

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**PROYECTO MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA  
CARRETERA COCACHACRA-MATUCANA  
DEL Km. 65+000 AL Km. 68+000**

**EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:  
INGENIERO CIVIL**

**MIGUEL ÁNGEL BLAS CÓNDOR**

**Lima- Perú**

2006

## INDICE

<b>INDICE .....</b>	<b>1</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>4</b>
<b>CAPITULO 1: ANTECEDENTES.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.1. Causas y efectos del problema central .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.2. Objetivos generales .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1.3. Soluciones y planteamiento de alternativas .....</b>	<b>7</b>
<b>1.2. ESTUDIO DEL TRÁFICO Y ANÁLISIS DE LA DEMANDA .....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.1. Definición del área de influencia del proyecto .....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.2. Proyección del tráfico .....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.3. Carga de eje equivalente .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2.4. Parámetros y normas de diseño .....</b>	<b>11</b>
<b>1.3. TOPOGRAFÍA Y DISEÑO VIAL .....</b>	<b>11</b>
<b>1.3.1. Trazo del eje longitudinal .....</b>	<b>11</b>
<b>1.3.2. Nivelación del perfil longitudinal .....</b>	<b>12</b>
<b>1.3.3. Secciones transversales.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3.4. Parámetros de diseño final.....</b>	<b>13</b>
<b>1.4. HIDROLÓGICA Y DRENAJE VIAL .....</b>	<b>14</b>
<b>1.4.1. Descripción de la cuenca .....</b>	<b>14</b>
<b>1.4.2. Climatología.....</b>	<b>15</b>
<b>1.4.3. Análisis hidrológico .....</b>	<b>15</b>
<b>1.5. DISEÑO DEL PAVIMENTO .....</b>	<b>16</b>
<b>1.5.1. Tráfico de diseño.....</b>	<b>16</b>
<b>1.5.2. Soporte del suelo para diseño .....</b>	<b>16</b>
<b>1.5.3. Calidad de los materiales a emplearse .....</b>	<b>18</b>
<b>1.5.4. Calculo del numero estructural total requerido (Snreq) .....</b>	<b>19</b>
<b>CAPITULO 11: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.1. Rugosímetro Bump Integrator Unit.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.2. Merlín .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2. EVALUACIÓN DE LAS FALLAS O DETERIOROS DEL PAVIMENTO .....</b>	<b>24</b>

<b>2.3. MEDICIÓN DE AHUELLAMIENTOS .....</b>	<b>28</b>
2.3.1. Ahuellamiento .....	28
2.3.2. Toma de datos .....	28
<b>2.4. MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD E ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE .....</b>	<b>31</b>
2.4.1. El rango de Serviabilidad Presente (PSR) .....	31
<b>2.4.2. Índice de Serviabilidad Presente (PSI) .....</b>	<b>32</b>
2.4.3. Calibración del Rugosímetro Bump Integrator .....	32
<b>2.4.4. Calculo de la Rugosidad e Índice de Serviabilidad .....</b>	<b>34</b>
<b>2.5. RESULTADOS OBTENIDOS .....</b>	<b>37</b>
<b>CAPITULO 11: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO .....</b>	<b>38</b>
<b>3.1. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS .....</b>	<b>38</b>
3.1.1. Deflectómetro Viga Benkelman .....	38
3.1.2. Accesorios y materiales .....	38
<b>3.2. MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN RECUPERABLE .....</b>	<b>38</b>
3.2.1. Procedimiento de ensayo .....	40
3.2.2. Deflexiones en el tramo de estudio .....	44
<b>3.3. RESULTADOS OBTENIDOS .....</b>	<b>48</b>
3.3.1. Valores obtenidos de la evaluación .....	48
3.3.2. Valores obtenidos después de la rehabilitación .....	49
3.3.3. Cálculo de la deflexión admisible .....	50
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>51</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>53</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>55</b>

## RESUMEN

Dentro del Curso Taller Formulación y Evaluación de Proyectos de Vialidad Interurbana para la obtención del Título de Ingeniero Civil por la modalidad de Actualización de Conocimientos es que se ha escogido para la formulación de proyectos de vialidad interurbana la Carretera Héroes de la Breña, zona 1 Puente Ricardo Palma - La Oroya, tramo 2 Cocachacra - Matucana, det KM65+000 al KM68+000.

