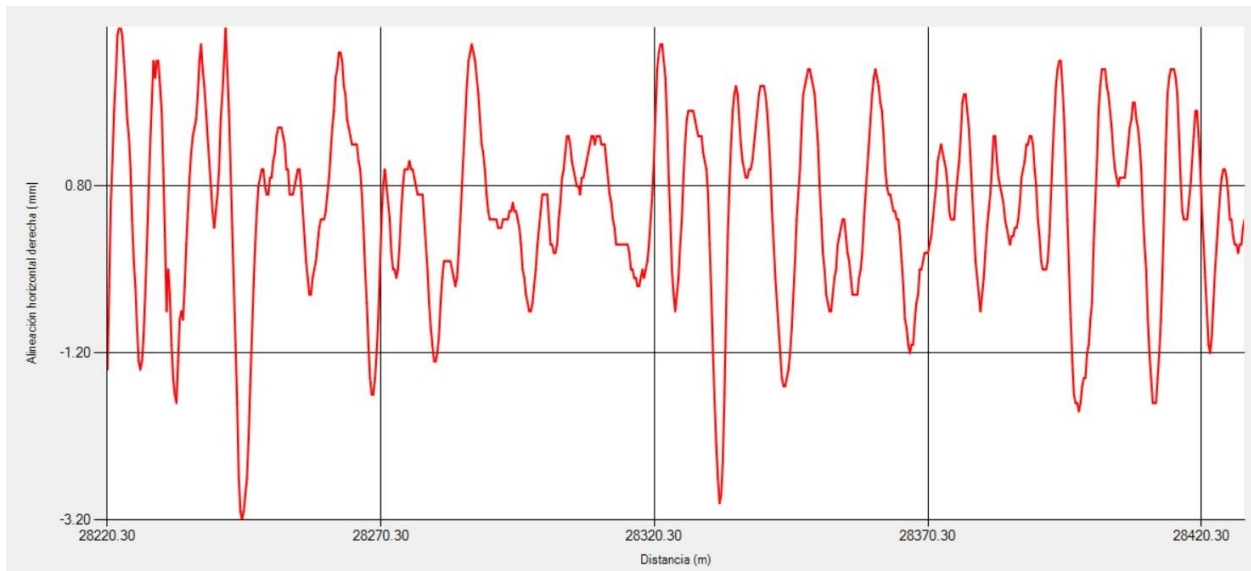
**Figura 66. Alabeo tramo 28+220.00 al 28+428.20.**

En este tramo se presentan valores de alabeo dentro del rango establecido en la Norma Europea, sin embargo, se presentan valores mayores a 4.5 mm algunos cadenamientos (Consultar anexo 1.2).

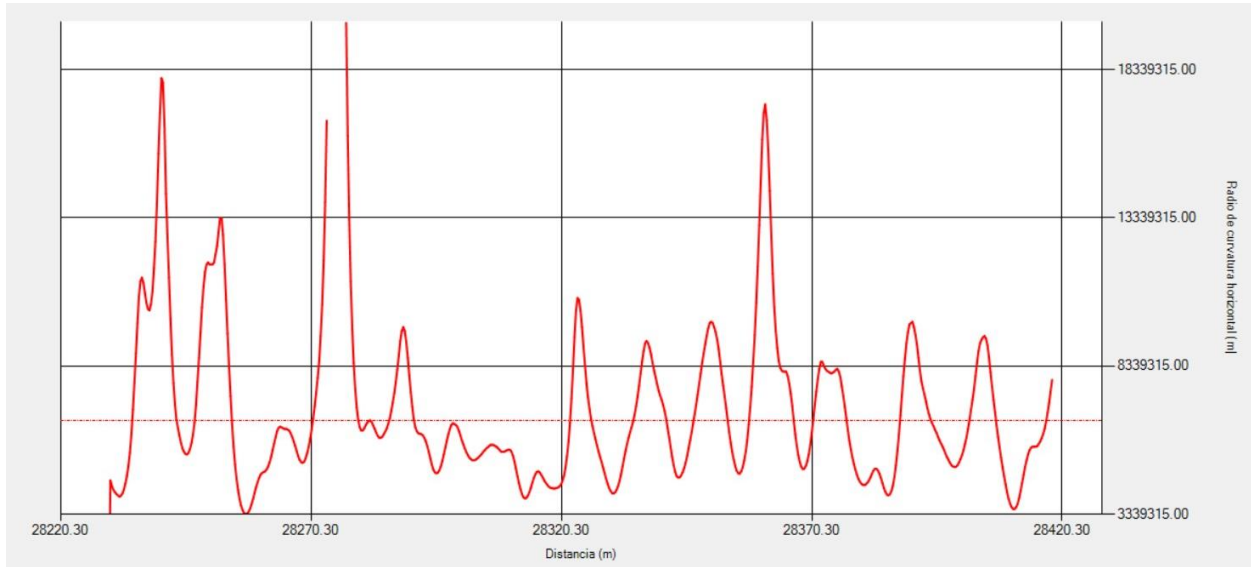


**Figura 67. Alineación horizontal izquierda tramo 28+220.00 al 28+428.20.**

Este tramo no tiene curvas.



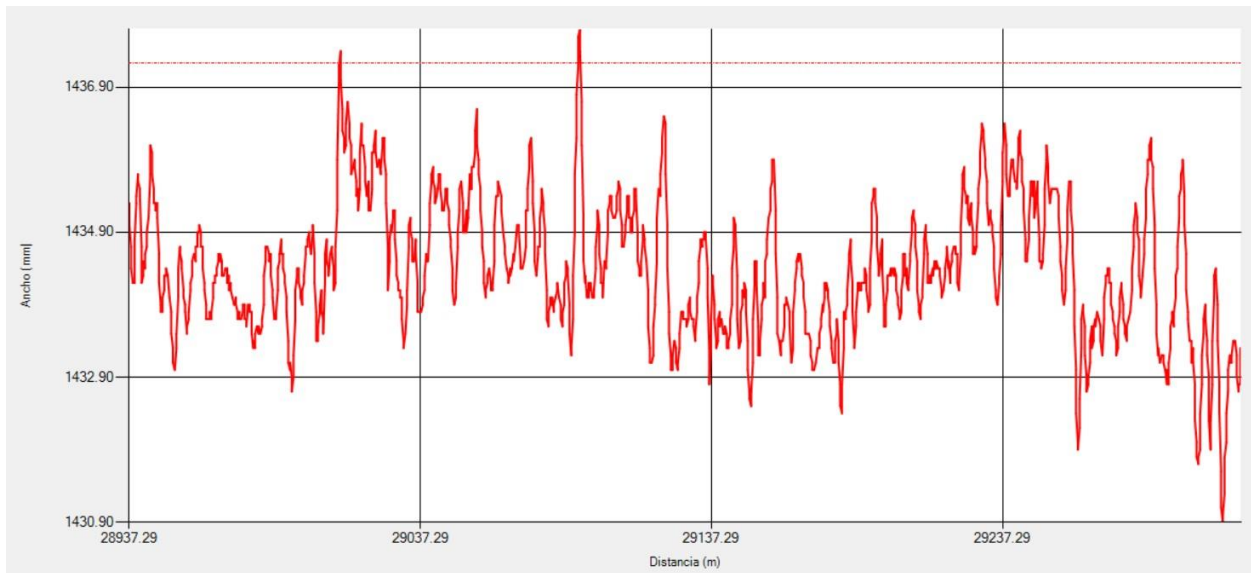
**Figura 68. Alineación horizontal derecha tramo 28+220.00 al 28+428.20.**



**Figura 69. Radio de curvatura tramo 28+220.00 al 28+428.20.**

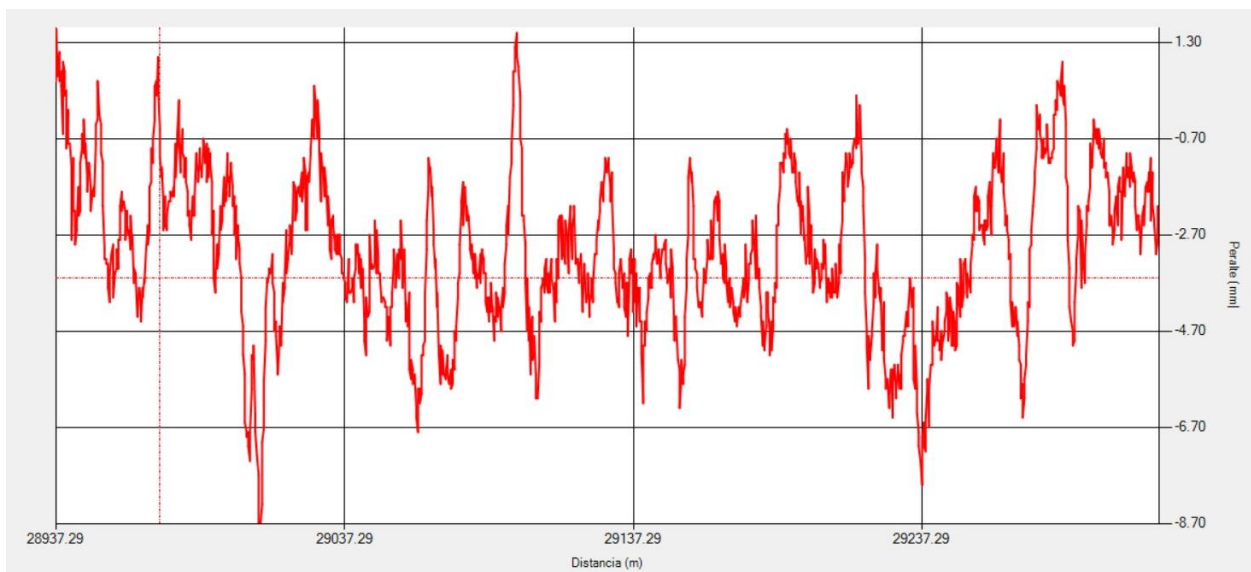


## 4.2.2. Cadenamiento 28+936.985 al 29+319.185



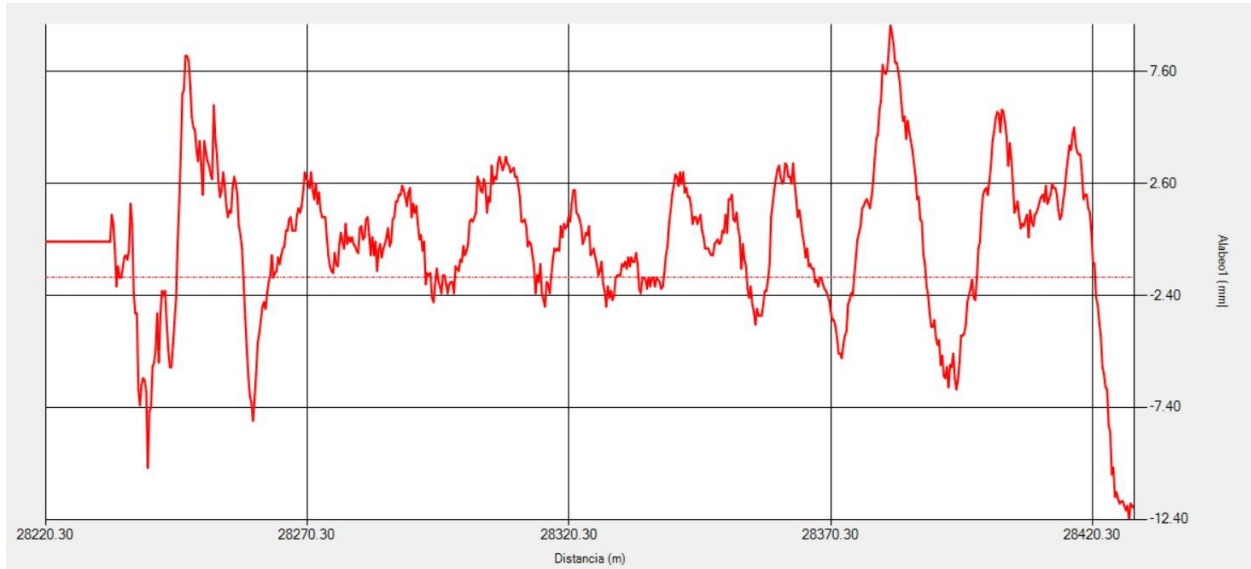
**Figura 70. Ancho de vía (Escantillón) tramo 28+936.985 al 29+319.185.**

El escantillón en la mayor parte de este tramo se encuentra cerrado, es decir, con un ancho menor a 1435 mm; (Para más detalle consultar el Anexo 1.2.), teniendo como valor mínimo 1430.90 mm en el cadenamiento 29+312.885 y como valor máximo 1437.70 en el cadenamiento 29+092.85, este tramo no cumple con el límite inferior de la Norma Europea del cadenamiento 29+304.185 al 29+313.785. Sin embargo, se encuentra dentro de los parámetros establecidos en AREMA.



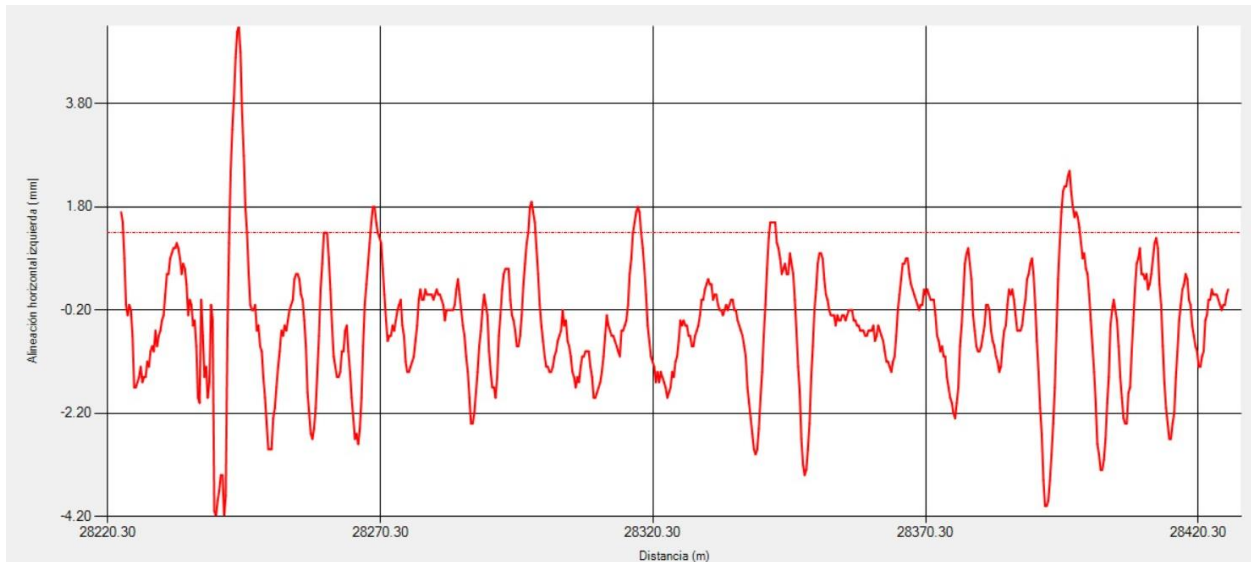
**Figura 71. Peralte tramo 28+936.985 al 29+319.185.**

Se registraron peraltes que exceden los 4 mm en tangente (Consultar anexo 1.2).



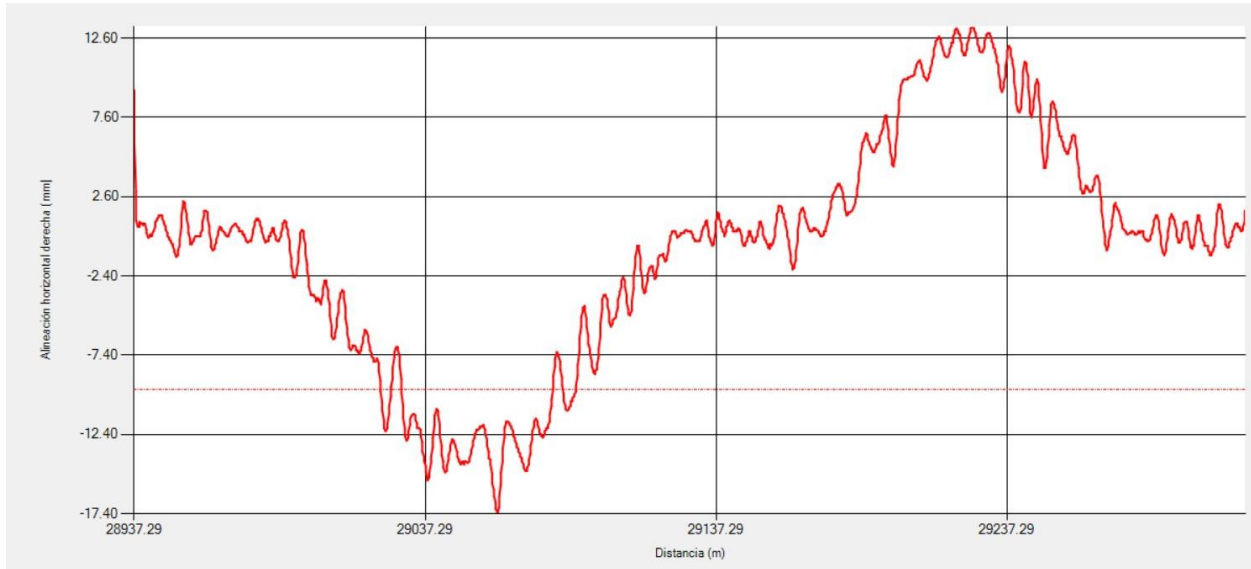
**Figura 72. Alabeo tramo 28+936.985 al 29+319.185.**

Se registraron valores de alabeos que excede la Normativa Europea. (Consultar anexo 1.2).

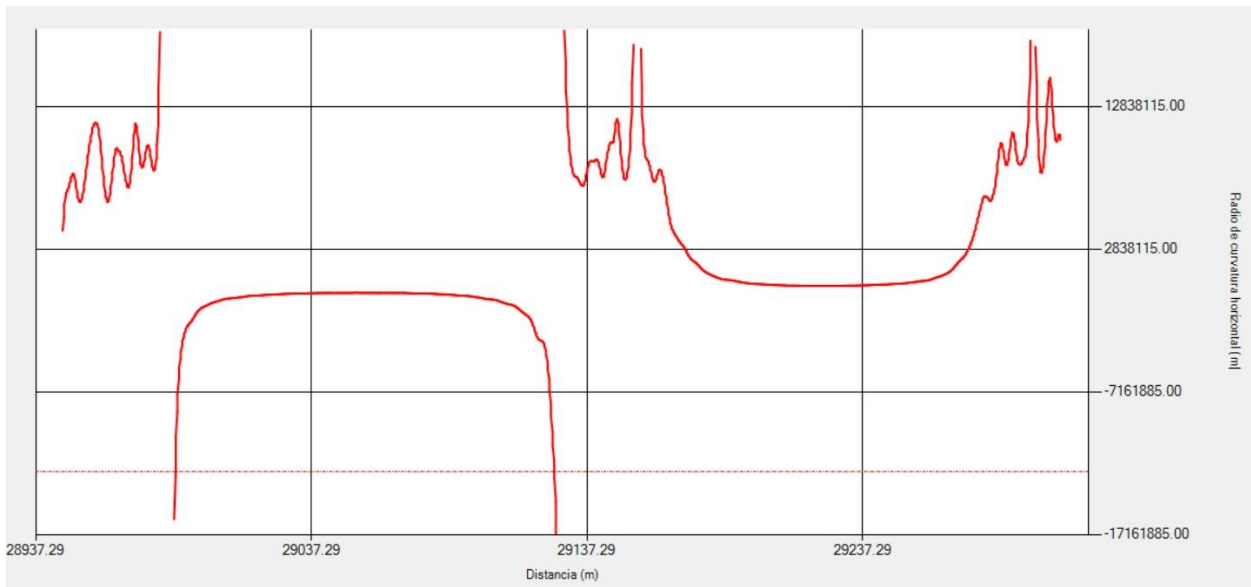


**Figura 73. Alineación Horizontal Izquierda tramo 28+936.985 al 29+319.185.**

Se identificaron las curvas 65-1 y 66-1 correspondientes a los cadenamientos 29+054.773 y 29+224.564. Tal y como se puede observar en las figuras 73 y 74.



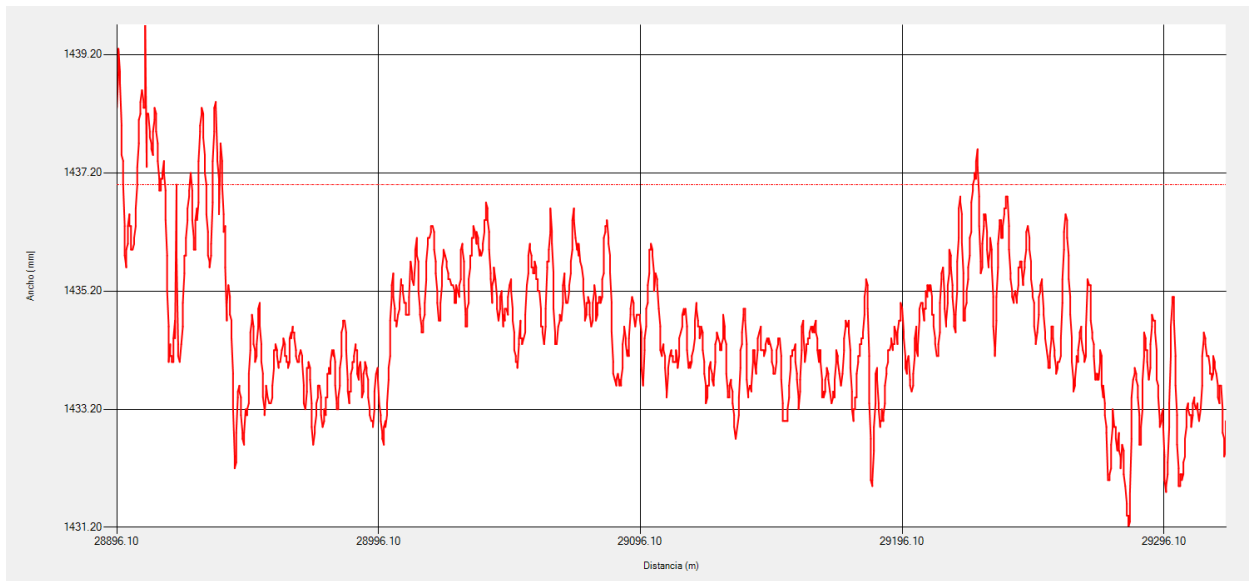
**Figura 74. Alineación Horizontal Derecha tramo 28+936.985 al 29+319.185.**



**Figura 75. Radio de curvatura tramo 28+936.985 al 29+319.185.**

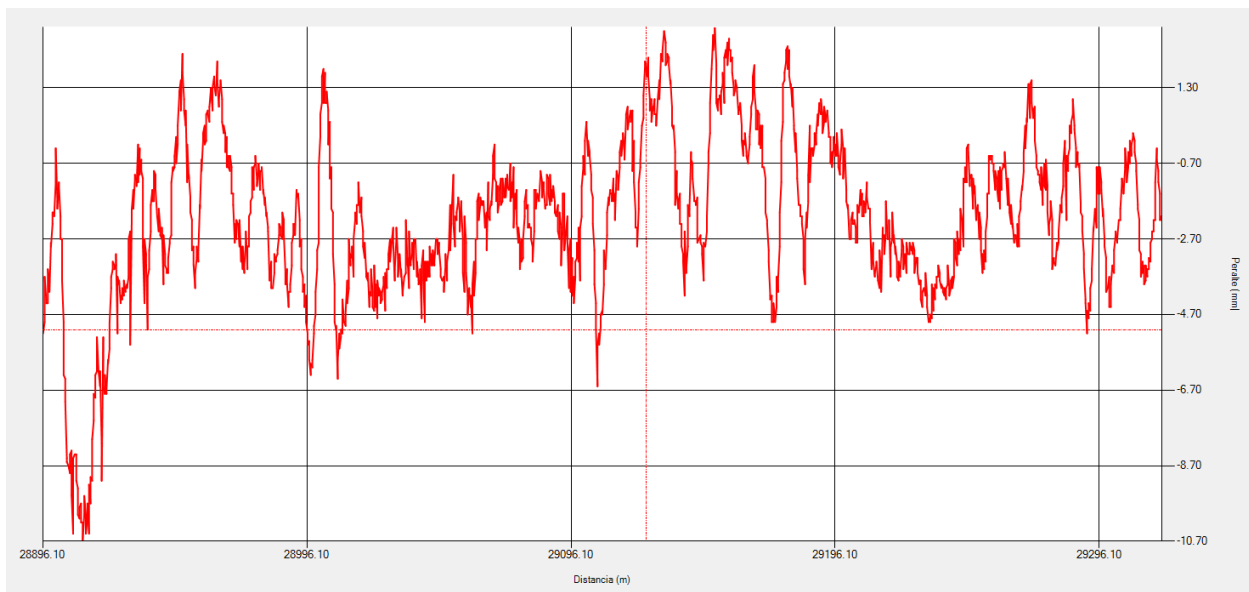
Los radios de curvatura aproximados, medidos en campo, para las curvas 65-1 y 66-1 son de 225.59m y 260.55m, respectivamente.

### 4.2.3. Cadenamiento 29+320.00 al 28+896.10.



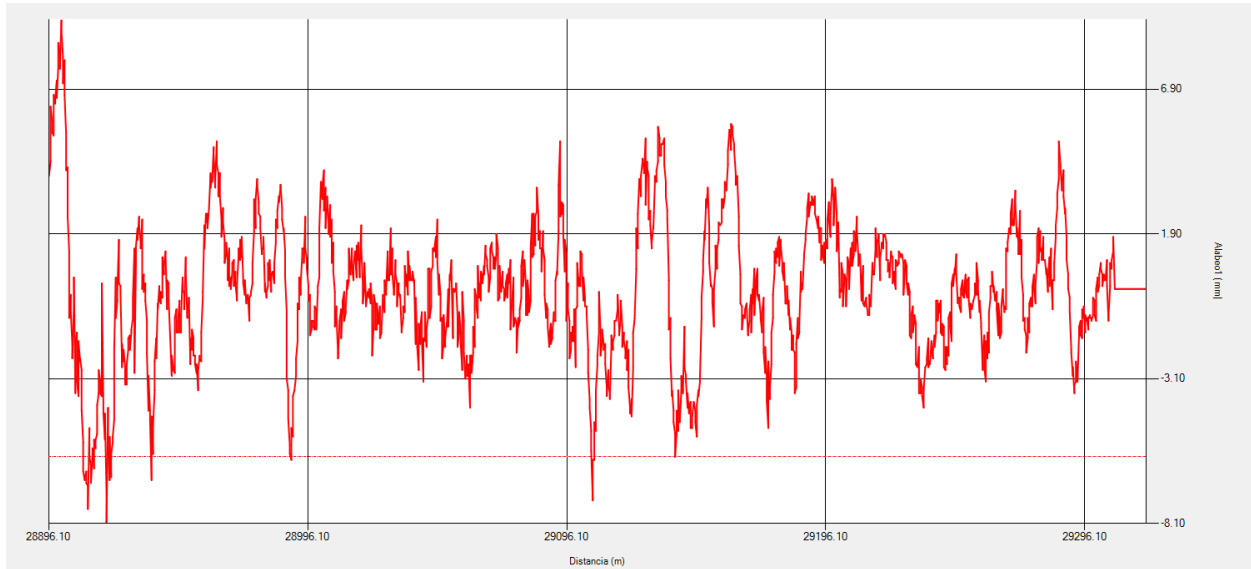
**Figura 76. Ancho de vía (Escantillón) tramo 29+320.00 al 28+896.10.**

El escantillón en este tramo se encuentra dentro de los parámetros de la Normativa Europea (Para más detalle consultar el Anexo 2.1.), teniendo como valor máximo 1439.70 mm que se encuentran dentro de los parámetros y un mínimo de 1431.2, el cual se encuentra por debajo de los parámetros, establecidos en AREMA.



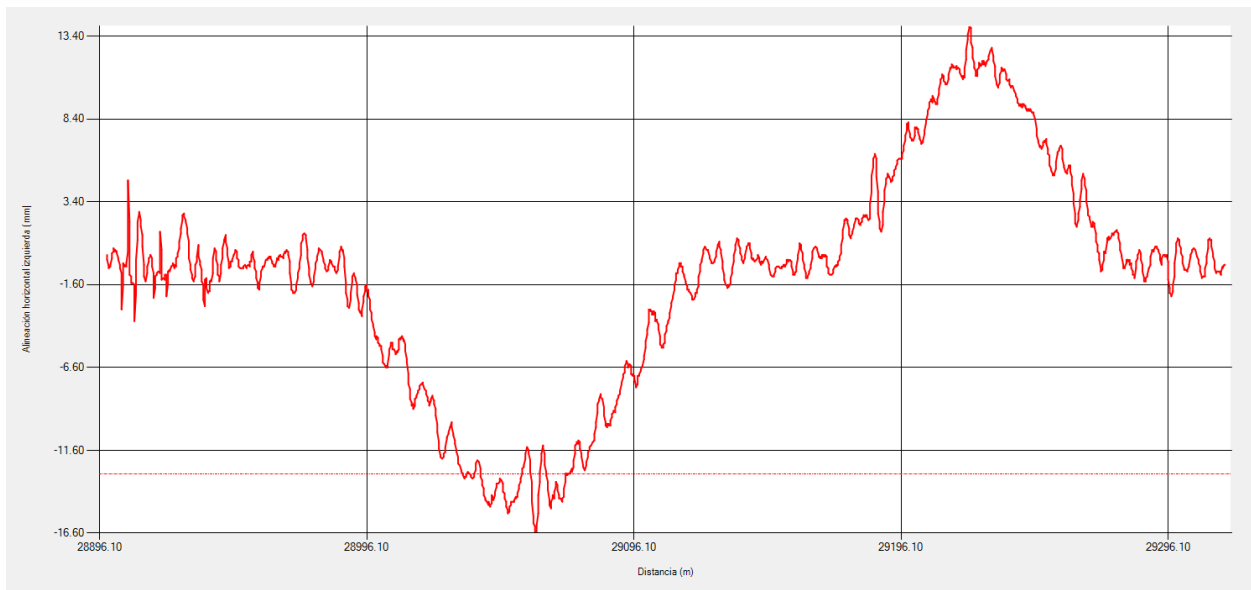
**Figura 77. Peralte tramo 29+320.00 al 28+896.10.**

Se encontraron peraltes entre los cadenamientos 28+896.10 al 29+300.20 que exceden los 4 mm en tangente (Para más detalle consultar el Anexo 2.1.).



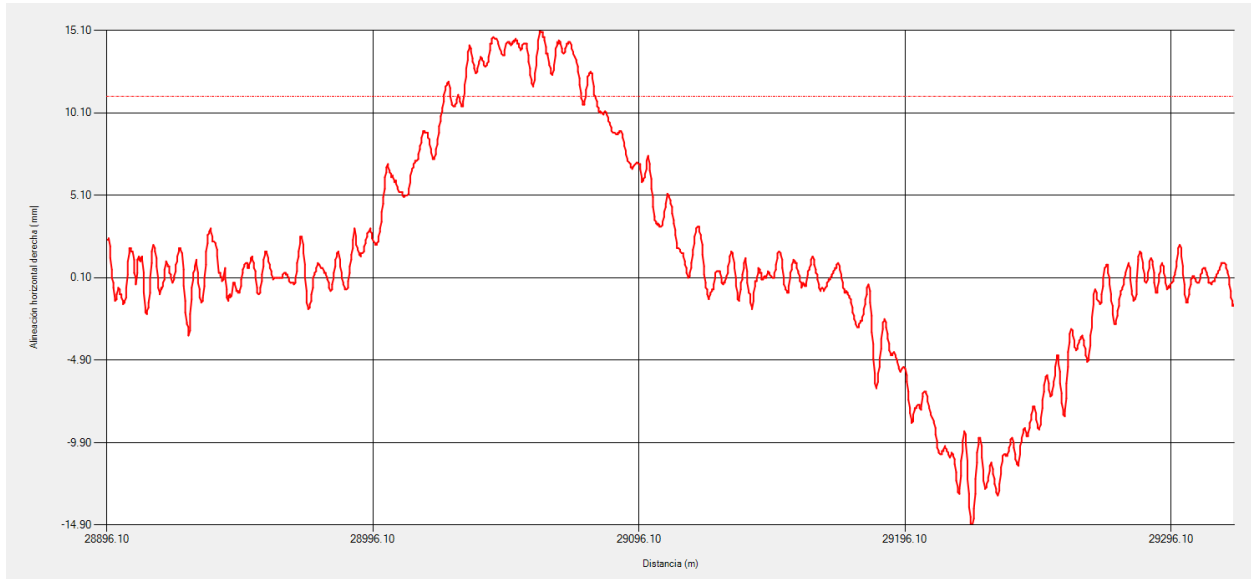
**Figura 78. Alabeo tramo 29+320.00 al 28+896.10.**

Los alabeos máximo y mínimo corresponden a las curvas horizontales, sin embargo, se encuentran alabeos que exceden los parámetros en tangente.

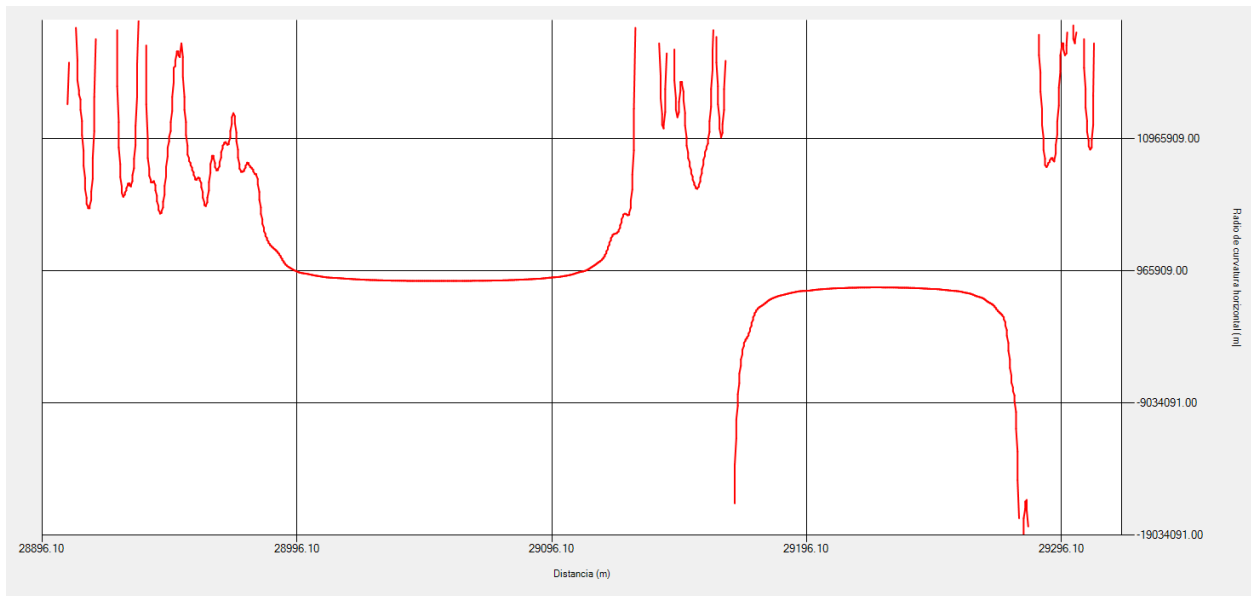


**Figura 79. Alineación Horizontal Izquierda tramo 29+320.00 al 28+896.10.**

En este tramo se encuentran dos curvas, en los cadenamientos, 29+053.358 y 29+224.138, correspondientes a las curvas 65-2 y 66-2; éstas se aprecian en las figuras 79 y 80.



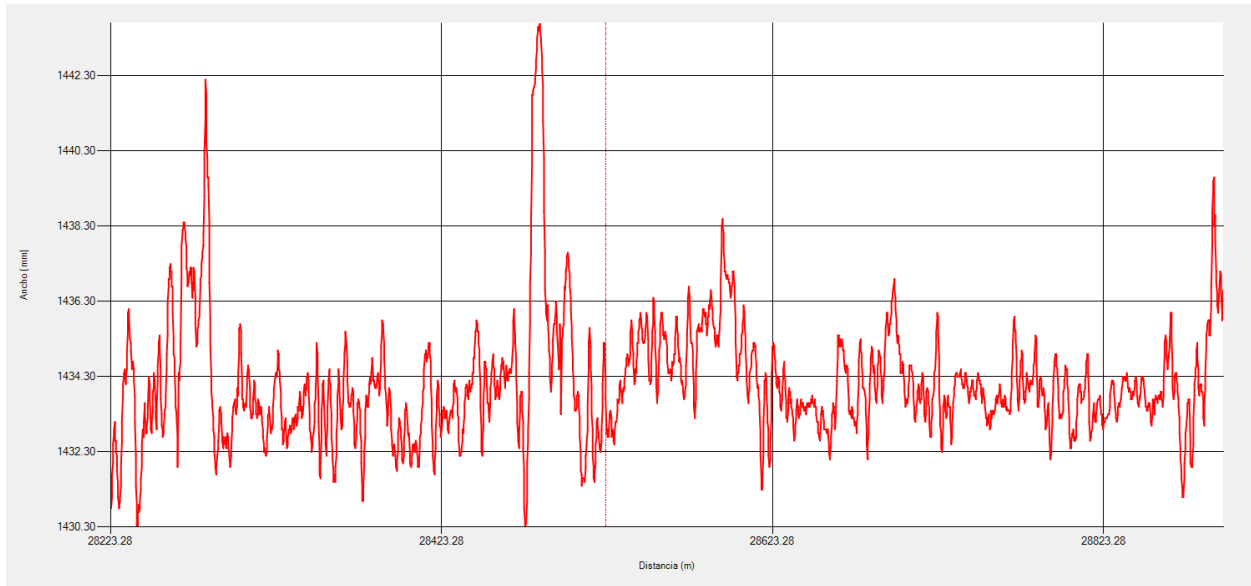
**Figura 80. Alineación Horizontal Derecha tramo 29+320.00 al 28+896.10.**



**Figura 81. Radio de curvatura tramo 29+320.00 al 28+896.10.**

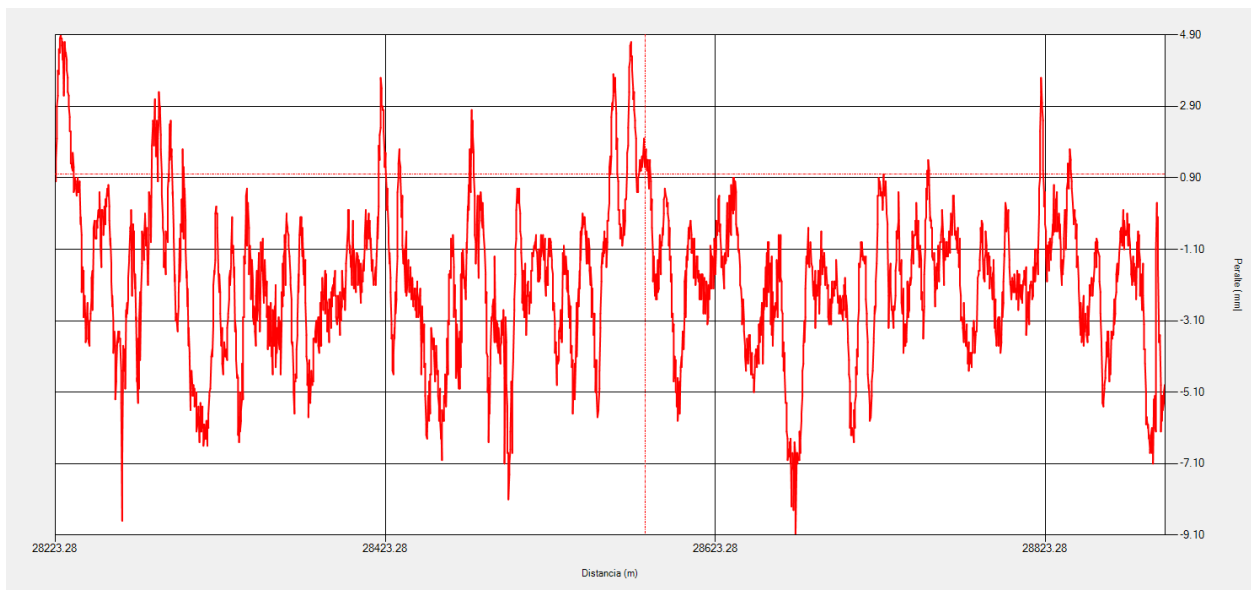
Los radios de curvatura aproximados, medidos en campo, para las curvas 65-2 y 66-2 son de 226.50m, 251.35m, respectivamente.

#### 4.2.4. Cadenamiento 28+895.877 al 28+233.277.



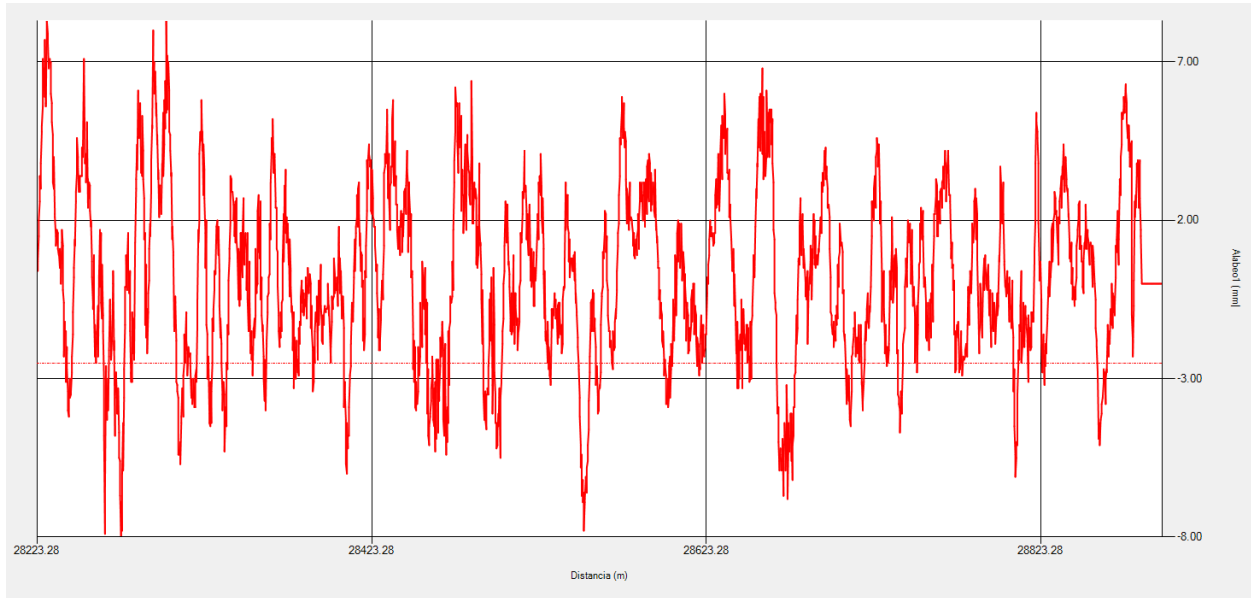
**Figura 82. Ancho de vía (Escantillón) tramo 28+895.877 al 28+233.277.**

El escantillón se encuentra dentro de parámetros, los picos que se aprecian en la gráfica corresponden a los aparatos de vía, (Para más detalle consultar el Anexo 2.1.), por lo que se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la Norma Europea.



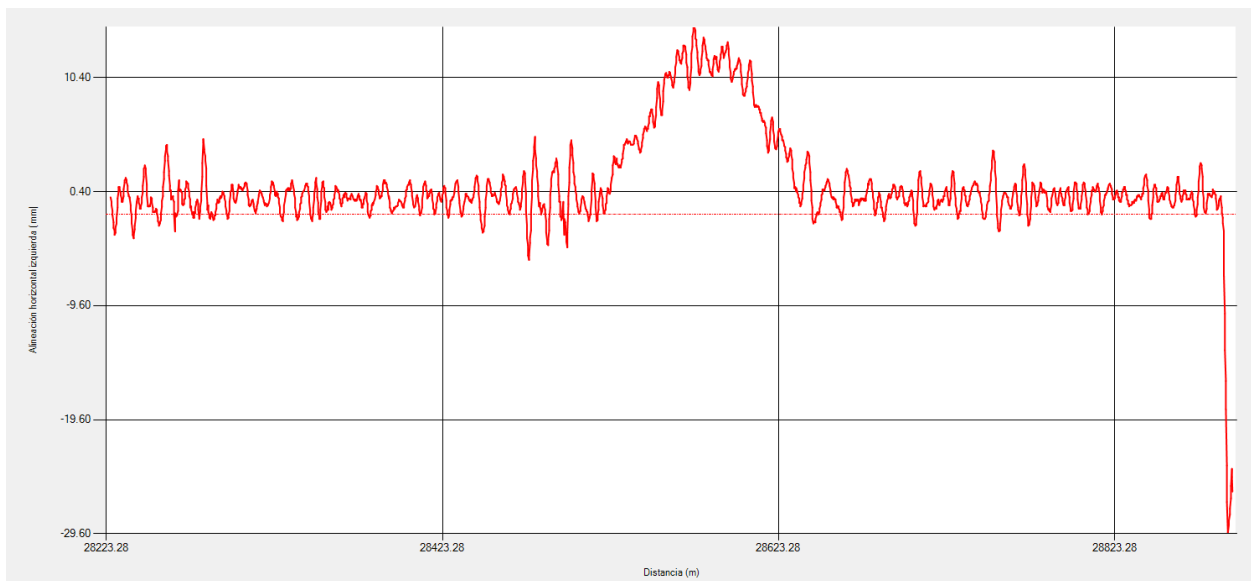
**Figura 83. Peralte tramo 28+895.877 al 28+233.277.**

Los peraltes mayores corresponden a las curvas que se encuentran en el tramo, las cuales son 64-2, 63-B2, que alcanzan peraltes máximos de 9.1 mm.



**Figura 84. Alabeo tramo 28+895.877 al 28+233.277.**

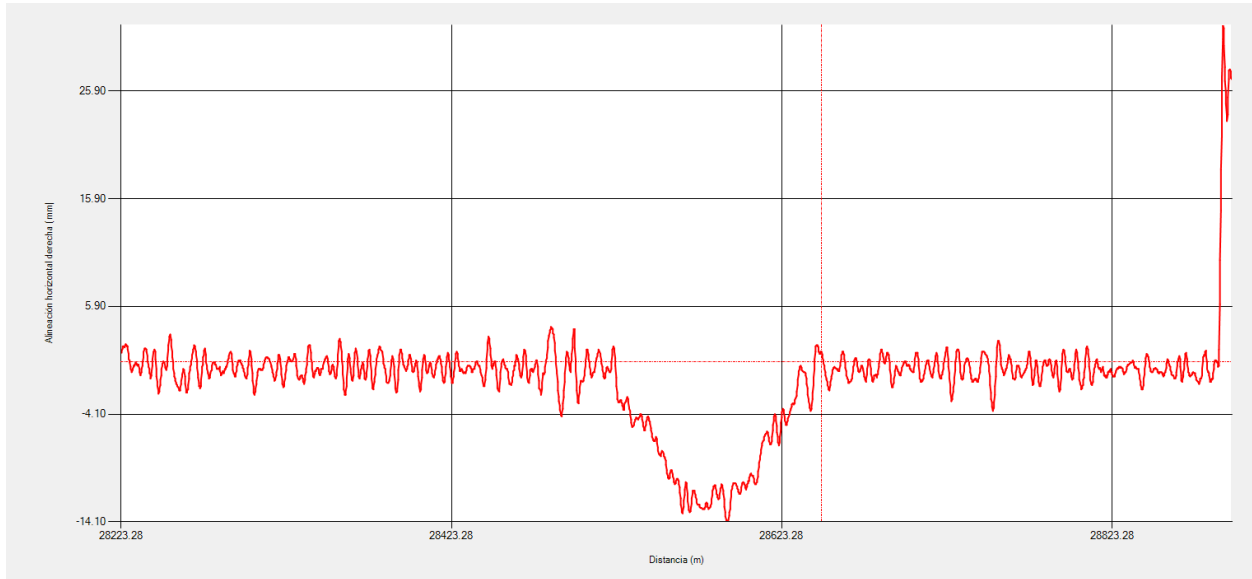
El alabeo máximo y mínimo corresponden a las curvas horizontales, sin embargo, se encuentran alabeos que exceden los parámetros en tangente.



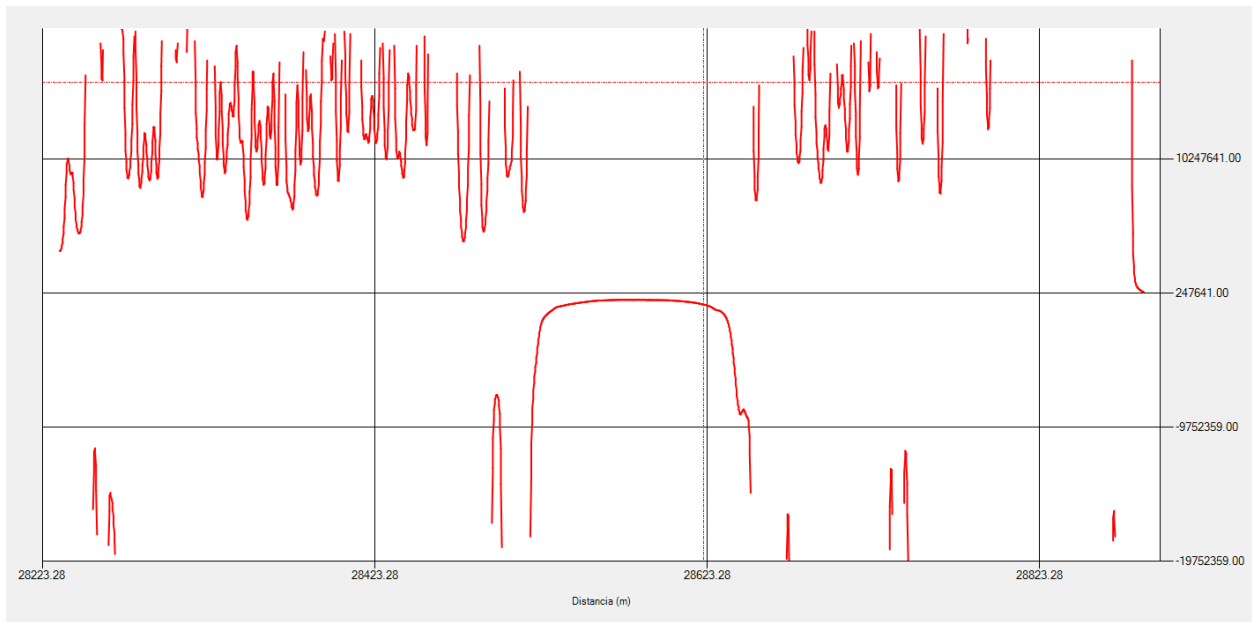
**Figura 85. Alineación Horizontal Izquierda tramo 28+895.877 al 28+233.277.**

En este tramo se encuentran dos curvas, 63-B2 y 64-2, en los cadenamientos, 28+225 y 28+580.49, la curva 63-B2 no se aprecia en la gráfica.