Continuando con el desarrollo del mismo, en el presente informe se pretende ampliar conceptos relacionados con la Evaluación de Pavimento como instrumento de toma de decisión objetiva en proyectos viales.

- El Capítulo I del presente trabajo es un resumen del proyecto presentado dentro del curso taller.
- El capítulo 11 trata el tema de Evaluación Superficial del Pavimento, considerando los diversos tipos de fallas que sufre la carpeta de rodadura, para esto es necesario contar con los equipos apropiados y la metodología adecuada para obtener buenos resultados.
- El capítulo 111, Evaluación Estructural del Pavimento, describe la forma de medir la deflexión del pavimento como estructura para verificar hasta que punto las deflexiones han dañado al pavimento

Al final del presente trabajo se desarrolla las conclusiones de diversa índole que permitan expandir nuestro conocimiento acerca de este y otros temas relacionados al mismo.

Adicionalmente presentamos anexos de los datos recopilados que han sido de gran ayuda para su análisis y la evaluación de pavimentos.

## INTRODUCCION

El presente informe tiene por objeto exponer una síntesis de la evaluación superficial y estructural de pavimentos mediante ensayos no destructivos, determinando el grado de serviciabilidad, rugosidad y capacidad estructural de la vía carretera Héroes de la Breña en el Tramo: Cocachacra - Matucana entre el KM 65+000 y KM68+000, para determinar los trabajos de mantenimiento y rehabilitación del pavimento.

De acuerdo a la AASHTO la serviciabilidad es la capacidad de un pavimento de asegurar una circulación suave, confortable y segura para el tráfico para el cual ha sido construido el pavimento, por ello su apreciación depende del usuario, de las características propias del vehículo, velocidad de operación, y de la condición del pavimento.

Como medida de control de calidad de una obra terminada, la rugosidad se emplea desde dos puntos de vista diferentes:

- Para determinar si el pavimento es lo suficientemente suave para los usuarios y establecer en muchos casos una apreciación de los costos de operación de los vehículos.
- Como un factor de correlación que indica la falta de uno o más de los componentes del pavimento.



Elaborar una lista de posibles causas del problema  
 Chequear la lista, eliminando las causas que no sean críticas o que trascienden el ámbito del problema.

Cuad.-o N° 11

<b>SISTEMA NACIONAL DE INVERSION PUBLICA</b>		Código	03-01
		Correlativo	
		<b>Elaborado</b>	
		<b>Actualizado</b>	IAVLL
<b>FORMATO 3 IMPORTANCIA DE LA CAUSA CRITICA</b>			
<b>NOMBRE RESUMIDO DEL PROYECTO</b>	CARRETRA COCACHACRA - MATUCANA		
<b>SEVERIDAD DE LA CAUSA QUE SERA CONTROLADA POR EL PROYECTO</b>			
<p>1. Mostrar el grado de avance de la causa que será controlada por el proyecto. en el área geográfica afectada por el problema.</p> <p>La causa crítica del problema la definiremos como geometría de la vía y su la vulnerabilidad en épocas de lluvia. por lo que es permanente</p>			
<b>IMPORTANCIA DE LA CAUSA QUE SERA CONTROLADA POR EL PROYECTO EN LA GENERACION Y GRAVEDAD DEL PROBLEMA</b>			
<p>1. Mostrar indicadores de la importancia de la causa que será controlada por el proyecto (en su magnitud actual) en la generación y gravedad del problema</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Ancho de calzada= 7.5 m. lo que solo permite dos vías</li> <li>2 Curvas del 60 al 65 no cumplen con radios mínimos</li> <li>3 No existe sobrecorrimiento en las curvas</li> <li>4 No hay banqueteta de visibilidad en las curvas del 61 al 64</li> </ol> <p>Fuente: Salida de campo</p>			
<b>OBSERVACIONES</b>			
<p>Ver Formato 4          Indicar las fuentes de información utilizadas para elaborar los indicadores          Indicar otras observaciones pertinentes</p>			

También identificamos los efectos del problema que son aquellos que caracterizan la situación que existiría en caso de no ejecutarse el proyecto, es decir, en caso de mantenerse inalterado el orden actual de las cosas. Para realizar este paso optamos por:

Elaborar una lista de posibles efectos del problema

Chequear la lista, eliminando los efectos que no sean críticos o que trascienden el ámbito del problema

Este procedimiento se muestra en el Cuadro Nº 1-1.