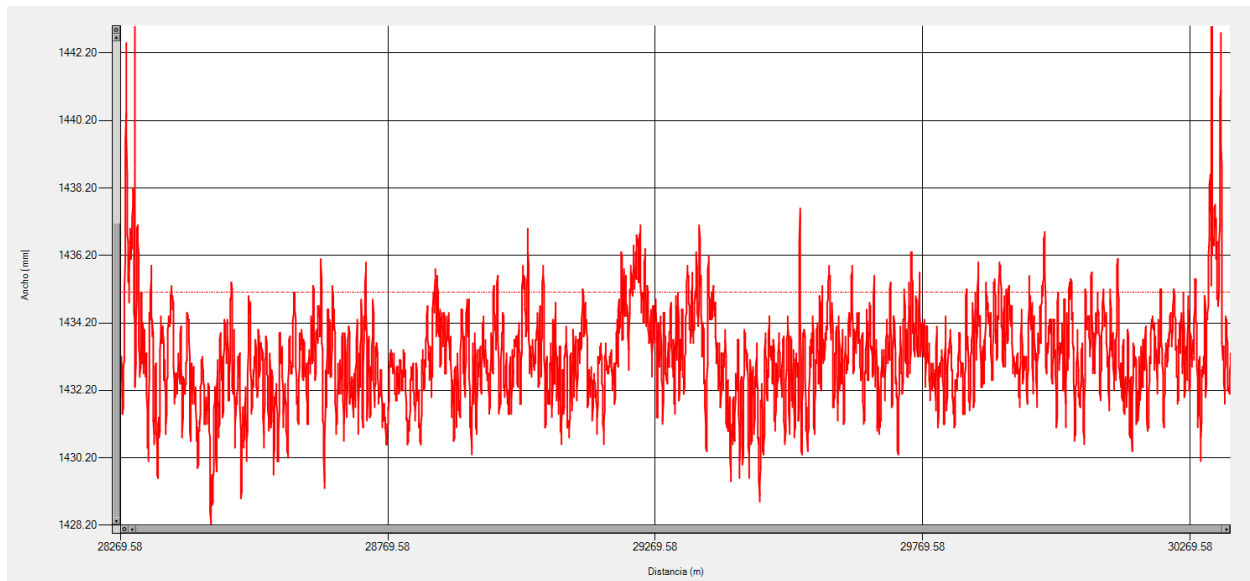
**Figura 86. Alineación Horizontal Derecha tramo 28+895.877 al 28+233.277.**



**Figura 87. Radio de curvatura tramo 28+895.877 al 28+233.277.**

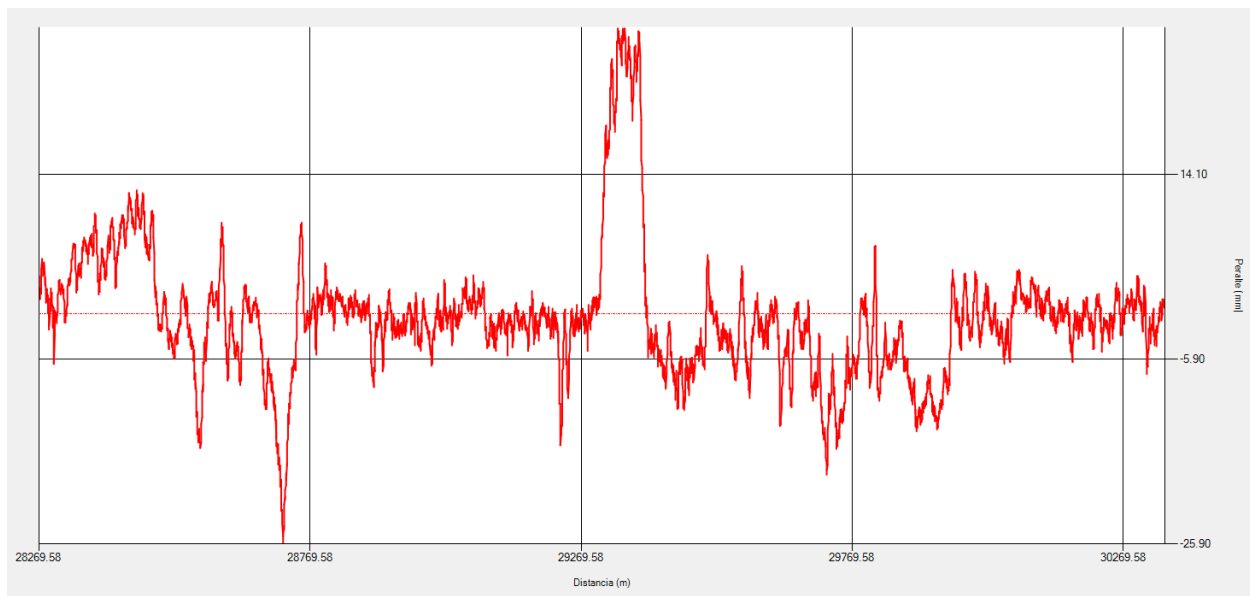
El radio de curvatura aproximado, medidos en campo, para la curva 64-2, es de 254.87m.

## 4.2.5. Cadenamiento 28+269.279 al 26+193.879.



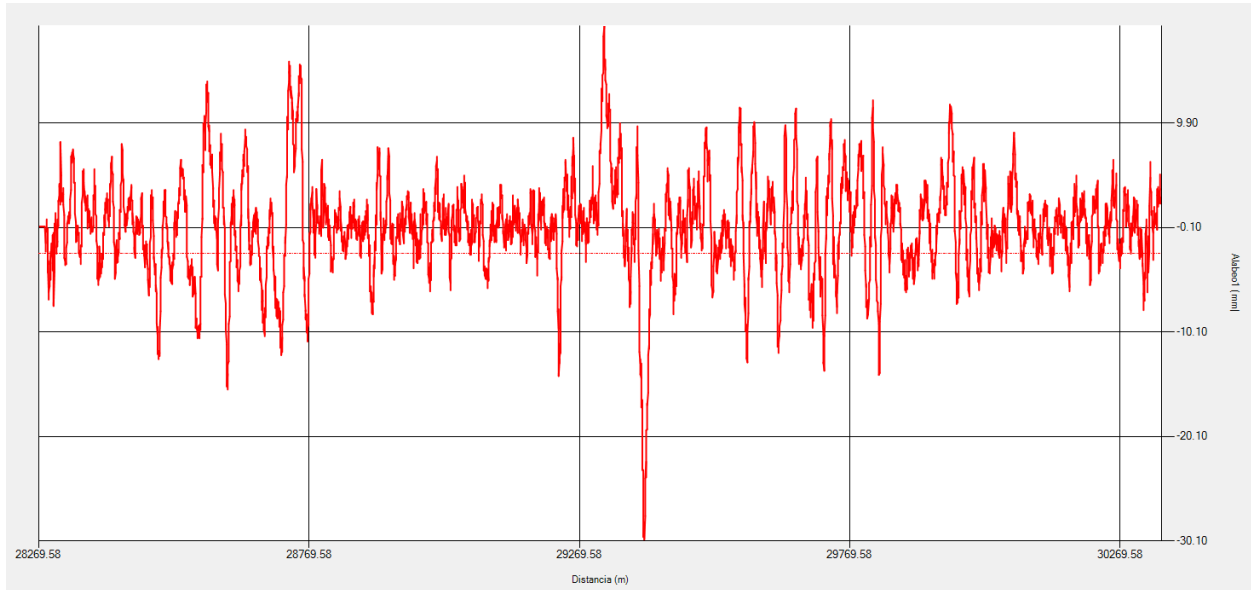
**Figura 88. Ancho de vía (Escantillón) tramo 28+269.279 al 26+193.879.**

El escantillón se encuentra, en promedio, por debajo del escantillón estándar; los picos del inicio y final corresponden a los aparatos de vía, (Para más detalle consultar el Anexo 2.1.), En algunos cadenamientos este parámetro está por debajo de la Norma Europea, sin embargo, cumple con lo establecido por AREMA.



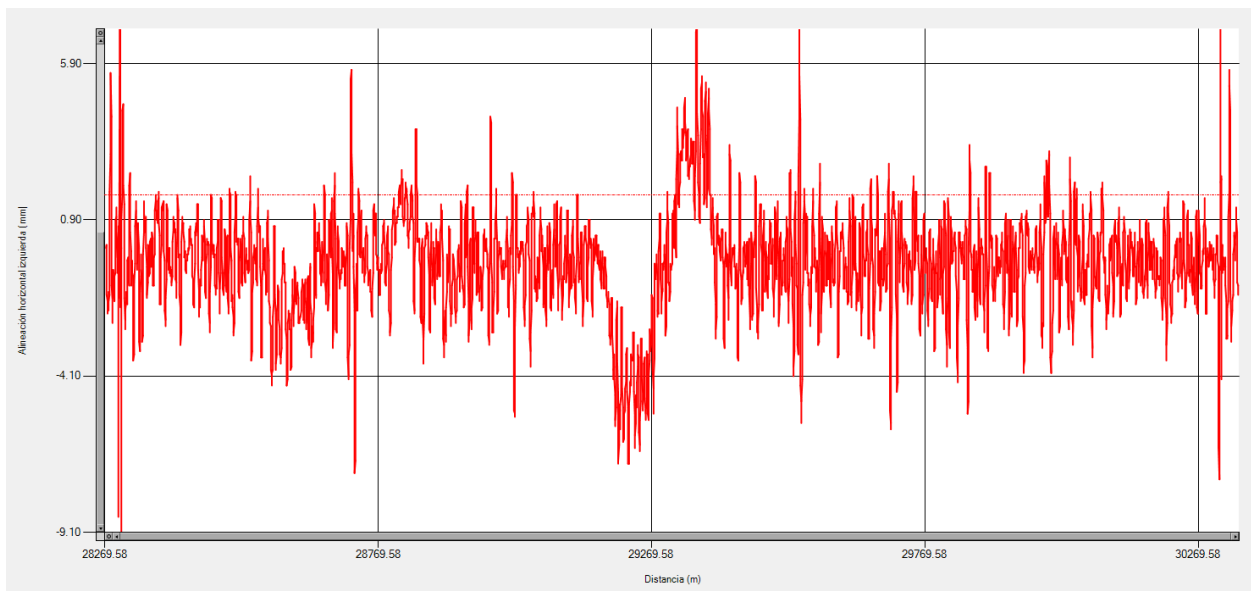
**Figura 89. Peralte tramo 28+269.279 al 26+193.879.**

Los peraltes mayores corresponden a las curvas que se encuentran en el tramo, las cuales son 63-B2, 63-A2, 63-2, 62-2, 61-2, 60-2, 59-2, 58-2, 57-2, que alcanzan peraltes máximos de 30 mm.



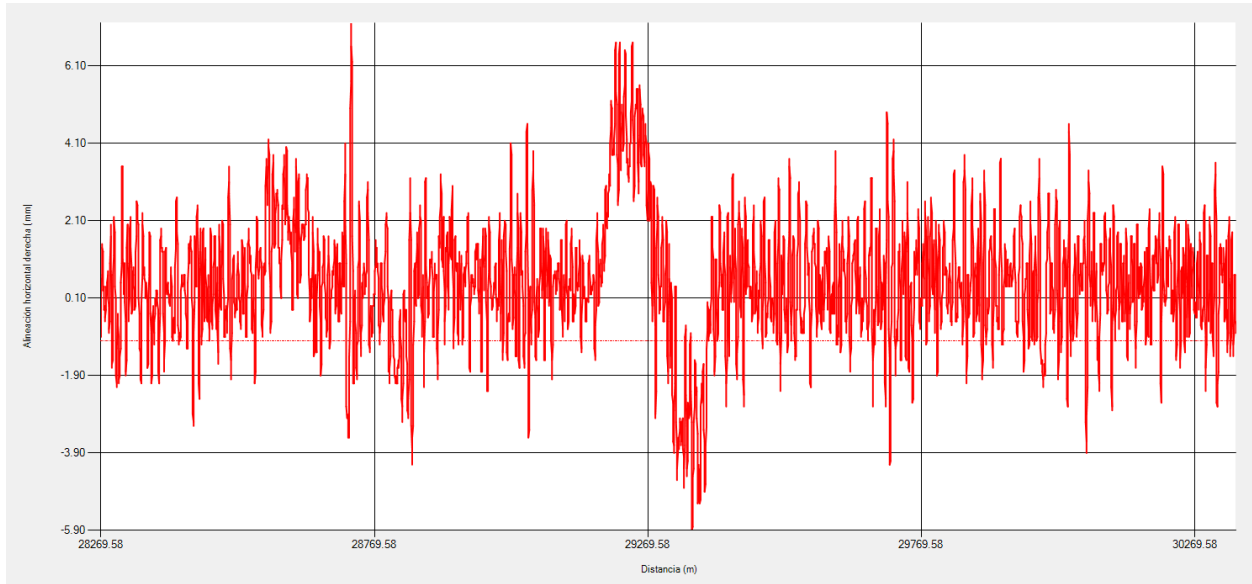
**Figura 90. Alabeo tramo 28+269.279 al 26+193.879.**

El alabeo máximo y mínimo corresponden a las curvas horizontales, sin embargo, se encuentran alabeos que exceden los parámetros.

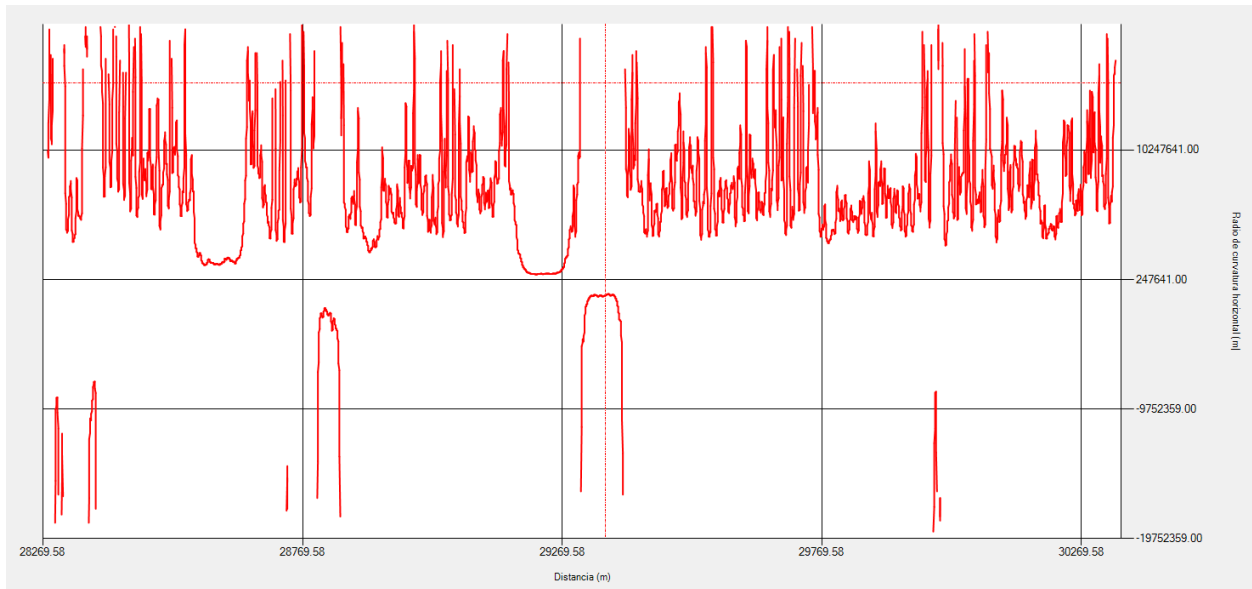


**Figura 91. Alineación Horizontal Izquierda tramo 28+269.279 al 26+193.879.**

En este tramo se encuentran curvas, 63-B2, 63-A2, 63-2, 62-2, 61-2, 60-2, 59-2, 58-2, 57-2, en los cadenamientos 28+225, 28+192.73, 27+954.866, 27+742.758, 27+660.374, 27+330.338, 27+218.892, 26+557.981, 26+354.774, estos se pueden apreciar en las figuras 91 y 92.



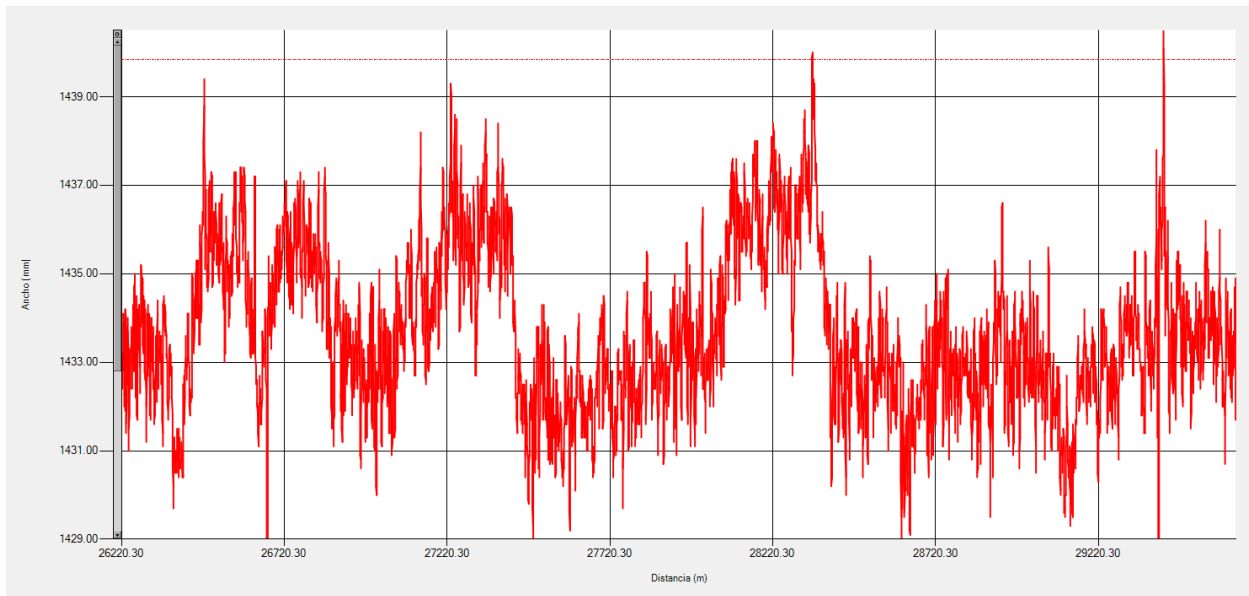
**Figura 92. Alineación Horizontal Derecha tramo 28+269.279 al 26+193.879.**



**Figura 93. Radio de curvatura tramo 28+269.279 al 26+193.879.**

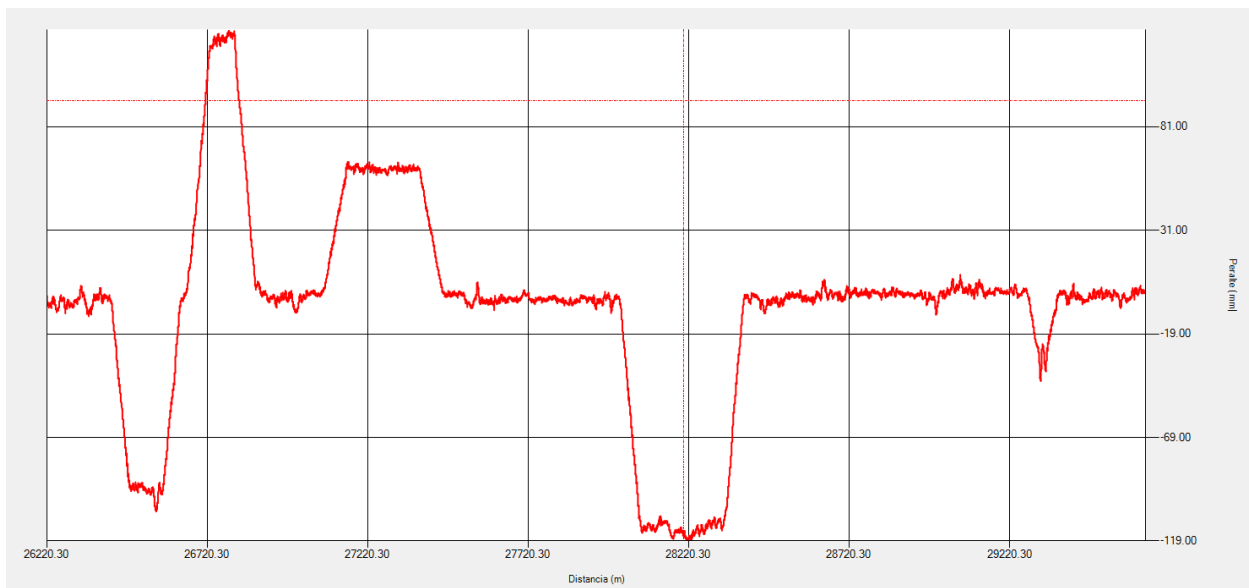
De acuerdo con las mediciones en el tramo se identifican las siguientes curvas, 63-B2, 63-A2, 63-2, 62-2, 61-2, 60-2, 59-2, 58-2, 57-2.

## 4.2.6. Cadenamiento 26+220.00 al 22+796.40.



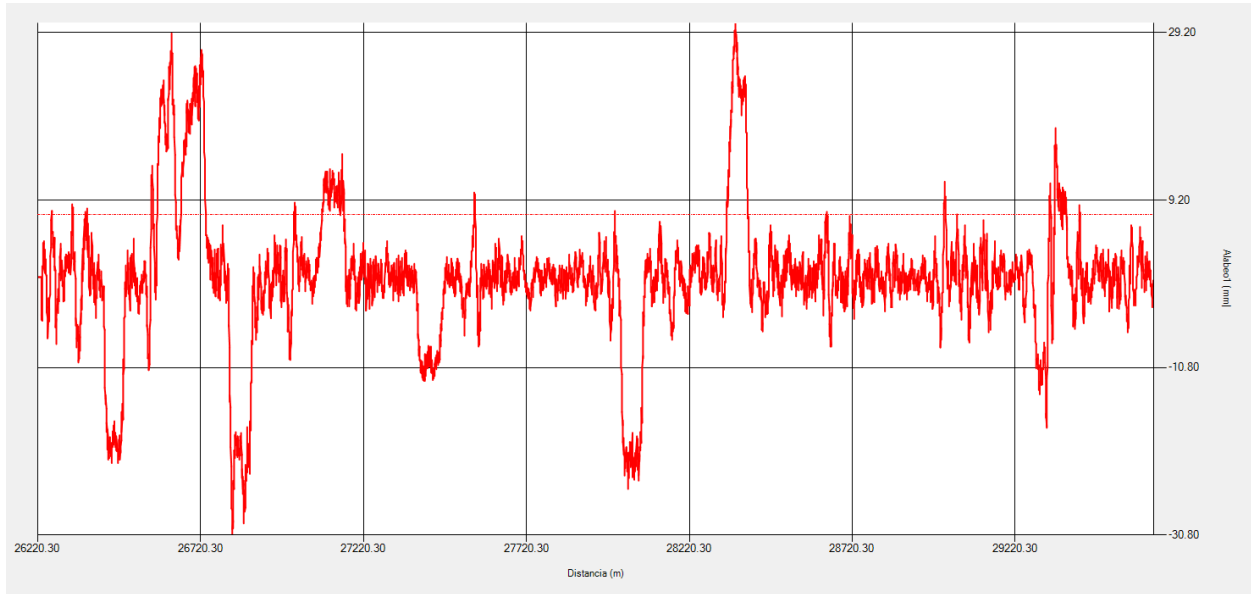
**Figura 94. Ancho de vía (Escantillón) tramo 26+220.00 al 22+796.40.**

El escantillón se encuentra por debajo del límite inferior establecido por la Norma Europea, los picos que se aprecian en la gráfica corresponden a los aparatos de vía. El escantillón máximo es de 1440.5 mm y se encuentra en el cadenamiento 23+018.1; el escantillón mínimo 1429 mm y se encuentra en el cadenamiento 23+824.2.



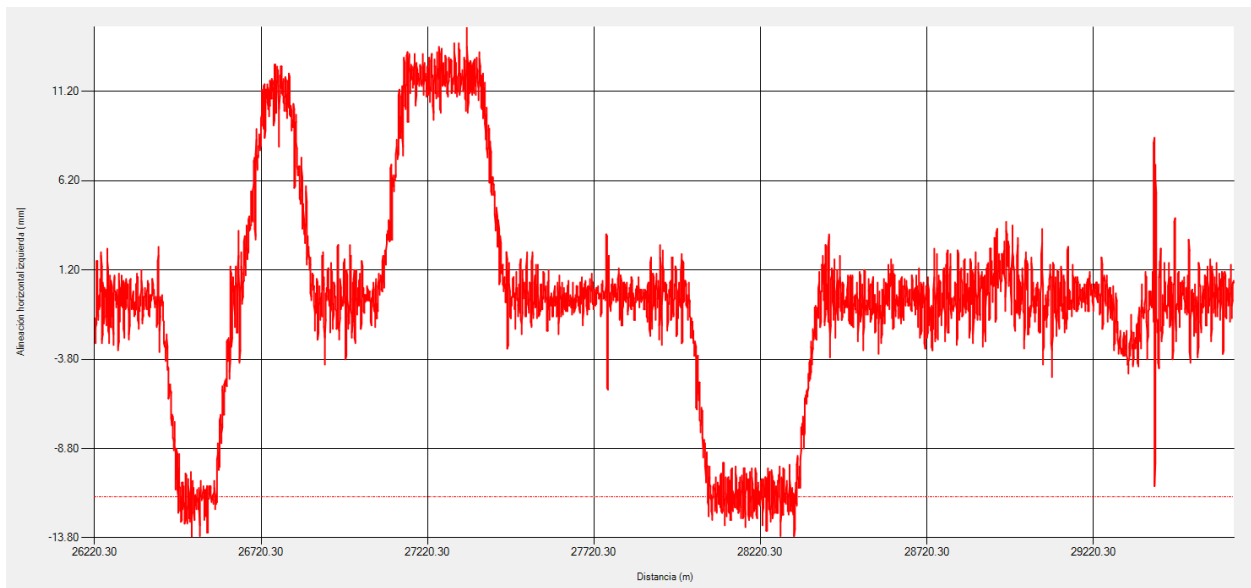
**Figura 95. Peralte tramo 26+220.00 al 22+796.40.**

Los peraltes que rebasan las tolerancias se encuentran en las curvas siguientes del tramo medido, 56-2, 55-2, 54-2, 53-2, 52-2, 51-2, 50-2.



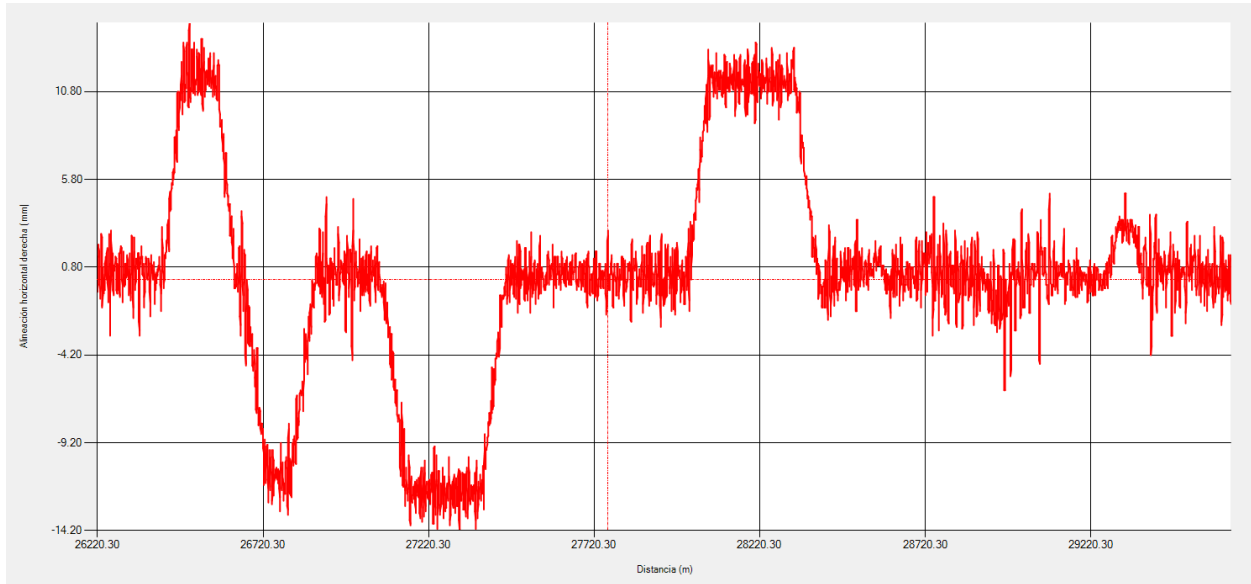
**Figura 96. Alabeo tramo 26+220.00 al 22+796.40.**

En la Estación Parque de los Venados entre el cadenamiento 25+425 y 25+434 se encuentra el alabeo excede el parámetro superior establecido en la Norma Europea, sin embargo, los alabeos máximos y mínimos corresponden a las transiciones de las curvas.

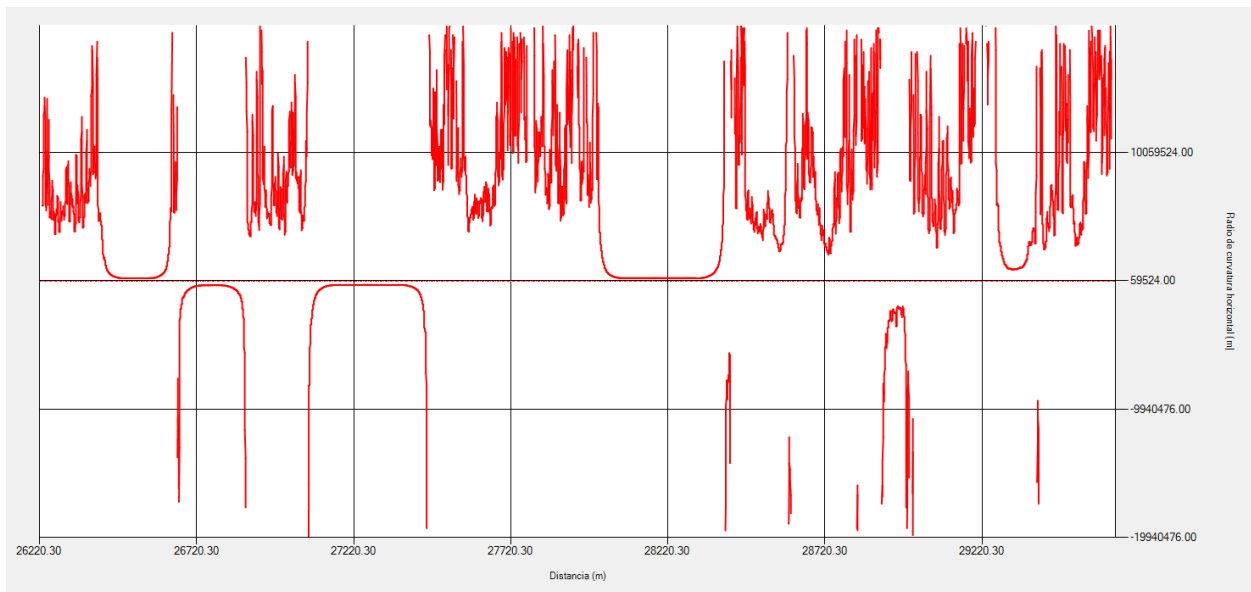


**Figura 97. Alineación Horizontal Izquierda tramo 26+220.00 al 22+796.40.**

En este tramo se tienen las siguientes curvas, 56-2, 55-2, 54-2, 53-2, 52-2, 51-2, 50-2. Las cuales se pueden apreciar en la graficas de las figuras 97 y 98.



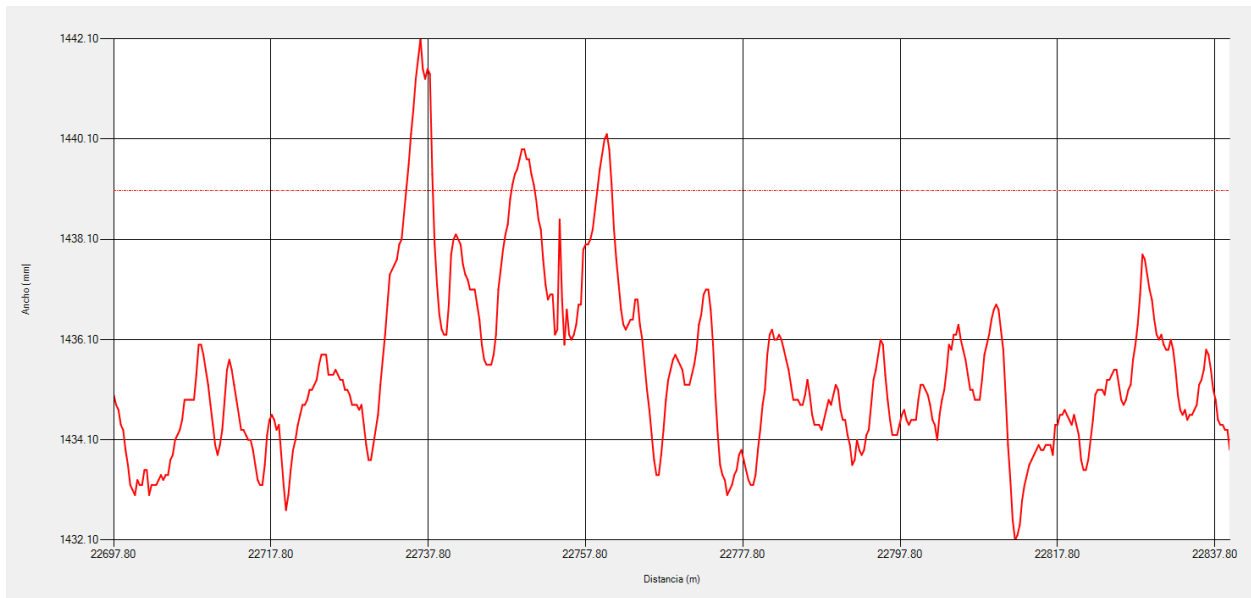
**Figura 98. Alineación Horizontal Derecha tramo 26+220.00 al 22+796.40.**



**Figura 99. Radio de curvatura tramo 26+220.00 al 22+796.40.**

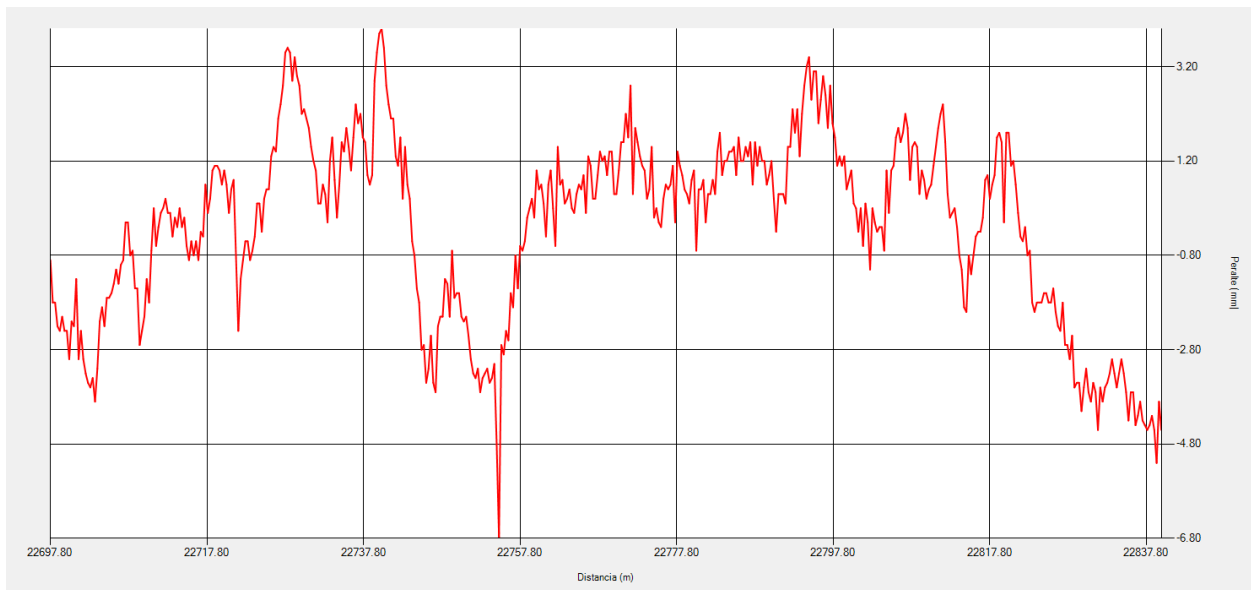
De acuerdo con las mediciones en el tramo se identifican las siguientes curvas, 56-2, 55-2, 54-2, 53-2, 52-2, 51-2, 50-2. Las cuales sus radios corresponden a los que se especifican en la Tabla 1.

## 4.2.7. Cadenamiento 22+840.00 al 22+697.80.



**Figura 100. Ancho de vía (Escantillón) tramo 22+840.00 al 22+697.80.**

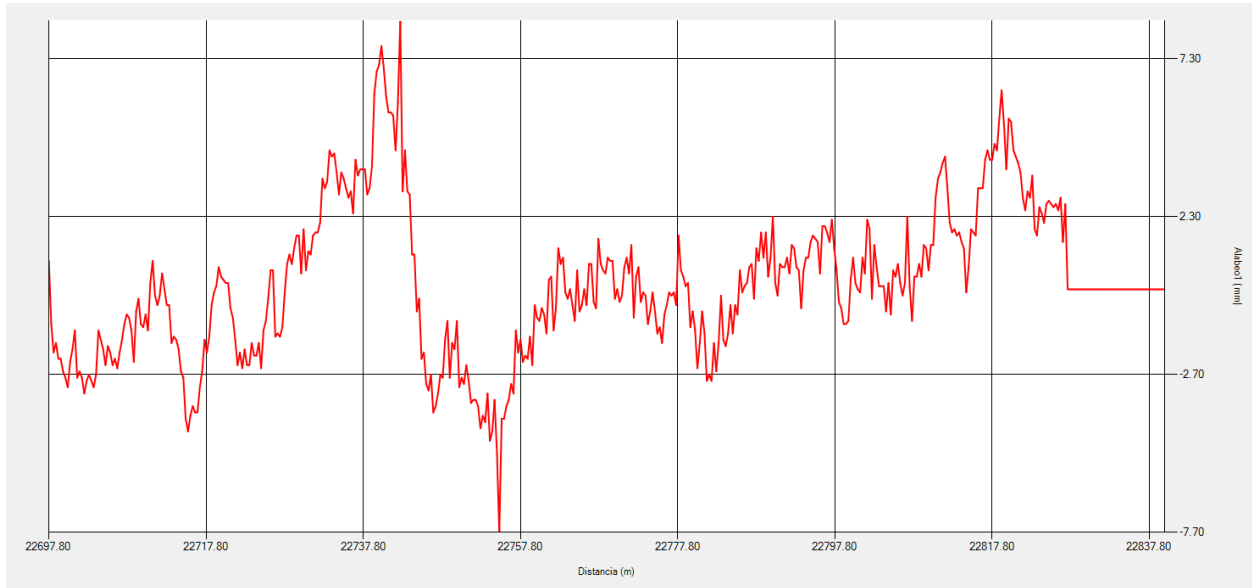
El escantillón está dentro de los límites establecidos por la Norma Europea, el pico de 1442.10 que se observa en el cadenamiento 22+736.8 corresponde a un aparato de vía. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1).



**Figura 101. Peralte tramo 22+840.00 al 22+697.80.**

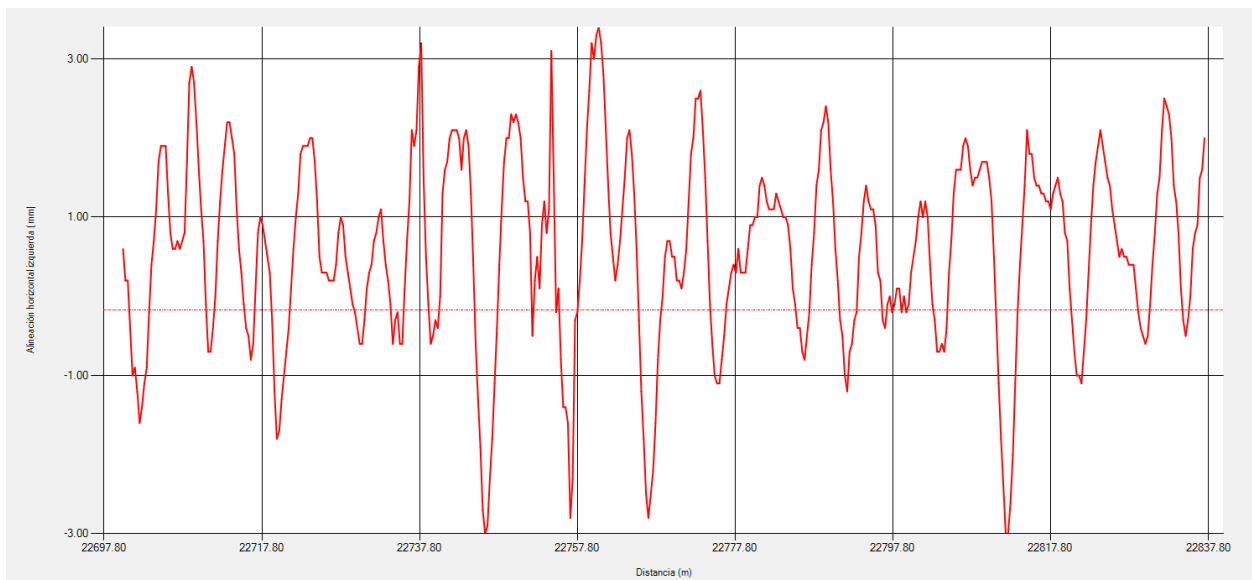
El peralte se encuentra dentro de parámetros, el pico inferior es debido al aparato de vía. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1).





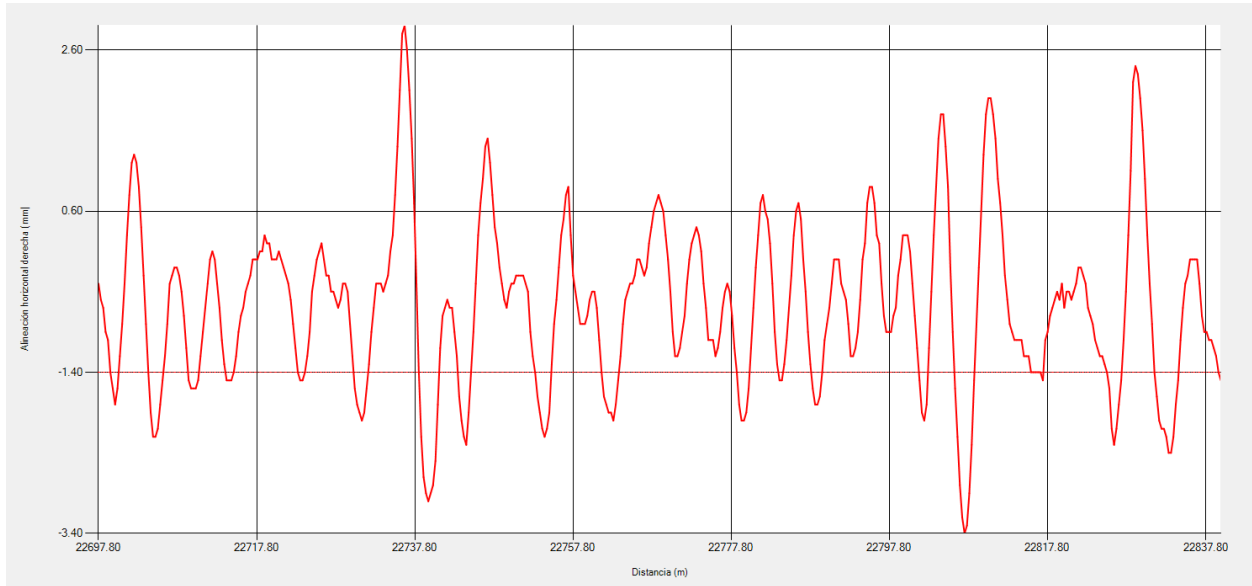
**Figura 102. Alabeo tramo 22+840.00 al 22+697.80.**

El alabeo se encuentra dentro de parámetros, los picos que están fuera de parámetros son debido al aparato de vía. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1).

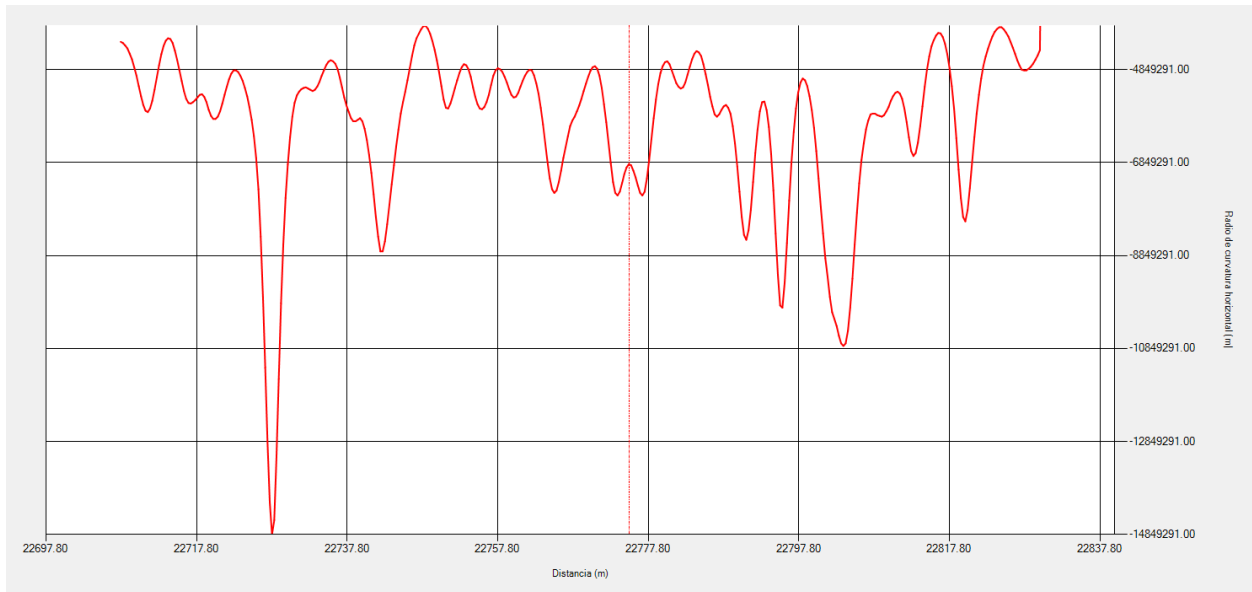


**Figura 103. Alineación Horizontal Izquierda tramo 22+840.00 al 22+697.80.**

En este tramo no se detectan curvas. Esto se puede apreciar en las figuras 103 y 104.



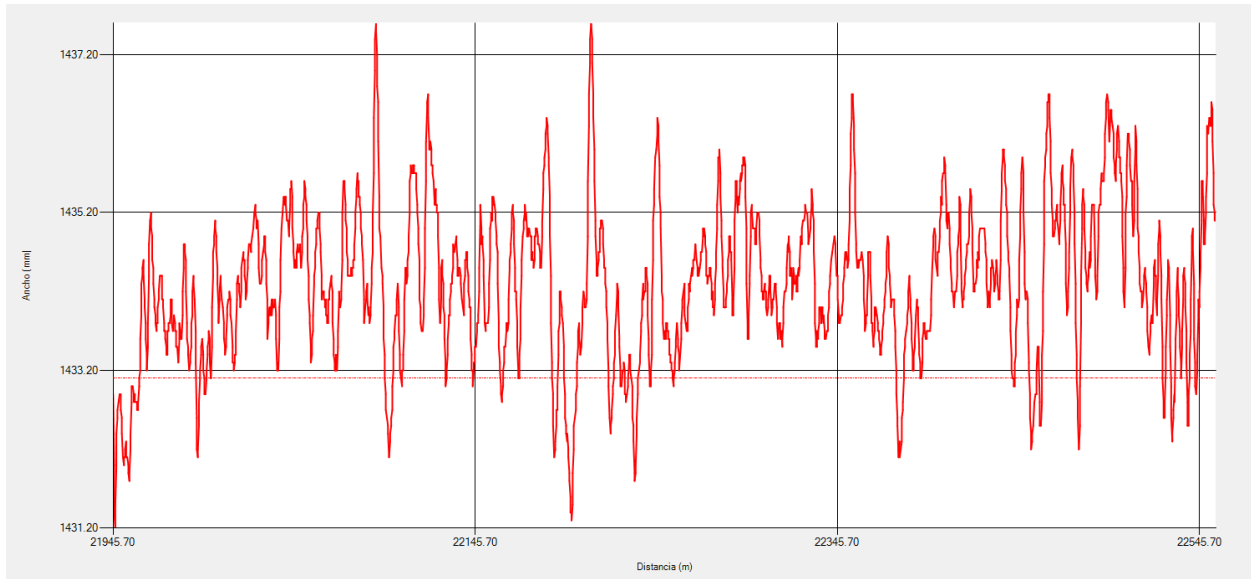
**Figura 104. Alineación Horizontal Derecha tramo 22+840.00 al 22+697.80.**



**Figura 105. Radio de curvatura tramo 22+840.00 al 22+697.80.**

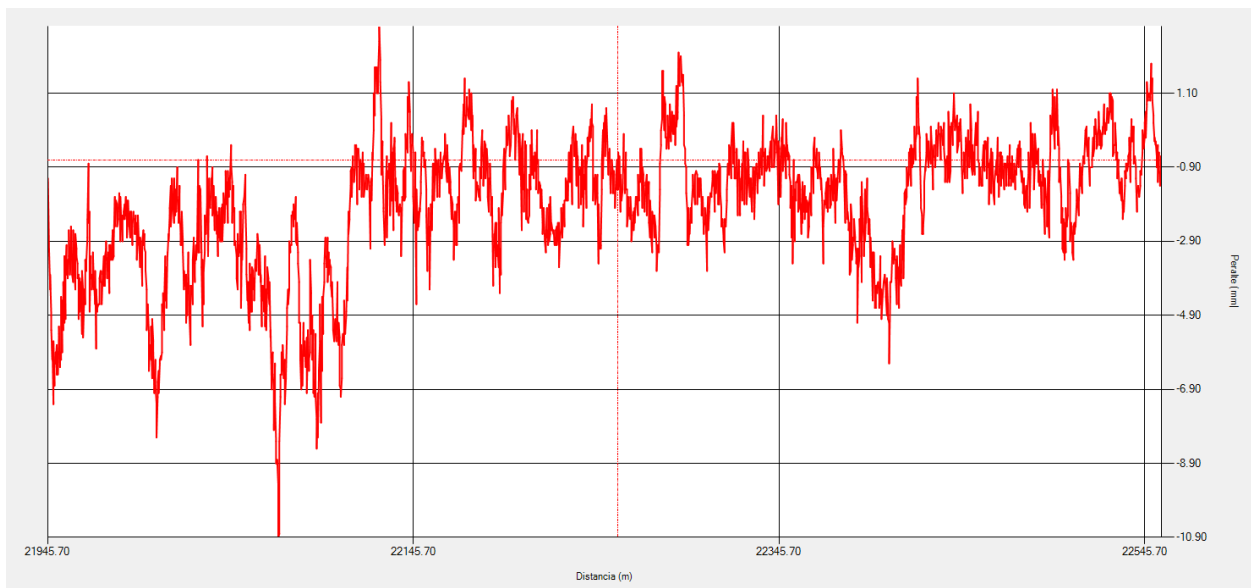
En este tramo no se encuentran curvas. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1).