### 1.1.2. Objetivos generales

El objetivo central, no es más que el problema central solucionado, es decir. la situación opuesta del problema central identificado.

El Objetivo Central del Proyecto es procurar un tráfico más eficiente y seguro en el tramo 2 Cocachacra - Matucana de la Carretera Héroes de la Breña que el que se presenta actualmente.

### 1.1.3. Soluciones y planteamiento de alternativas

La alternativa seleccionada para alcanzar el Objetivo Central de/ Proyecto, "lograr una eficiente comunicación terrestre entre la Región Central y La Capital" se puede resumir en lo siguiente:

Cambio de trazo en todo el kilometraje asignado esencialmente (65+000 al 68+000) eliminando las curvas de transición en las actuales Curvas 64 al 67 según los planos que se adjuntan en la parte correspondiente, haciendo que la velocidad directriz no baje en dicha zona a menos de 40 Km/h, obteniendo, además, las distancias de parada y visibilidad adecuadas.

Con esta alternativa y *el* conjunto de acciones que contiene se espera lograr *el* objetivo de/ proyecto. Dicha alternativa será finalmente evaluada para ver su viabilidad de ejecución. A continuación se resumen las características técnicas de la alternativa:

Longitud	3.75 Km
Cota de inicio	1891.00
Cota de fin	2091.00
Pendiente promedio	5.15%
Tipo de pavimento	carpeta asfáltica
Sección Transversal	
Ancho de pavimento	7.2 m.



Ancho de bermas pavimentadas	sin bermas
Bombeo	2%
Velocidad Directriz	60 Km/h
Radio Mínimo	55 m
Alcantarillas TMC O = 36pulg.	2

## 1.2. ESTUDIO DEL TRÁFICO Y ANÁLISIS DE LA DEMANDA

### 1.2.1. Definición del área de influencia del proyecto

Las encuestas de origen y destino permiten determinar el área de influencia de la carretera para el cálculo del PBI y PBI per cápita y la evaluación socio-económica.

Se han tomado resultados de estudios anteriores de encuestas de origen y destino y serán utilizados para determinar la población del área de influencia de la carretera.

Como se puede apreciar en las matrices, la mayor parte del volumen de tráfico que utiliza la carretera Puente Ricardo Palma - La Oroya tiene origen y/o destino en lugares ubicados fuera de los límites de esta carretera.

Los viajes en vehículos de transporte público de pasajeros en unidades pequeñas como camionetas rurales y micros son de corta distancia, en localidades cercanas como Chosica con Matucana.

### 1.2.2. Proyección del tráfico

Las mejoras a realizar en la carretera Puente Ricardo Palma - Oroya, disminuirán los costos de operación de los vehículos, sin embargo no influyen grandemente en el volumen de tráfico existente. Como se ha definido anteriormente, al ser este un proyecto tipo 111, no habrá derivación o reasignaciones de tráfico, por lo que el Tráfico Total corresponderá principalmente al tráfico proyectado. Ver cuadro N° 12

**Cuadro N° 1-2**  
**TRAFICO PROYECTADO**  
TRAMO COCACHACRA -MATUCANA

	TASAS DE CRECIMIENTO		PERIODO	Veh. LiQ	Bus	Camiones		
			2005-26	3.6%	2.3%	3.9%		
	2005	2006	2007	2008	2016	2017	2026	
	AÑO BASE	AÑO DE CONSTRUCCION	AÑO 1 DE OPERACION	AÑO 2 DE OPERACION	AÑO 10 DE OPERACION	AÑO 11 DE OPERACION	AÑO 20 DE OPERACION	
TRAFICO NORMAL								
AUTOS	654	678	702	727	965	1000	1374	
PICKUP	323	335	347	359	477	494	679	
C.R.	134	139	144	149	198	205	282	
MICROS	134	139	144	149	198	205	282	
BUS 2 EJES	183	187	192	196	235	240	295	
BUS 3 EJES	120	123	126	128	154	158	193	
CAMION 2 EJES	589	612	636	661	897	932	1315	
CAMION 3 EJES	333	346	359	374	507	527	744	
CAMIONES 4 EJE	48	50	52	54	73	76	107	
ARTICULADOS	705	732	761	791	1074	1116	1574	
<b>TOTAL</b>	<b>3223</b>	<b>3340</b>	<b>3462</b>	<b>3587</b>	<b>4778</b>	<b>4952</b>	<b>6846</b>	