## 4.2.8. Cadenamiento 22+555.00 al 21+945.70.



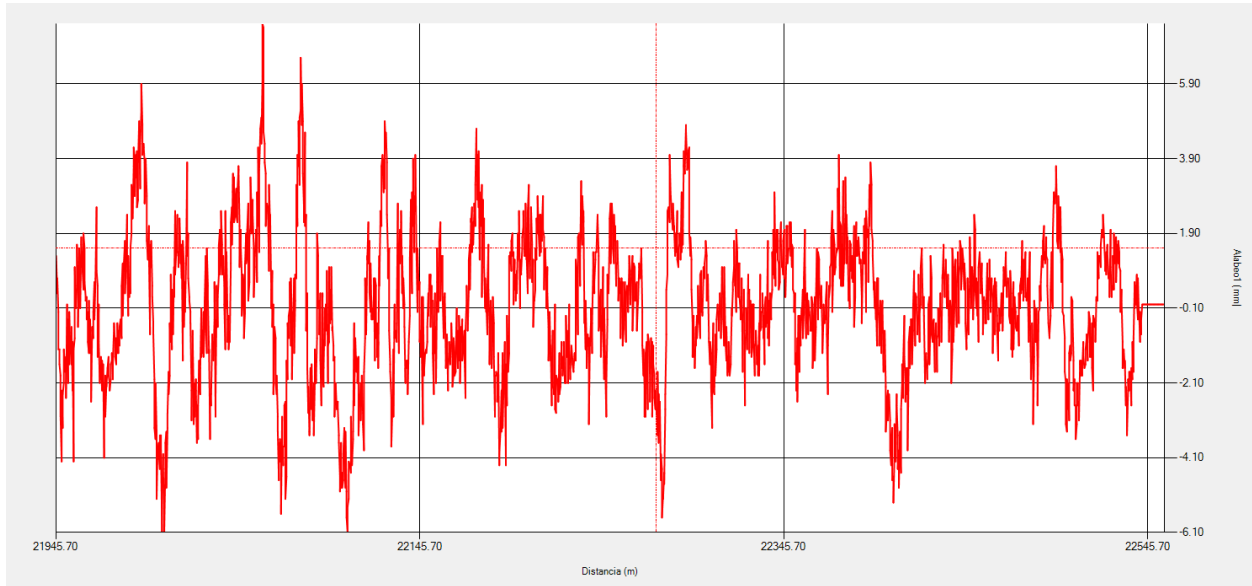
**Figura 106. Ancho de vía (Escantillón) tramo 22+555.00 al 21+945.70.**

Para este tramo el escantillón se encuentra dentro de los límites establecidos en la Norma Europea; Sin embargo, en algunos cadenamientos se puede observar anchos de vía menores a 1432. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1). El valor mínimo registrado es de 1431.20 y corresponde al cadenamiento 21+946.6.



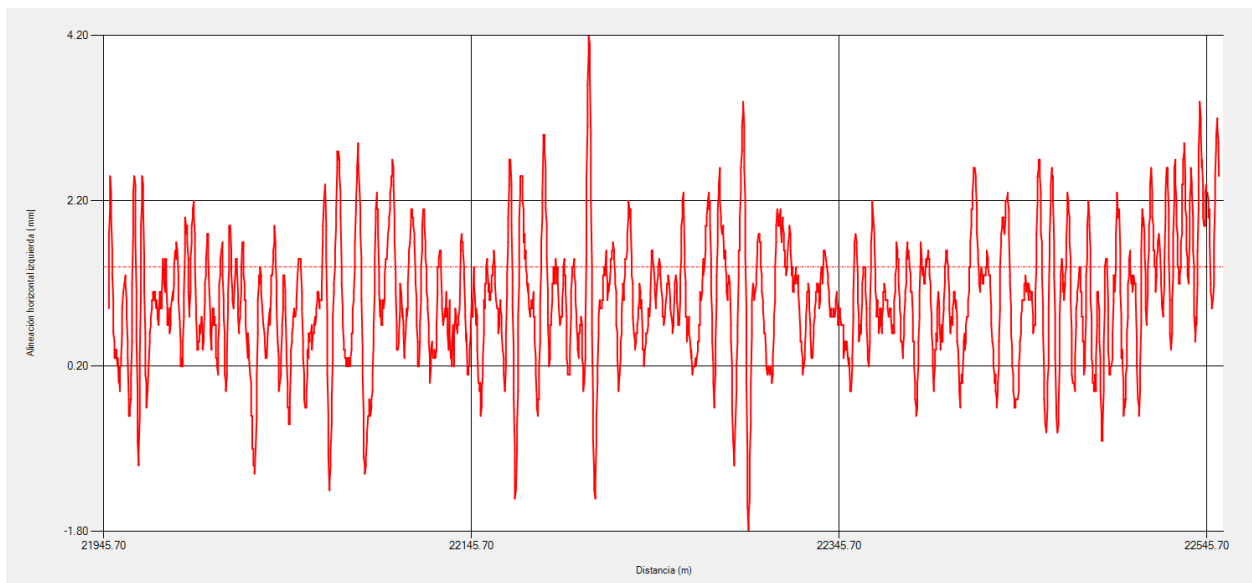
**Figura 107. Peralte tramo 22+555.00 al 21+945.70.**

En este tramo, el peralte se encuentra dentro de parámetros establecidos por la Norma Europea, exceptuando los cadenamientos 22+067.8 al 22+095.04, 22+000.9 al 22+007.5, 21+947.8 al 21+952.6. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1).



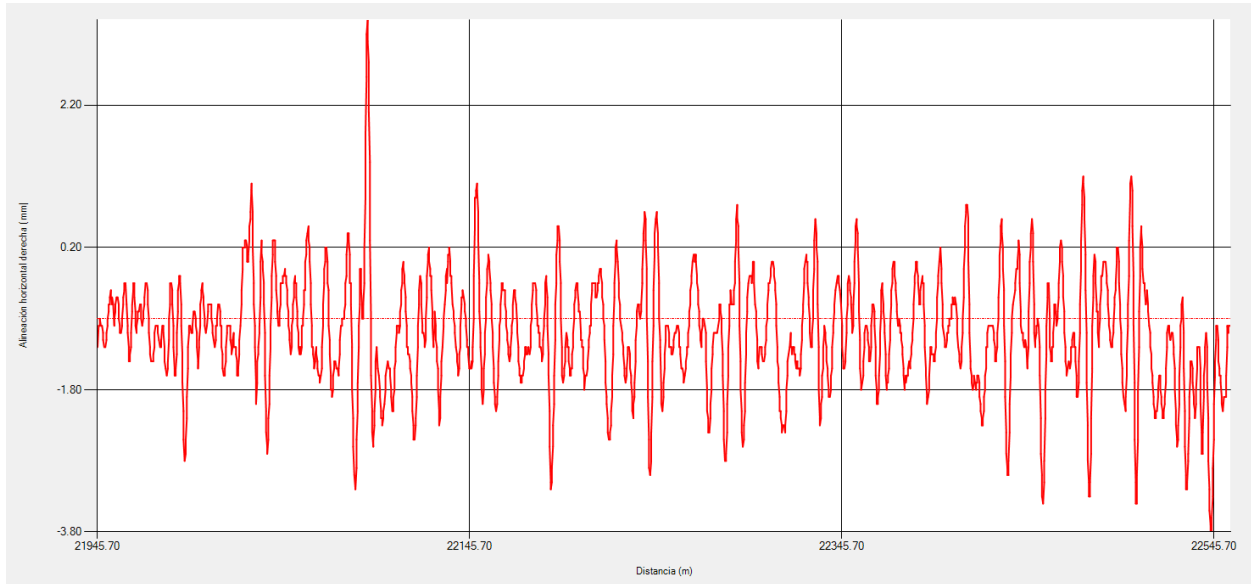
**Figura 108. Alabeo tramo 22+555.00 al 21+945.70.**

El alabeo se encuentra es su mayoría dentro de parámetros, (Para más detalle consultar el Anexo 2.1).

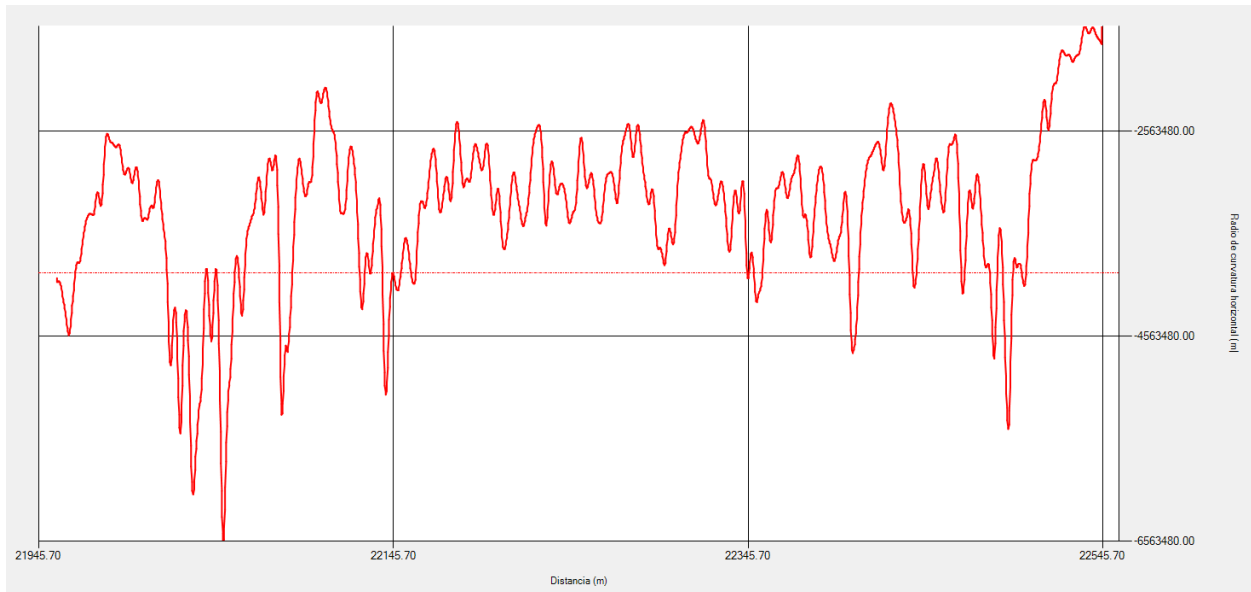


**Figura 109. Alineación Horizontal Izquierda tramo 22+555.00 al 21+945.70.**

En este tramo no se detectan curvas. Esto se puede apreciar en las figuras 109 y 110.



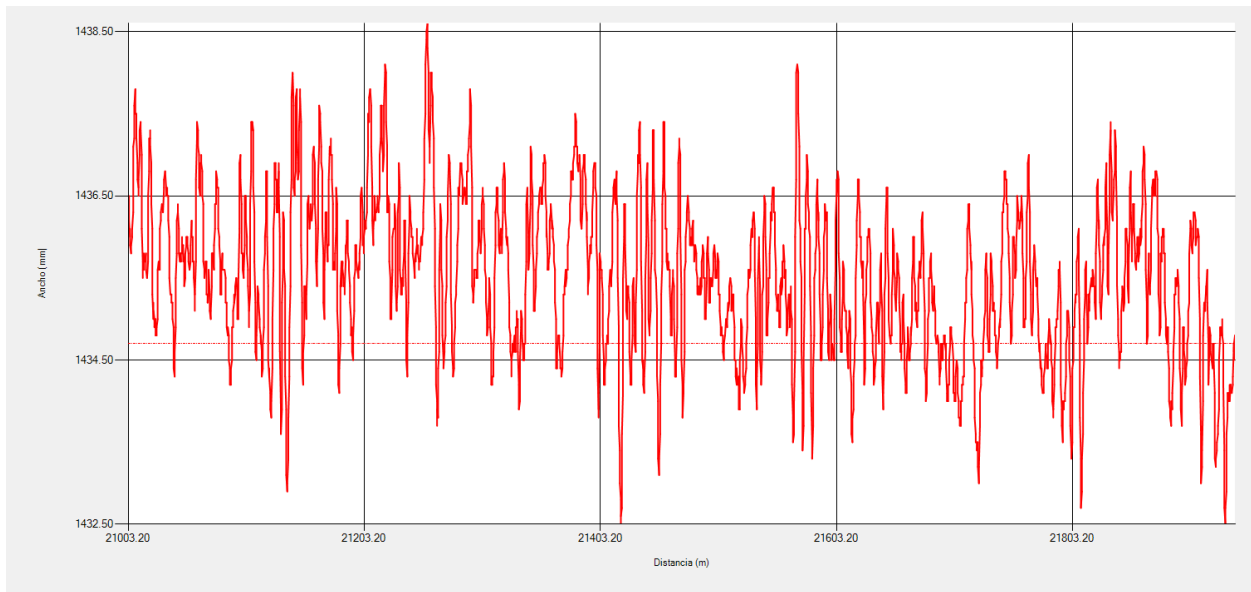
**Figura 110. Alineación Horizontal Derecha tramo 22+555.00 al 21+945.70.**



**Figura 111. Radio de curvatura tramo 22+555.00 al 21+945.70.**

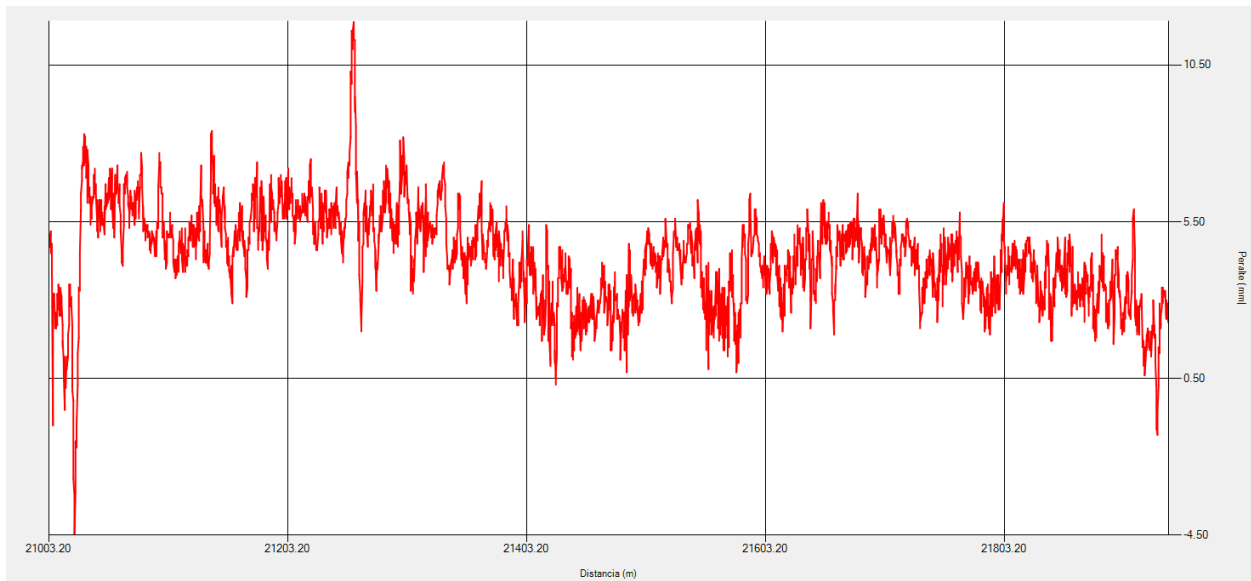
En este tramo no se encuentran curvas. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1).

### 4.2.9. Cadenamiento 21+941.00 al 21+003.20.



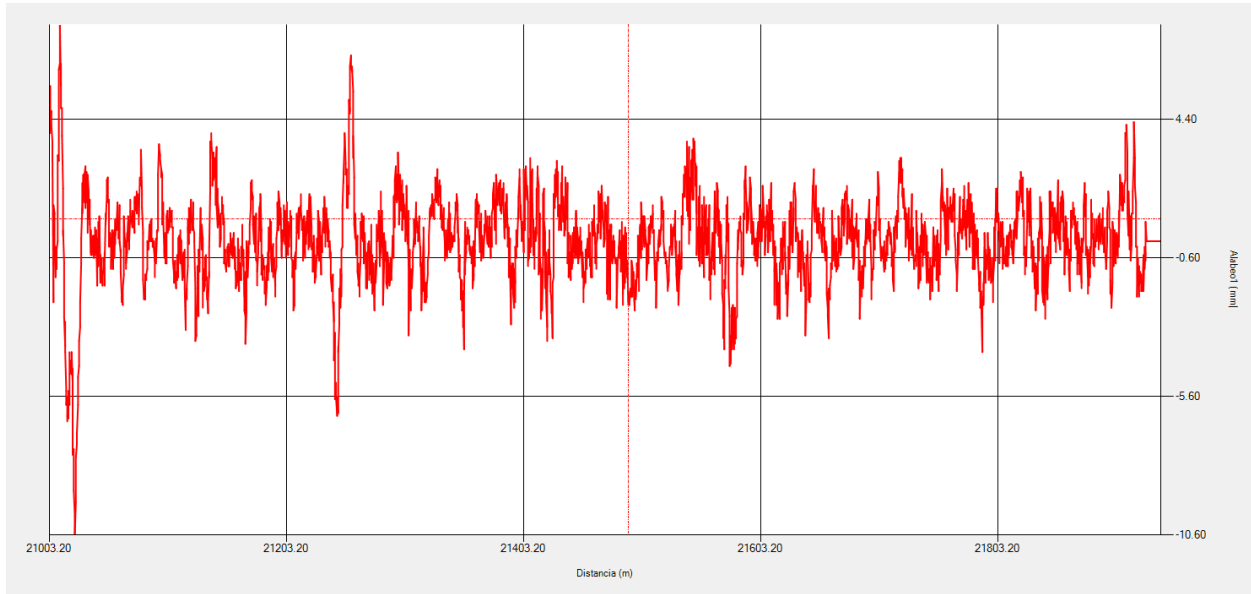
**Figura 112. Ancho de vía (Escantillón) tramo 21+941.00 al 21+003.20.**

El escantillón está dentro de los límites establecidos por la Norma Europea. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1).



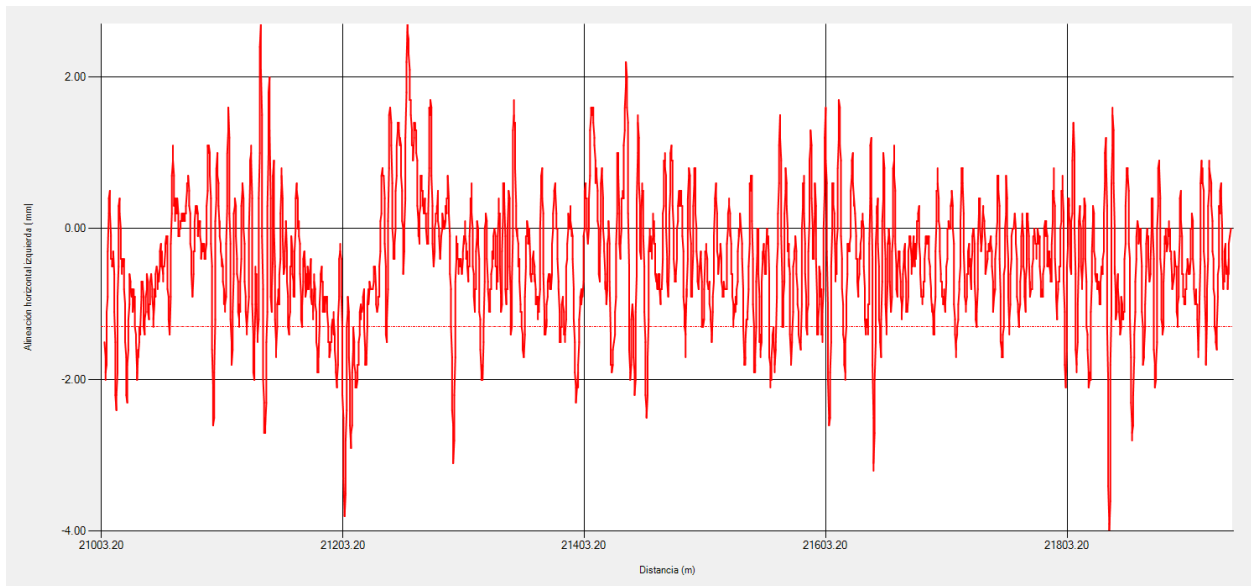
**Figura 113. Peralte tramo 21+941.00 al 21+003.20.**

Los peraltes que sobre pasan los parámetros permitidos, son debidos a las curvas que de presentan en el tramo, las cuales son; ME-2, ME-4, 45-2, 46-2, M3-6 y 47-2. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1).



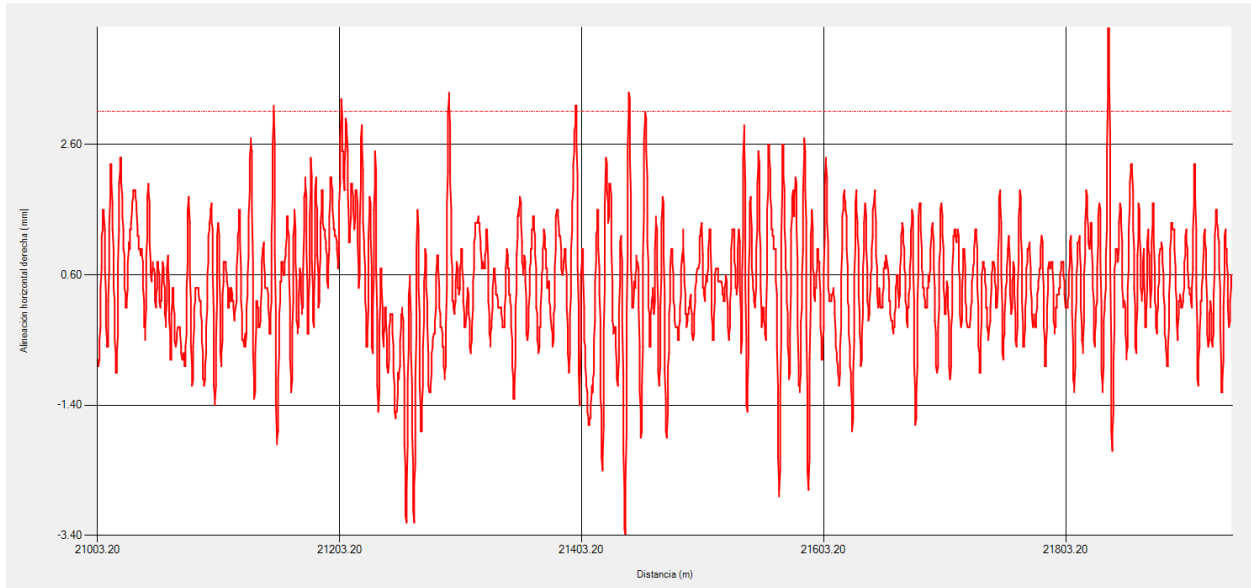
**Figura 114. Alabeo tramo 21+941.00 al 21+003.20.**

En este tramo que excede los parámetros es debido a las curvas que se encuentran en el tramo, las cuales son; ME-2, ME-4, 45-2, 46-2, M3-6 y 47-2. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1).

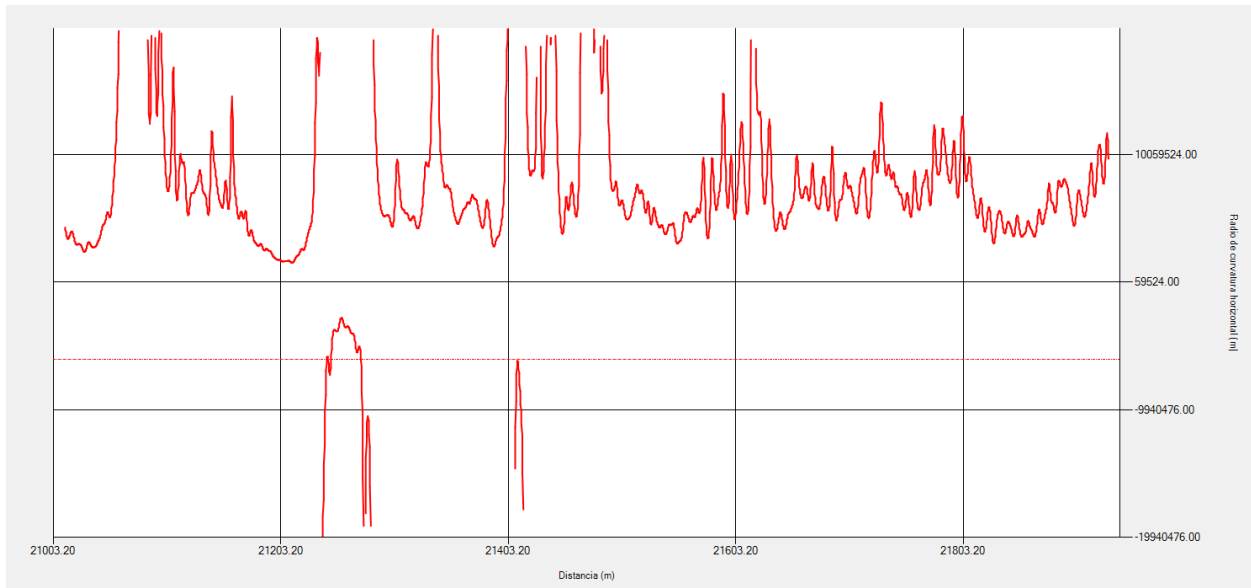


**Figura 115. Alineación Horizontal Izquierda tramo 21+941.00 al 21+003.20.**

En este tramo se pueden apreciar las primeras curvas más definidas. Esto se puede apreciar en las figuras 115 y 116.



**Figura 116. Alineación Horizontal Derecha tramo 21+941.00 al 21+003.20.**

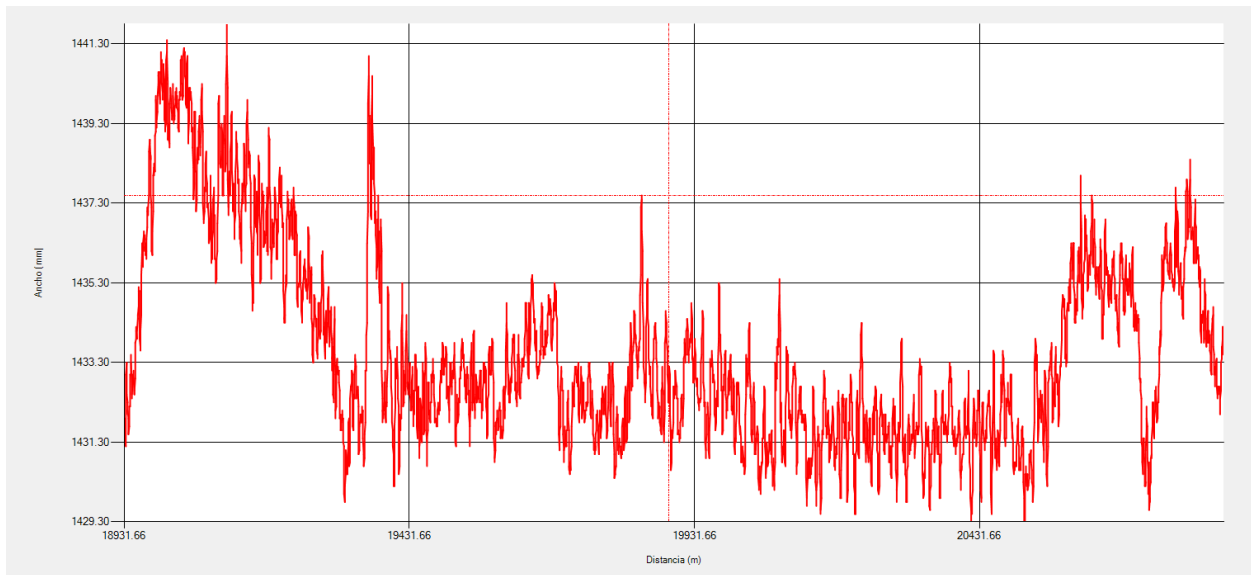


**Figura 117. Radio de curvatura tramo 21+941.00 al 21+003.20.**

Las curvas en este tramo son; ME-2, ME-4, 45-2, 46-2, M3-6 y 47-2. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1).

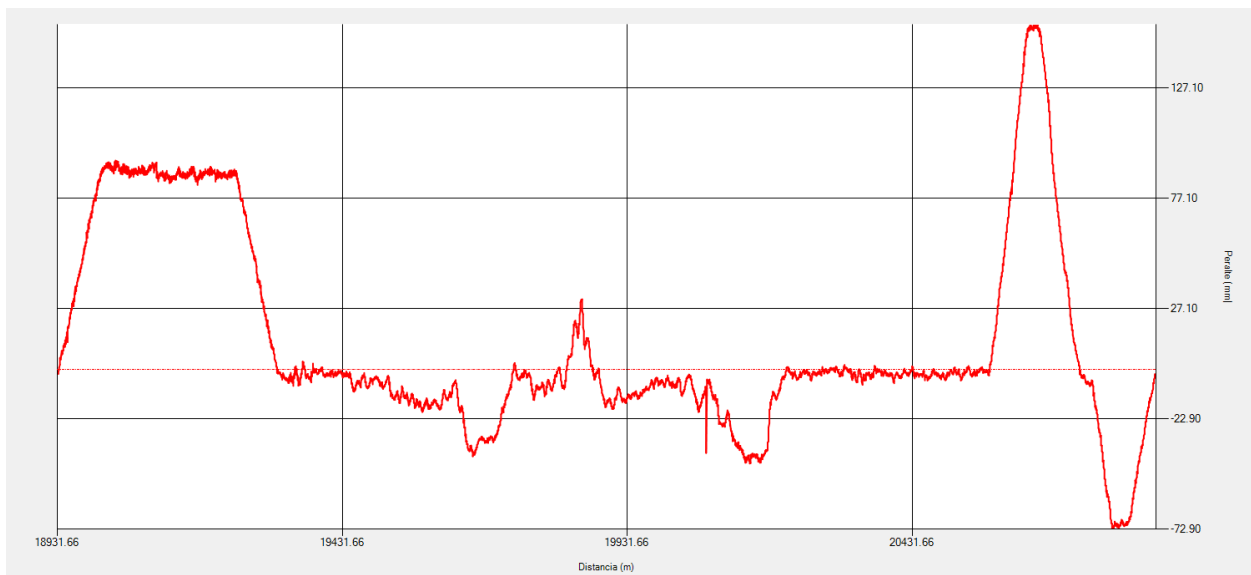


## 4.2.10. Cadenamiento 20+859.463 al 18+931.663.



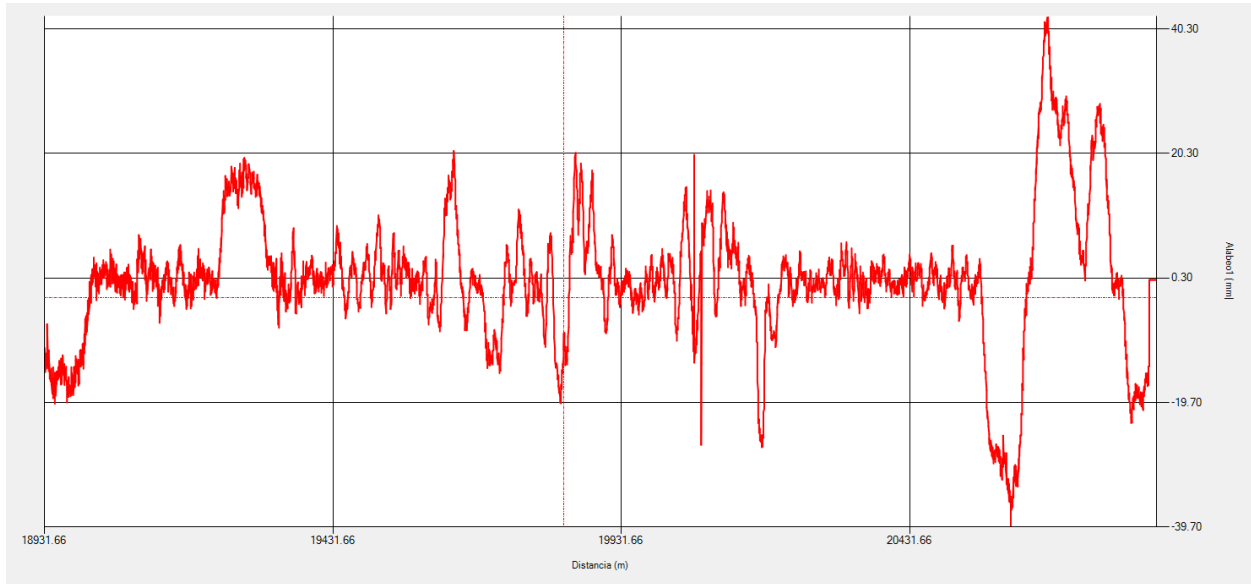
**Figura 118. Ancho de vía (Escantillón) tramo 20+859.463 al 18+931.663.**

En el tramo que se encuentra entre las curvas AM-2 y 42-2, se presentan anchos menores a los parámetros mínimos establecidos por la Norma Europea, los demás corresponden a las curvas del tramo las cuales son; 37-2, 38-2, 39-2, 40-2, 41-2, 42-2, AM-2, 43-2, 44-2. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1).



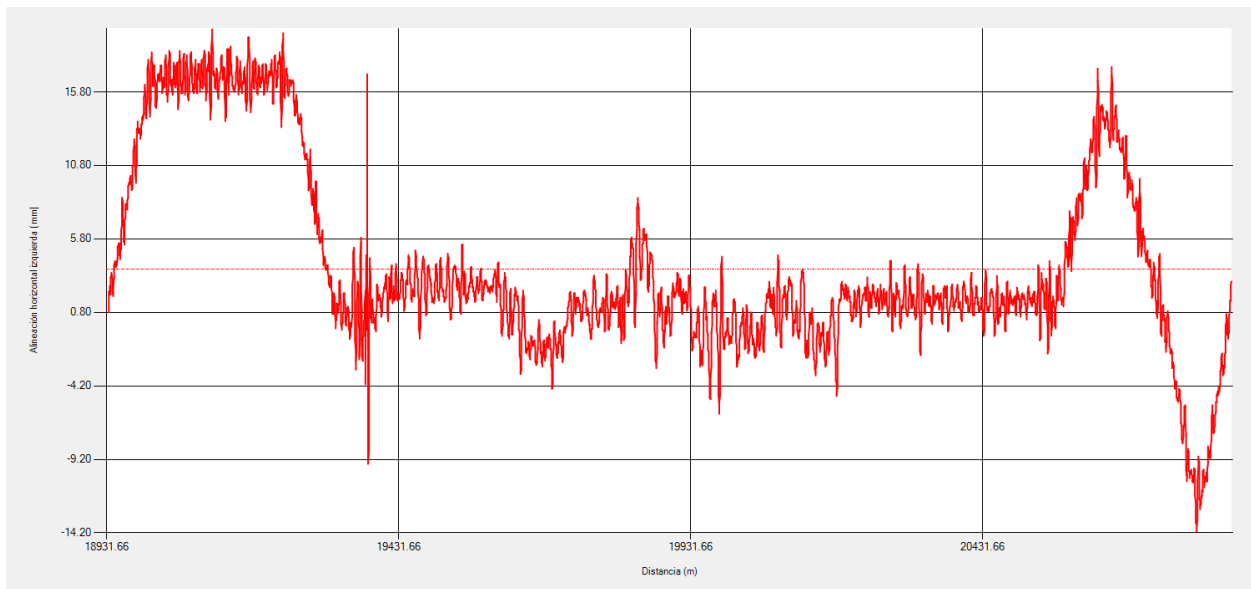
**Figura 119. Peralte tramo 20+859.463 al 18+931.663.**

Los peraltes corresponden a las curvas 37-2, 38-2, 39-2, 40-2, 41-2, 42-2, AM-2, 43-2, 44-2, en el tramo de la curva 42-2 a la AM-2 se presentan algunas zonas con peraltes que no cumplen con los parámetros mínimos y máximos. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1).



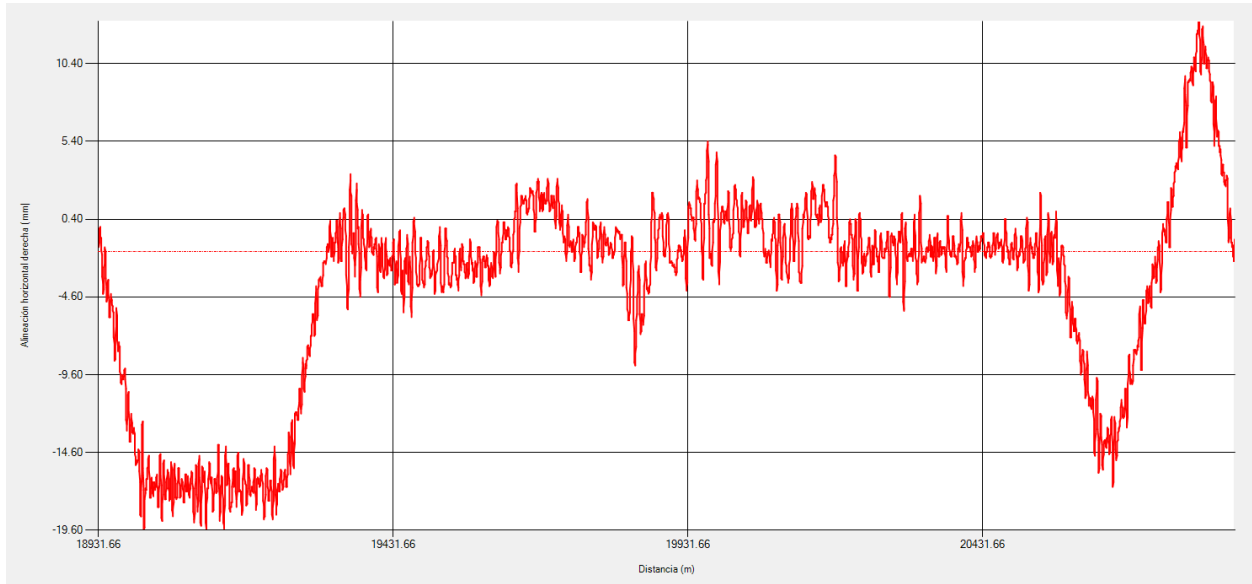
**Figura 120. Alabeo tramo 20+859.463 al 18+931.663.**

El Alabeo corresponde a las transiciones de las curvas, los que están muy altos corresponden a la curva 43-2. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1).

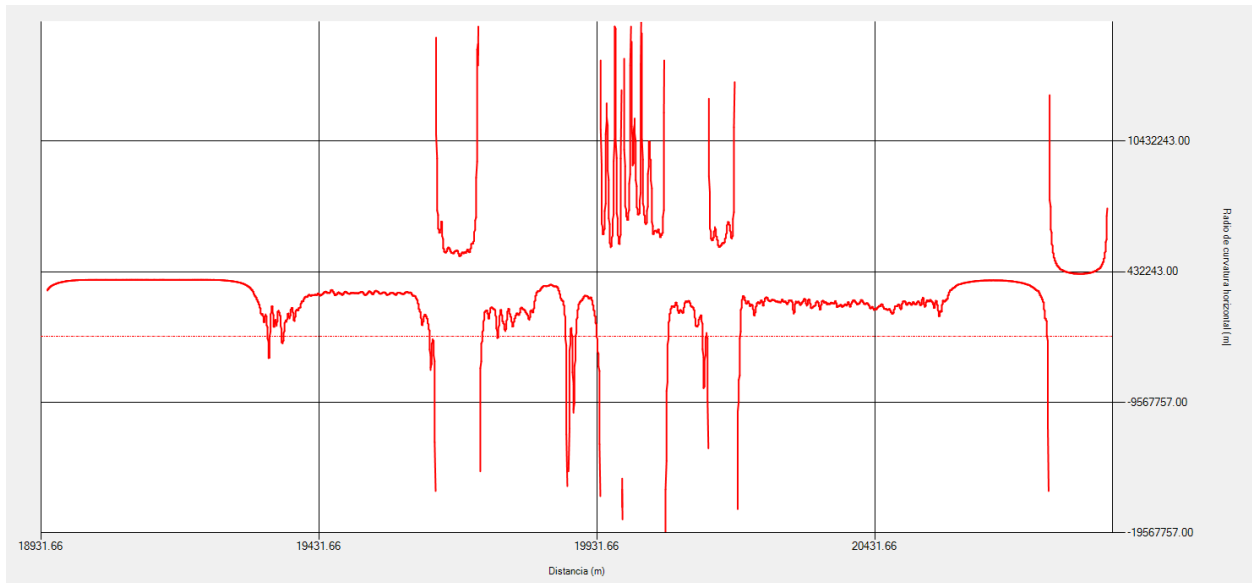


**Figura 121. Alineación Horizontal Izquierda tramo 20+859.463 al 18+931.663.**

En este tramo están las curvas 37-2, 38-2, 39-2, 40-2, 41-2, 42-2, AM-2, 43-2, 44-2. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1). estas se pueden apreciar en las figuras 121 y 122.



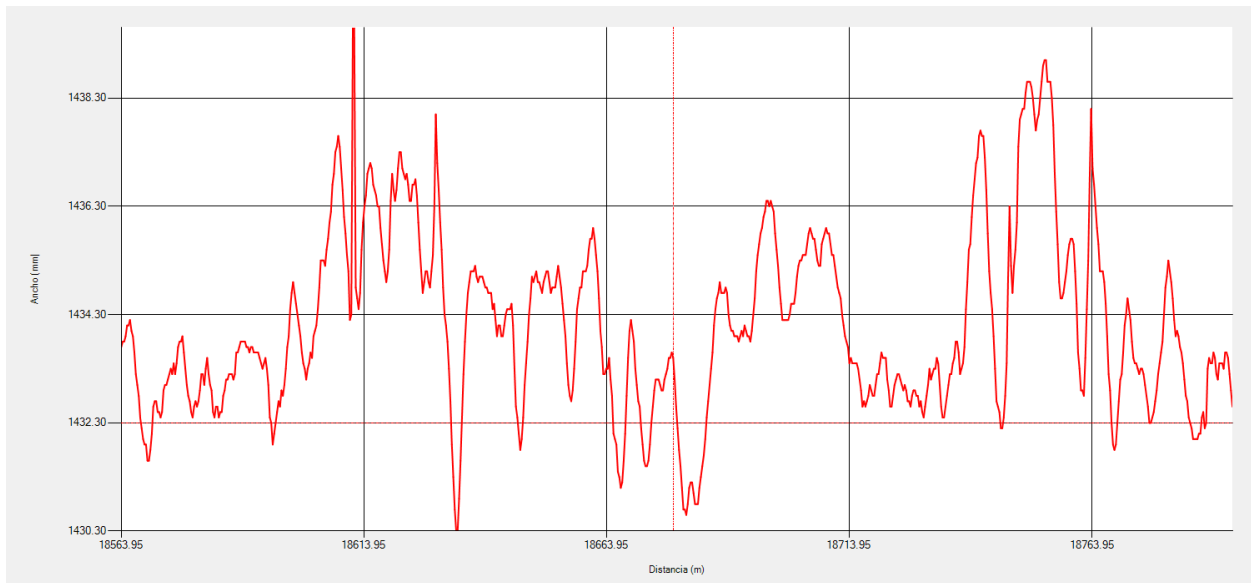
**Figura 122. Alineación Horizontal Derecha tramo 20+859.463 al 18+931.663.**



**Figura 123. Radio de curvatura tramo 20+859.463 al 18+931.663.**

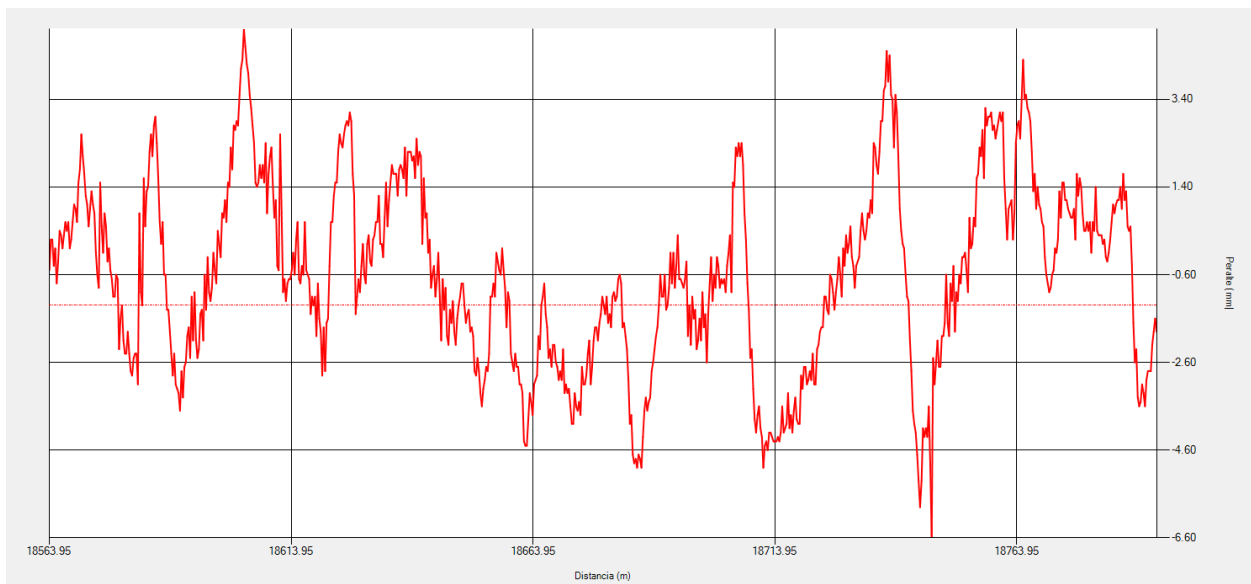
En este tramo están las curvas 37-2, 38-2, 39-2, 40-2, 41-2, 42-2, AM-2, 43-2, 44-2. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1).

## 4.2.11. Cadenamiento 18+793.152 al 18+563.952.



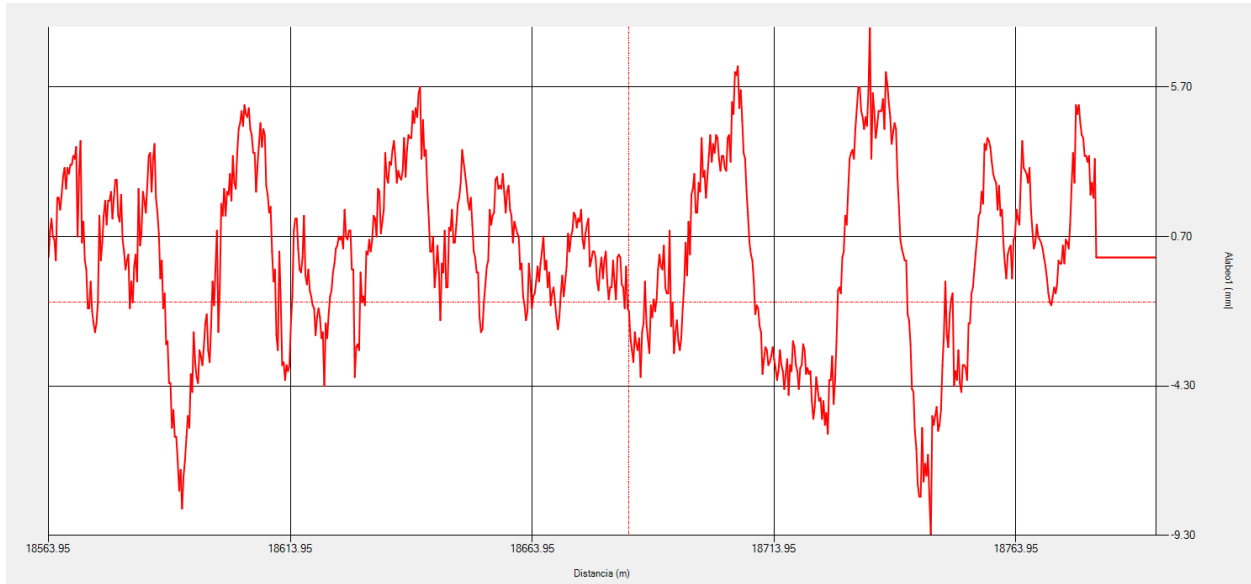
**Figura 124. Ancho de vía (Escantillón) tramo 18+793.152 al 18+563.95.**

En este tramo se cumple con el ancho de vía establecido por la Normativa Europea, sin embargo, se encuentra debajo de los 1432 mm en ciertos cadenamientos, registrando un valor mínimo 1430.30 en el cadenamiento 18+633.25; por otra parte, en el cadenamiento 18+632 se encuentra un aparato de vía que ocasiona un pico en la gráfica. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1).



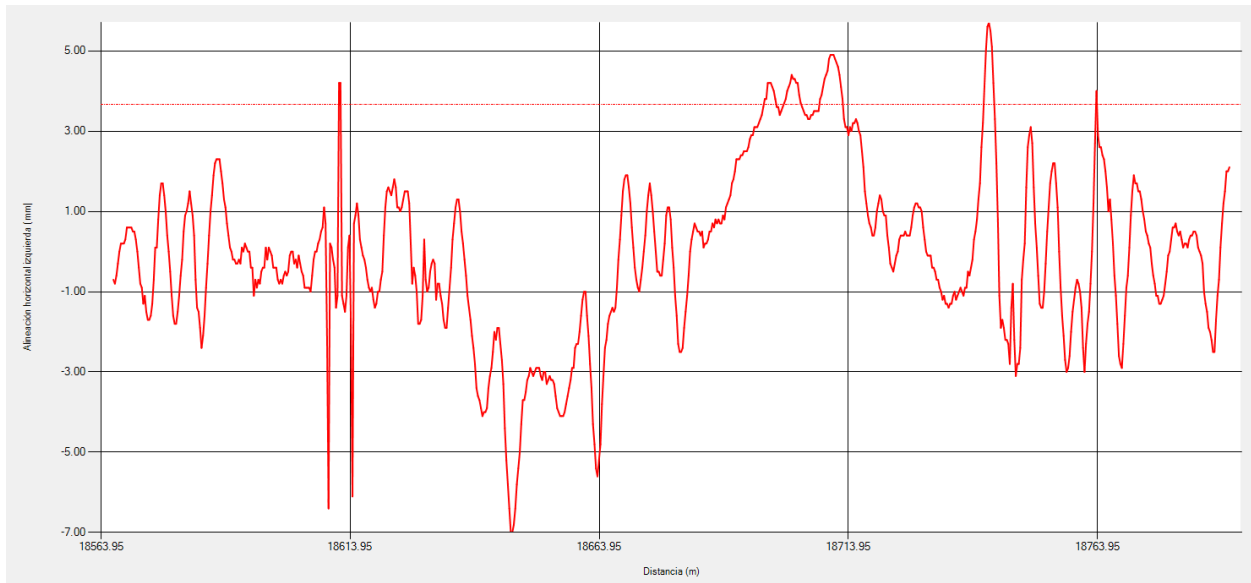
**Figura 125. Peralte tramo 18+793.152 al 18+563.95.**

Los peraltes que exceden los parámetros se encuentran en la curva del cadenamiento 18+650. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1).



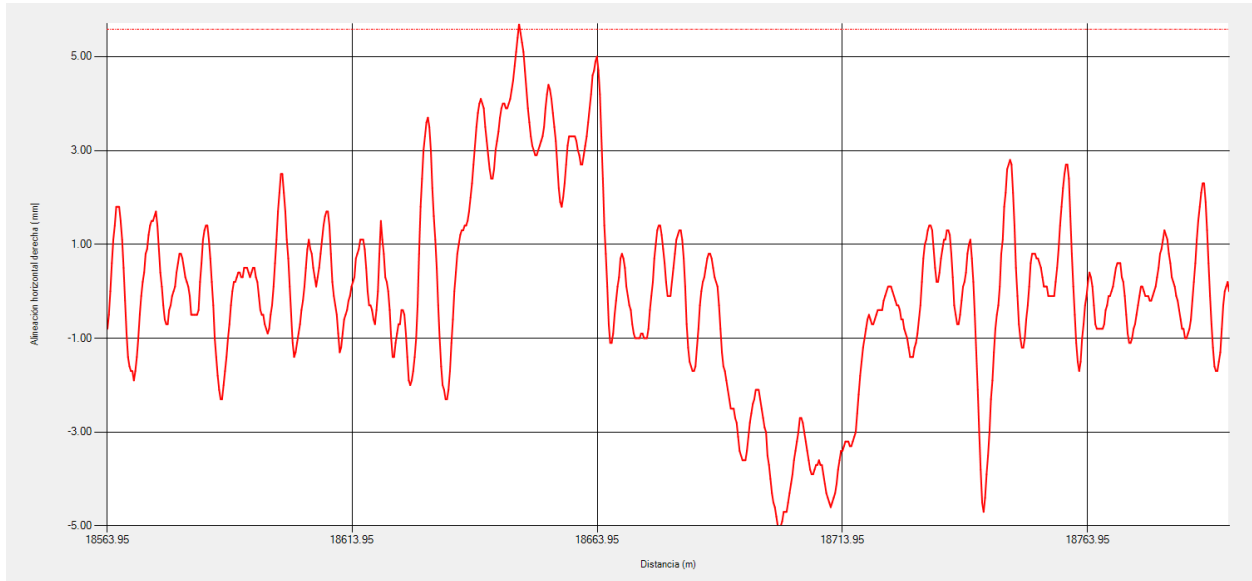
**Figura 126. Alabeo tramo 18+793.152 al 18+563.95.**

Los alabeos que exceden los parámetros se encuentran en la curva del tramo 18+650. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1).

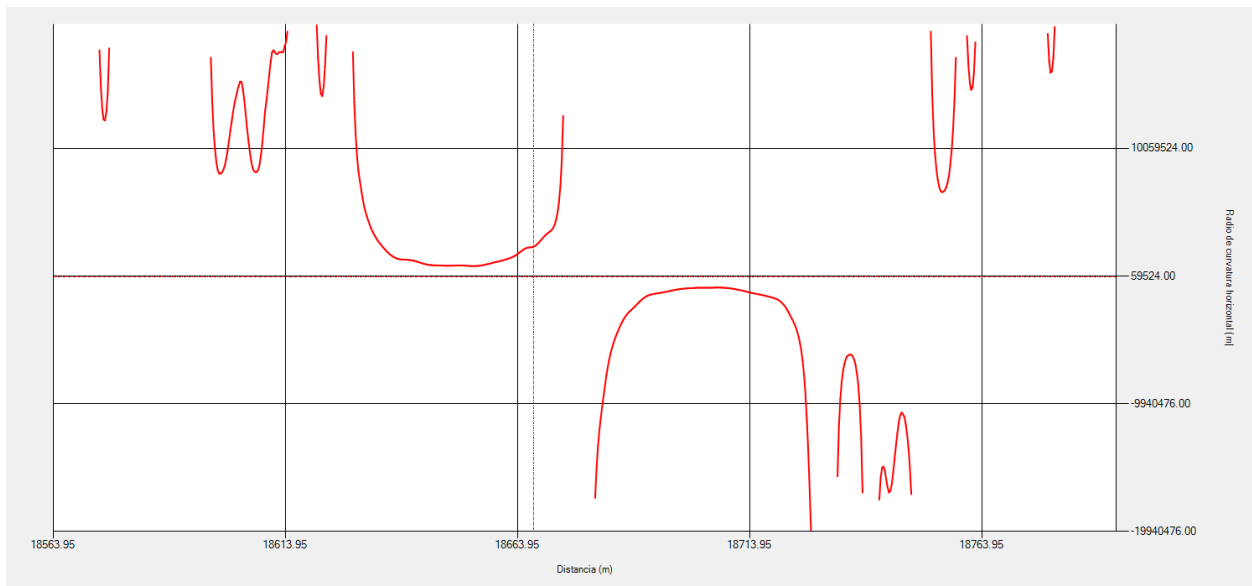


**Figura 127. Alineación Horizontal Izquierda tramo 18+793.152 al 18+563.95.**

Este tramo se puede ver la curva que se encuentra el cadenamiento 18+650. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1). estas se pueden apreciar en las figuras 127 y 128.



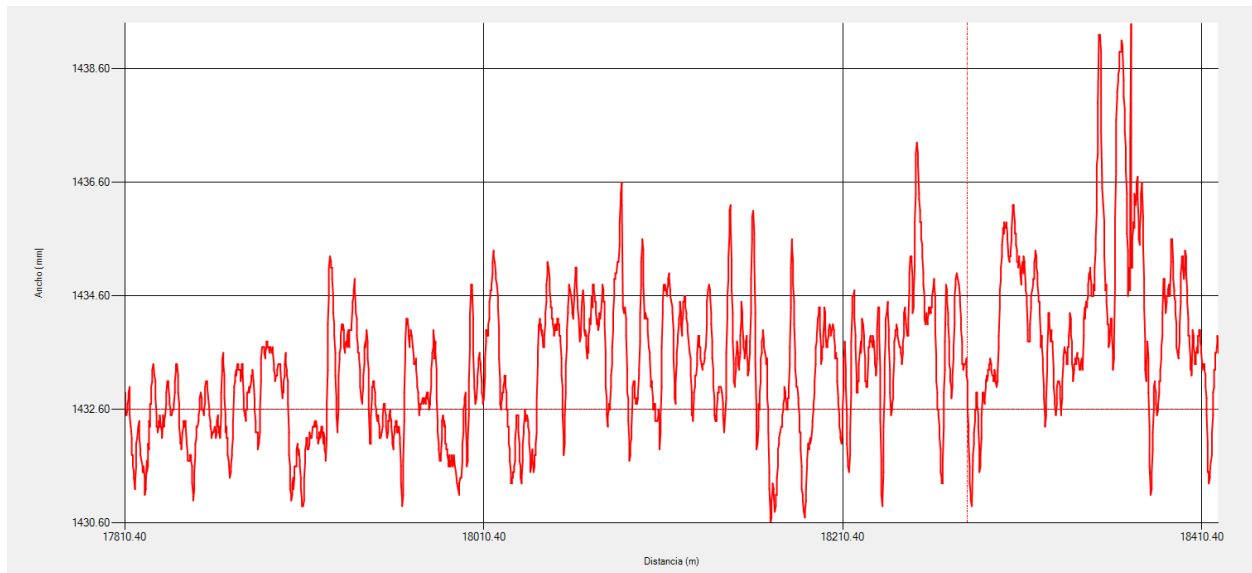
**Figura 128. Alineación Horizontal Derecha tramo 18+793.152 al 18+563.95.**



**Figura 129. Radio de curvatura tramo 18+793.152 al 18+563.95.**

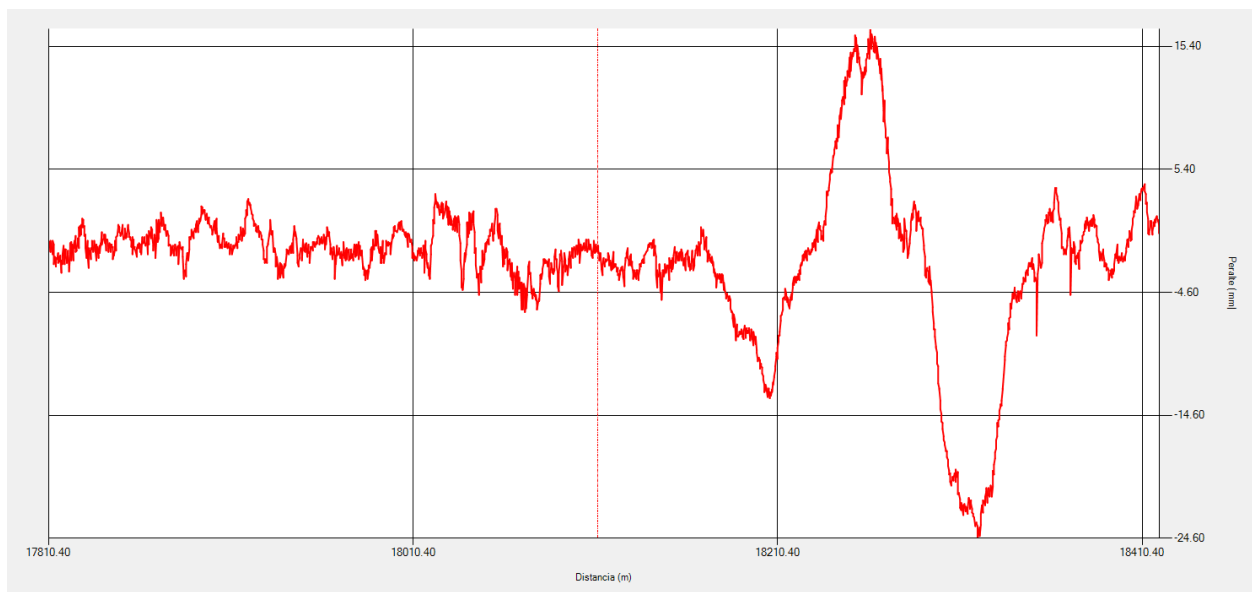
Curvas del cadenamiento 18+650 y 18+700. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1).

## 4.2.12. Cadenamiento 18+420.00 al 17+810.40.



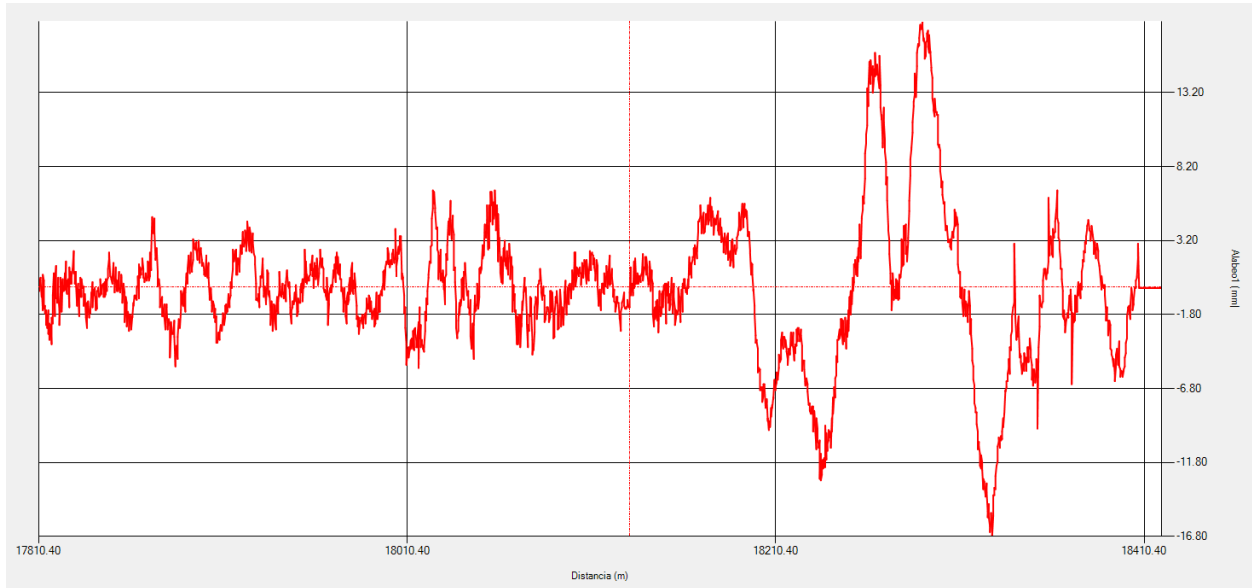
**Figura 130. Ancho de vía (Escantillón) tramo 18+420.00 al 17+810.40.**

El escantillón se encuentra cerrado en este tramo, con un ancho promedio menor de 1435 mm, y en algunos casos por debajo del límite inferior de la Norma Europea, se registró un valor mínimo de 1430.60 mm en el cadenamiento 18+170., por lo que cumple con lo establecido por AREMA; los picos de la gráfica al final se deben al aparato de vía existente, (Para más detalle consultar el Anexo 2.1).



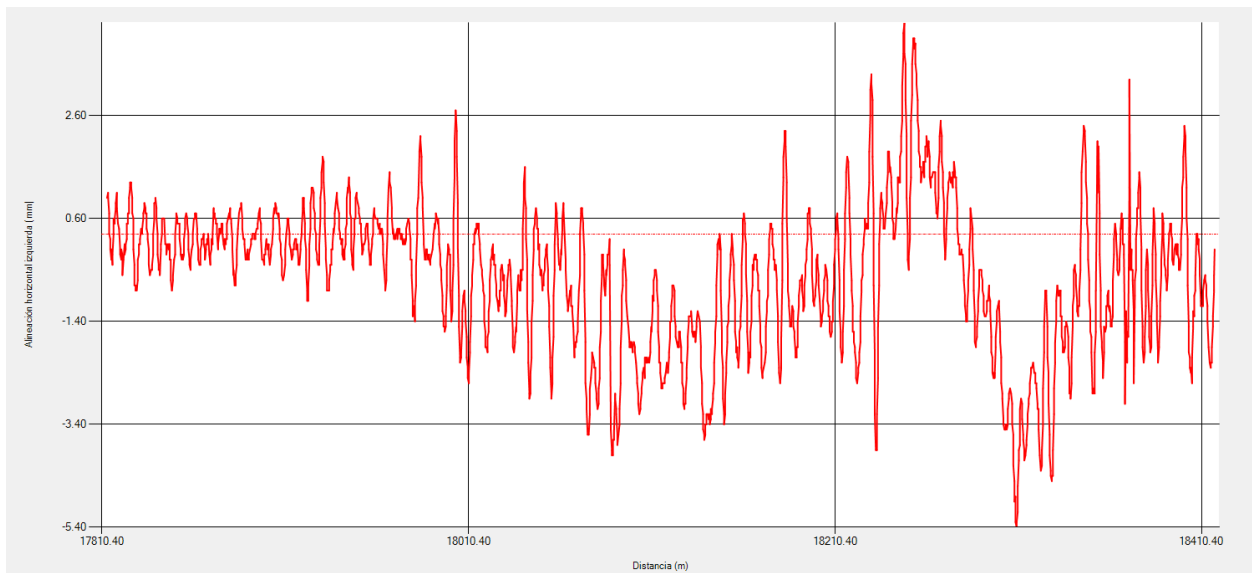
**Figura 131. Peralte tramo 18+420.00 al 17+810.40.**

Los peraltes de este tramo están excediendo los parámetros de la Norma Europea, sin embargo, el peralte máximo registrado es de 24.6mm y corresponde a las curva 133 del tramo.



**Figura 132. Alabeo tramo 18+420.00 al 17+810.40.**

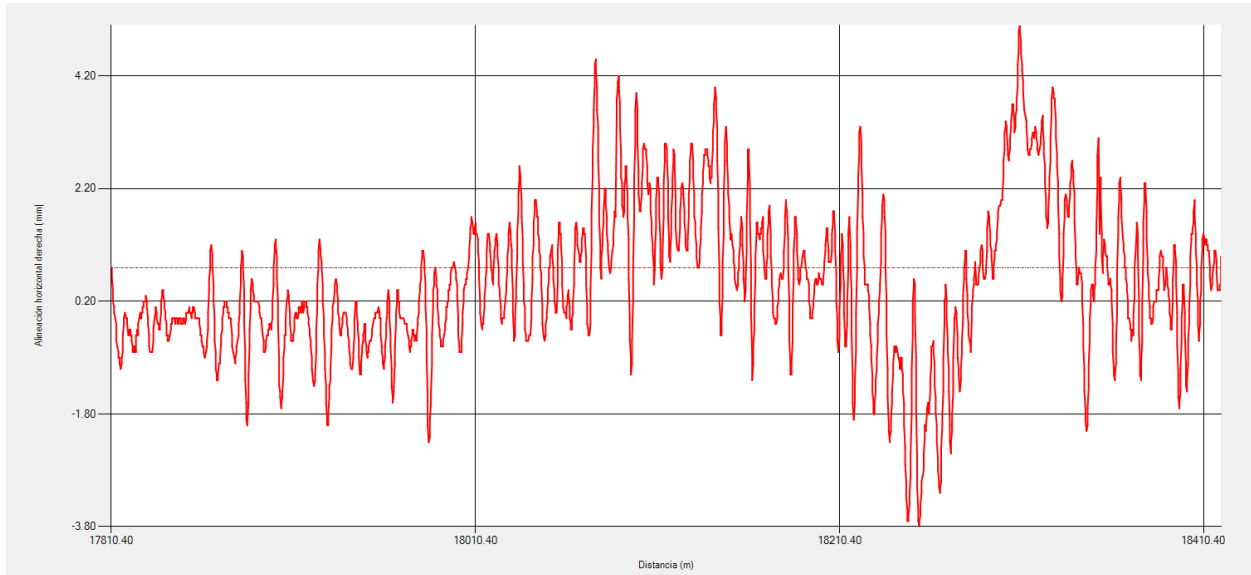
El alabeo máximo y mínimo corresponden a las curvas horizontales del tramo.



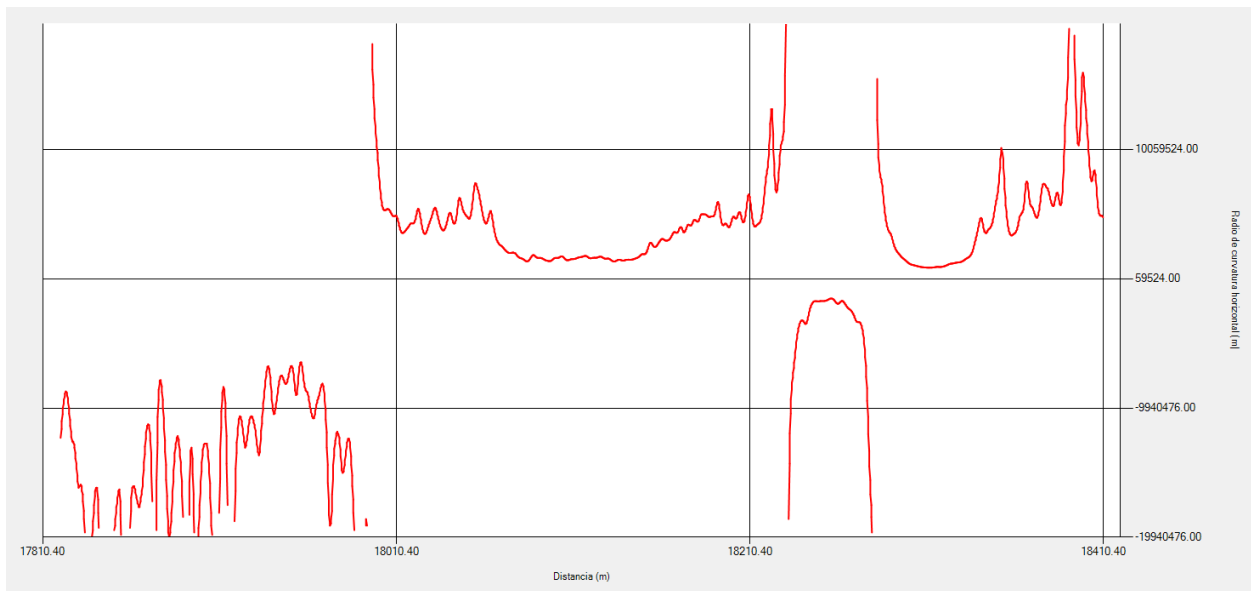
**Figura 133. Alineación Horizontal Izquierda tramo 18+420.00 al 17+810.40.**

En este tramo se encuentran varias curvas en el tramo. Estas se pueden apreciar en la figura 133 y 134.





**Figura 134. Alineación Horizontal Derecha tramo 18+420.00 al 17+810.40.**



**Figura 135. Radio de curvatura tramo 18+420.00 al 17+810.40.**

En este tramo se pueden apreciar tres curvas, con radios de 1530, 1608 y 960, respectivamente. (Para más detalle consultar el Anexo 2.1.)

## 6. Conclusiones

Derivado de la auscultación geométrica realizada en las 2 últimas semanas de Noviembre de 2021 al sistema de vías en la zona subterránea de la L12, se observa que los parámetros geométricos estáticos tanto de vía 1 como de vía 2 están dentro los límites establecidos en los criterios adoptados por el diseño origen, y al mismo tiempo se concluye que el sistema actual también se encuentra dentro de los parámetros internacionales para sistemas férreos similares, por lo que bajo este ejercicio de auscultación el sistema de vías del tramo subterráneo de la L12 del Metro de la Ciudad de México presenta una geometría estática aceptable para el tránsito de trenes.

Con el levantamiento en campo y el procesamiento de datos, se observó, que el escantillón, en promedio, se encuentra por debajo de los 1435 mm; los datos recabados para este parámetro se encuentran dentro del rango 1430 y 1440 mm, exceptuando según el caso, en los aparatos de vía. La Norma Europea EN 13231-1 establece como límite inferior 1432 mm y como límite superior 1440 mm, por lo que, en su mayoría, los datos obtenidos se encuentran dentro de dicho rango, exceptuando los cadenamientos resaltados en los anexos 1.1, 1.2 y 2.1, sin embargo, se cumplen los parámetros establecidos por la AREMA y la Norma UNE-EN 13848-5.

Los peraltes máximos obtenidos corresponden a las curvas y transiciones que conforman la alineación horizontal, sin embargo, en gran parte de los tramos comparados, se encontraron sobreelevaciones en tangente que exceden los 4 mm establecidos por la norma EN 13231-1, sin embargo, al ser tangentes pueden ser corregidas por los trabajos de mantenimiento regulares del tramo en estudio. Por otra parte, los alabeos máximos se registraron en las curvas y transiciones, sin embargo, se encontraron alabeos que excedían los límites permisibles en tangentes los cuales se recomienda corregir como parte de los trabajos de mantenimiento regular.

Para la vía 1

- Ancho de vía: No se encontraron destacables. Los valores no exceden el valor máximo establecido en la EN-13231-1, sin embargo, se encuentran por debajo de los 1432 mm en cadenamientos aislados, identificando los siguientes tramos: 18+010.3 al 18+068.8, 21+618.8 al 21+638.3, 23+163.4 al 24+021.9, 25+757.4 al 25+815.9, 25+991.4 al 26+238.5, 28+069.1 al 28+108.1 (Ver figura 136). Sin embargo, solo se encuentra por debajo de los 1430 mm en cadenamientos aislados correspondientes a la medición de aparatos de vía y cumple con AREMA y la norma UNE-EN 13848-5.

- Peralte y alabeo: En los siguientes tramos, se observaron sobreelevaciones en tangente que exceden los 4mm establecidos en la EN-13231-1 en tangente: 19+444.417 al 19+736.917, 19+934.907 al 20+068.417, 20+419.917 al 20+536.417, 20+033.8 al 22+855.00, 26+472.5 al 26+511.5, 26+589.5 al 26+647.9, sin embargo, cumple con AREMA y la norma UNE-EN 13848-5 (10 mm); se presentan alabeos que exceden los parámetros establecidos en las transiciones a las curvas.
- No se detecta ningún valor puntual que exceda los límites establecidos para la alineación horizontal y vertical, a excepción de los tramos donde se identificaron aparatos de vía.

Para la vía 2:

- Ancho de vía: No se encontraron destacables. Los valores exceden el valor máximo establecido en la EN-13231-1 (1140mm) en el tramo 19+125.163 al 18+981.163, sin embargo, se encuentran por debajo de los 1432 mm en cadenamientos aislados, identificando los siguientes tramos: 28+275.477 al 27+411.579, 27+231.579 al 26+043.60, 25+034.10 al 24+547.80, 24+061.80 al 23+269.80, 20+565.163 al 19+341.163 (Ver figura 137). Sin embargo, cumple con AREMA y la norma UNE-EN 13848-5.
- Peralte y alabeo: En los siguientes tramos, se encontraron sobreelevaciones en tangente que exceden los 4mm establecidos en la EN-13231-1 en tangente: 28+203.579 al 28+059.579, 26+835.579 al 26+583.579 y 21+932.90 al 21+032.90, sin embargo, cumple con AREMA y la norma UNE-EN 13848-5 (10 mm); se presentan alabeos que exceden los parámetros establecidos en diversos tramos de la vía, los valores máximos corresponden a las transiciones a las curvas y en tangente en el tramo 27+087.579 al 26+079.60.
- No se detecta ningún valor puntual que exceda los límites establecidos para la alineación horizontal y vertical, a excepción de los tramos donde se identificaron aparatos de vía.

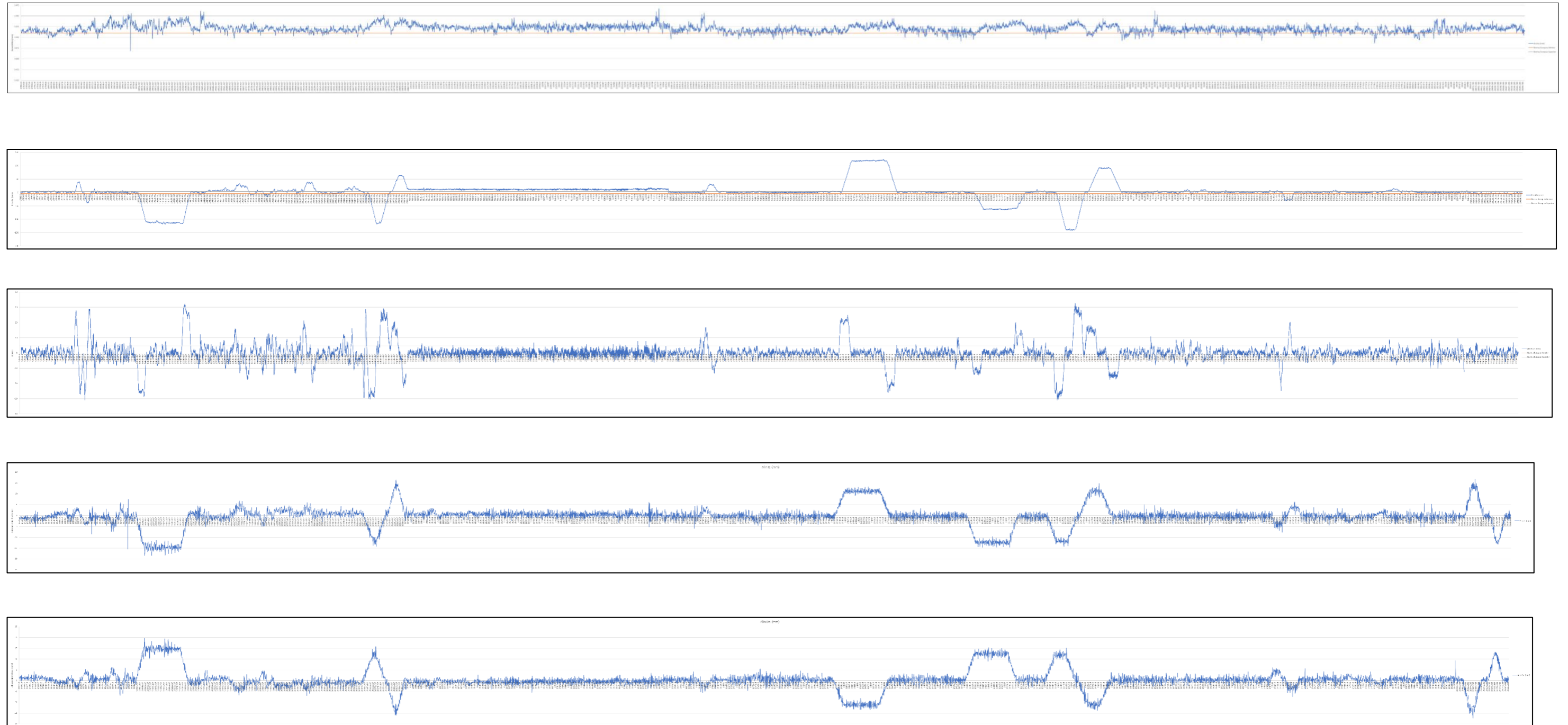


Figura 136. – Parámetros obtenidos para vía 1.

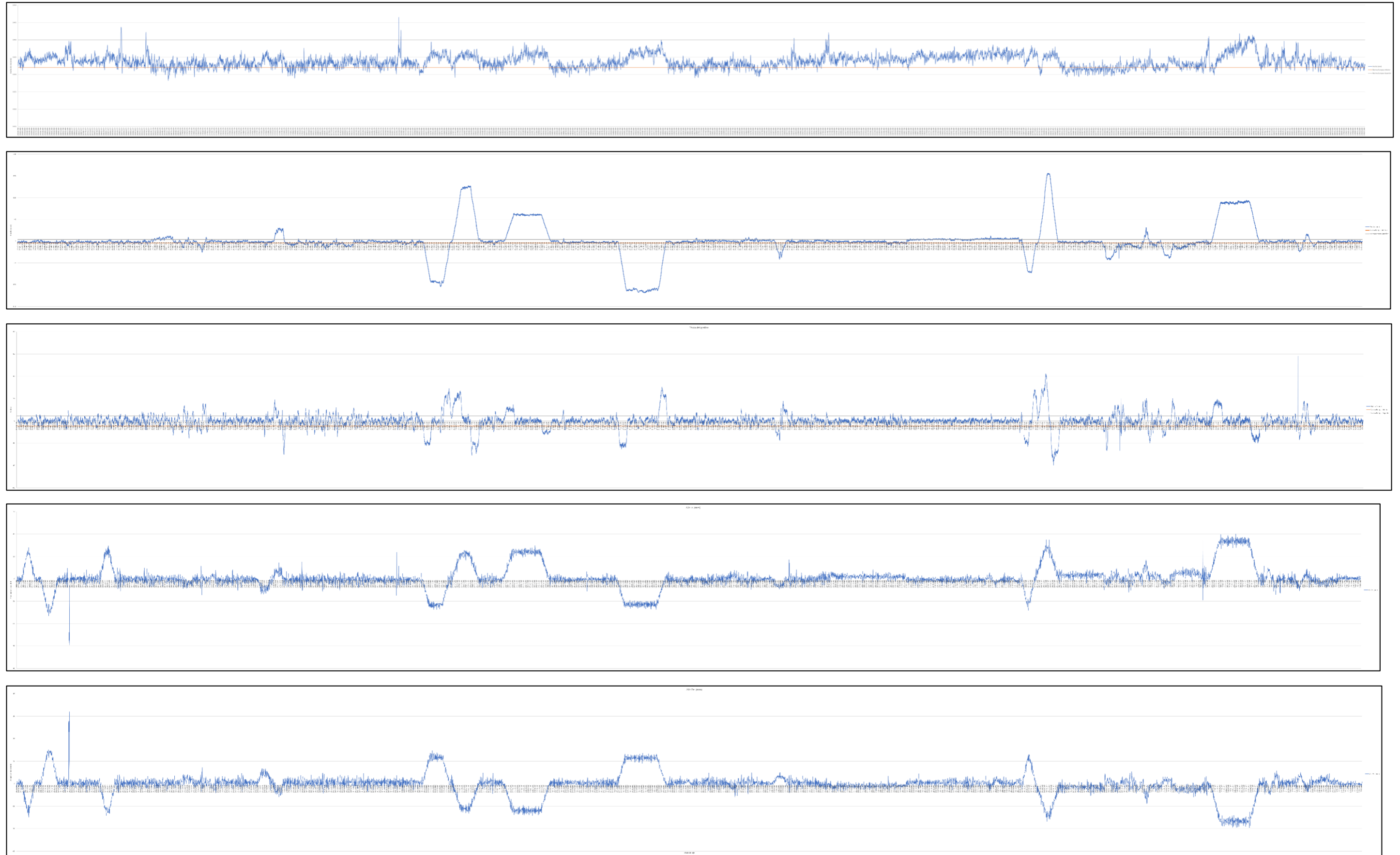


Figura 137. – Parámetros obtenidos para vía 2.

## 7. Reporte Fotográfico



Figura 137. - Inicio de Medición en Cadenamiento PK17+815 en Vía 1en Sentido de Atlalilco – Mixcoac.



Figura 138. Estación Atlalilco se mide la vía 1 en dirección a Mixcoac.

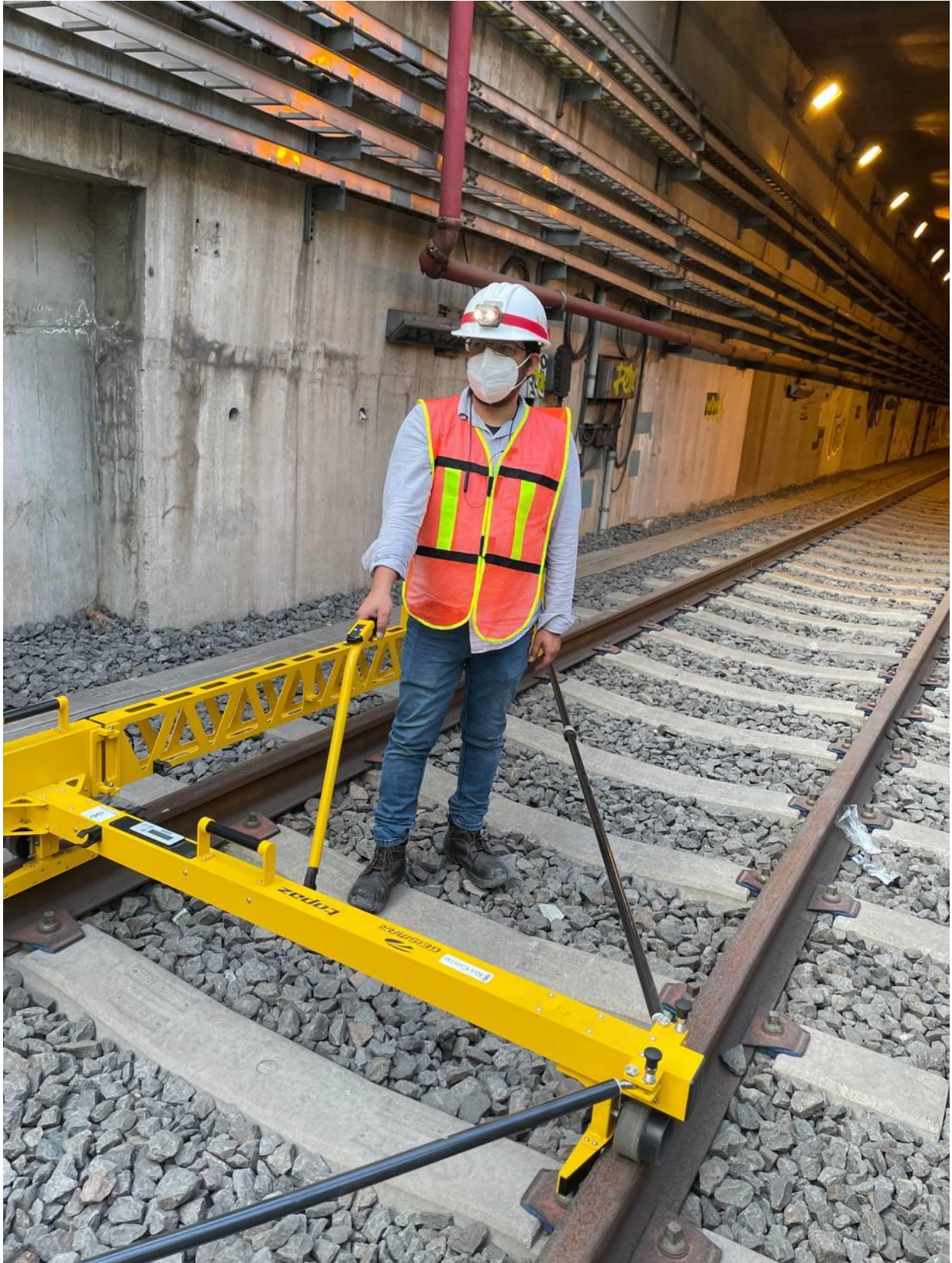


Figura 139. Medición en Sentido Mixcoac – Atlalilco en ventana de transición.





Figura 140. Inicio de Trabajo en el Cadenamiento 28+273 en vía 1.

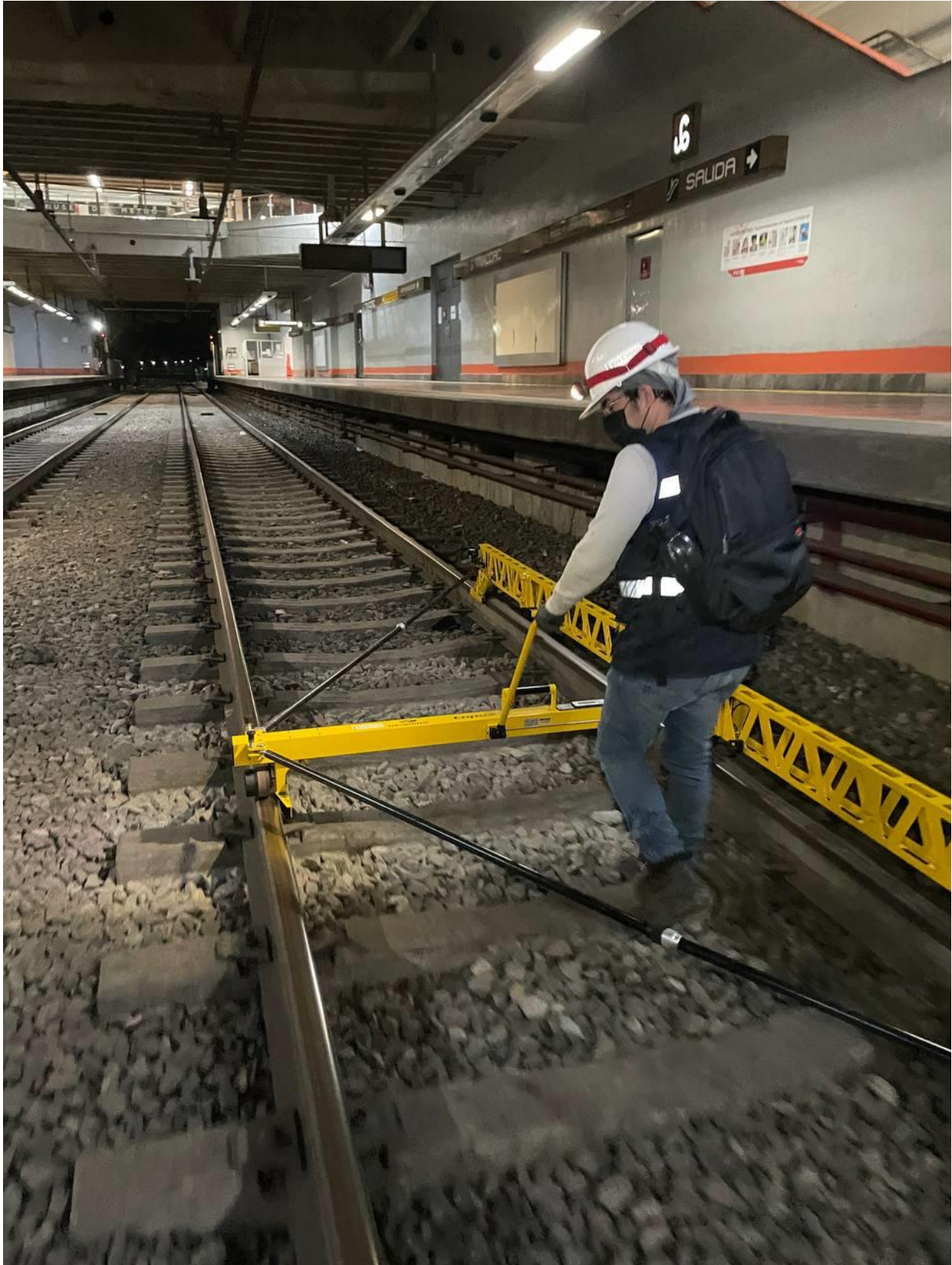


Figura 141. Medición en Estación Mixcoac – Cola, vía 1.



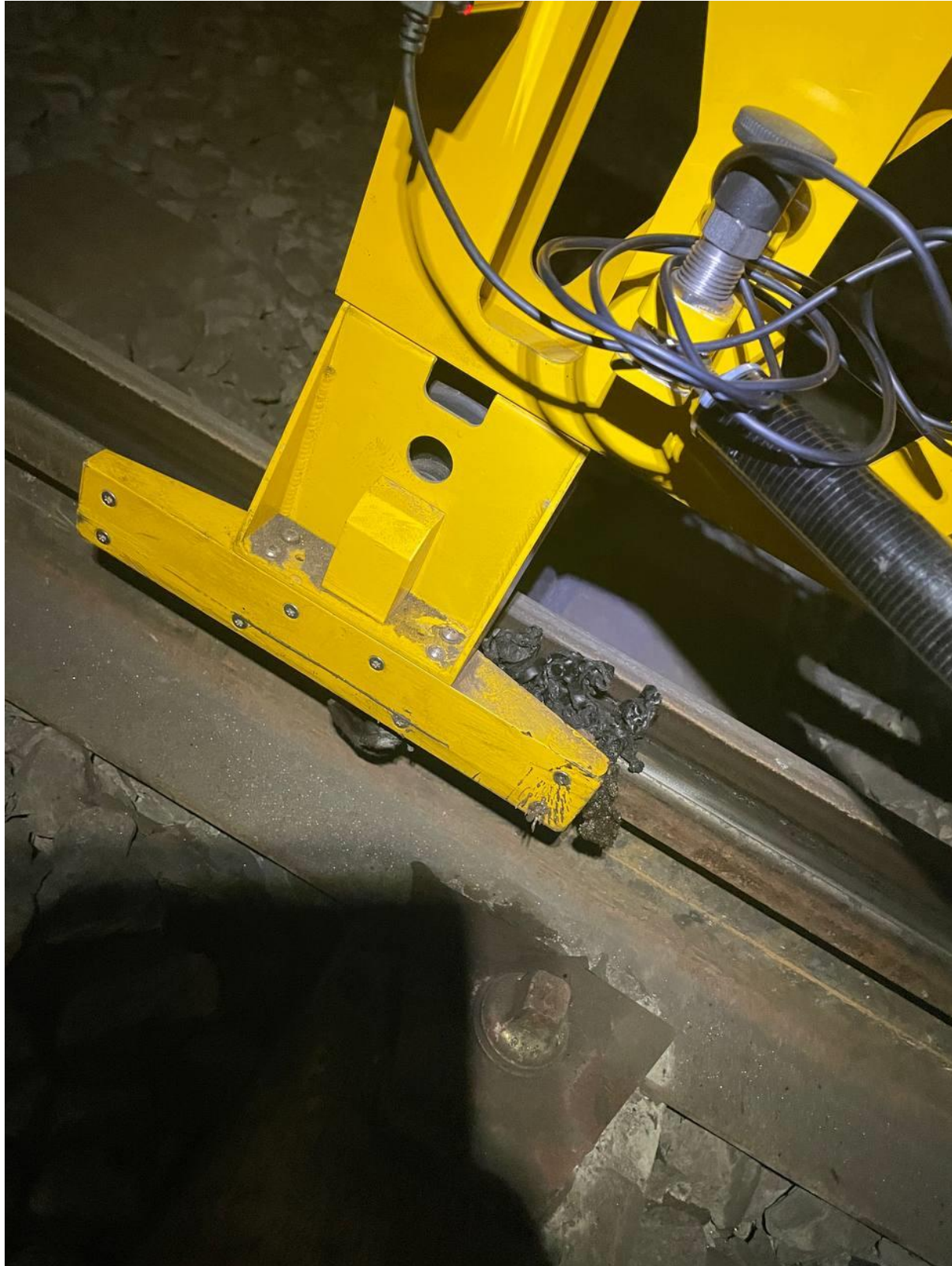
**Figura 142.** Estación Mixcoac, se encuentran aparatos que impiden el libre tránsito del equipo de medición.



Figura 143. Se presentan Diferencias en los cadenamientos marcados en el trayecto en ambas vías.



Figura 144. En la cola de la Estación Mixcoac, se tiene un canal entre los rieles.



**Figura 145.** En cola de Estación Mixcoac, se presentan residuos en los rieles los cuales se fue pegando en el equipo, se estuvo retirando y limpiando el equipo constantemente, para evitar errores en medición.



Figura 146. En cola de Estación Mixcoac, se encuentran los rieles con oxido.



**Figura 147.** En Cola de Estación Mixcoac, este es el residuo retirado del equipo que se le fue adhiriendo en el trayecto de medición





Figura 148. Configurando Equipo Topaz, Inicio de medición en cola de Mixcoac.



Figura 149. Ventana de Transición en estación Atlalilco vía 1.



**Figura 150. Platica de seguridad en sitio, antes de iniciar trabajos en Estación Atlalilco.**

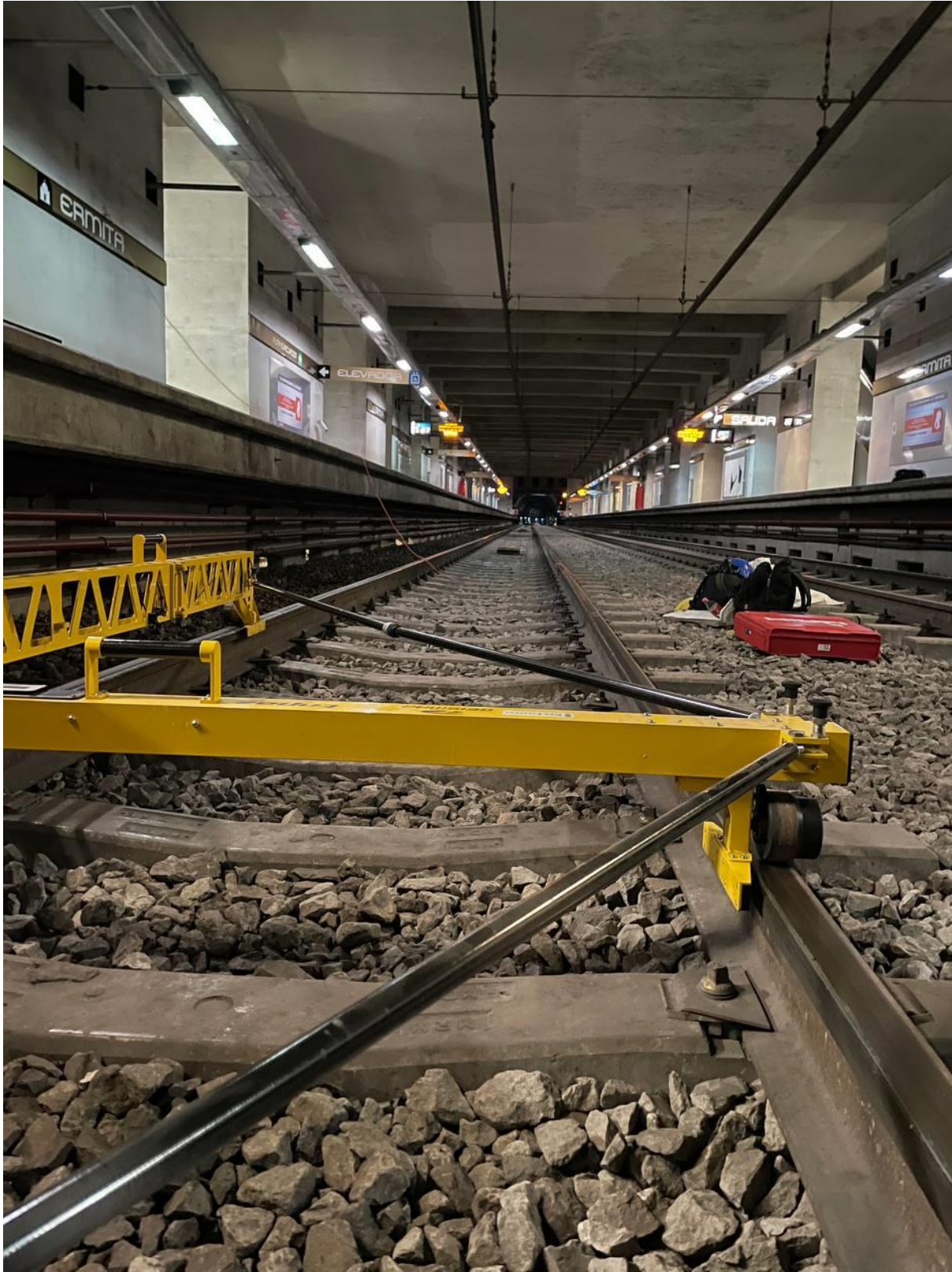


Figura 151. Estación Ermita, medición en vía 2, dirección Atlalilco.



Figura 152. Inicio de nuevo trabajo, se calibra el equipo antes, en un tramo recto en estación.



**Figura 153.** En el camino se encontraban los trenes estacionados.



**Figura 154. Limpieza de equipo al Iniciar y terminar los trabajos de medición.**

[aecom.com](http://aecom.com)