**Cuadro N° 1-3**  
SERIES HISTORICAS DE TRAFICO

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
AUTOS	892	556	533	352					599
CAMIONETAS				634					302
CR									127
MICROS	191	234	270	100					126
VEHICULOS LIGEROS	1083	790	803	1086	1021	1087	1193	1444	1154
BUS 2 EJES	373	340	317	406					278
BUS 3 EJES									119
OMNIBUS	373	340	317	406	0	0	0	0	397
CAMION 2 EJES	620	507	587	529					868
CAMION 3 EJES	317	350	388	339					339
CAMION 4 EJES									30
<b>CAMIONES</b>	<b>937</b>	<b>857</b>	<b>975</b>	<b>868</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1237</b>
2S2	79	61							38
2S3	1	1							126
3S2	110	99							66
3S3	2	5	212						253
SEMIARTICULADOS	192	166	212	0	0	0	0	0	483
2T2	1	2							
2T3		1							1
3T2	2	3							22
3T3	2	6	12						25
ARTICULADOS	5	12	12	279	0	0	0	0	51
TOTAL CAMIONES	1134	1035	1199	1147	0	0	0	0	1771
TOTAL VEHICULOS PESADOS	1507	1375	1516	1553	1681	1750	2052	2400	2168
<b>IVDA</b>	<b>2590</b>	<b>2165</b>	<b>2319</b>	<b>2639</b>	<b>2702</b>	<b>2837</b>	<b>3245</b>	<b>3844</b>	<b>3322</b>
VEHICULOS DE PASAJEROS	1456	1130	1120	1492	1021	1087	1193	1444	1551

FUENTE: Estudio de la Rehabilitación de las carreteras afectadas por el Niño MTC - SINMAC - JIBC zona 1

Pe Ricardo Palma - La Oroya tramo 2 Cocachacra - Matucana CONSORCIO PCI-CESEL

### 1.2.3. Carga de eje equivalente

Paralelamente al censo de cargas se efectuó medición de la presión de inflado de llantas, considerando solamente a los camiones, pues los vehículos ligeros transmiten despreciables cargas al pavimento.

Los factores destructivos del pavimento o ejes equivalentes a 8.2 toneladas se determinan para un número estructural SN de 4 y una serviciabilidad final de 2.5, que es la usualmente el nivel mas bajo aceptable antes de que el recapeo o la reconstrucción del pavimento lleguen a ser necesarios.

Con los factores destructivos del pavimento corregidos por presión de inflado de llantas, el IMDA y las tasas de crecimiento del tráfico se ha calculado la cantidad acumulada de ejes equivalentes a 8.2 toneladas.

El cálculo se ha efectuado para dos períodos. El primer período comprende el año de puesta en marcha del proyecto (2007) hasta el año 10 de vida útil (2016). El segundo período abarca del año 11 (2017) al año 20 (2026)

### 1.2.4. Parámetros y normas de diseño

Los parámetros técnicos del proyecto, son los definidos en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 1-I**

#### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- Inicio	Km. 65+000
- Final	Km. 68+000
- Longitud real (campo)	3.75 Km
- Categoría de la Vía	Carretera de Primera Clase
- Orografía	Accidentada
- Velocidad Directriz	55 - 60 Km/hr. con restricción en zonas de desarrollo hasta un mínimo de 48 km/h
- Ancho Rodamiento	7.2 m
- Bermas	Sin bermas.
- Radio	De acuerdo a la Vd (Mínimo normal) Excepcional, en curva de volteo (mínimo 55 m)
- Porcentaje de tortuosidad	5.2 curvas/km

### 1.3. TOPOGRAFÍA Y DISEÑO VIAL

#### 1.3.1. Trazo del eje longitudinal

Una vez definido el plano topográfico y los parámetros de diseño, con la ayuda del AUTOCAD se procede a diseñar el eje planimétrico, el perfil longitudinal y las secciones transversales de la carretera.

Basándonos en los planos topográficos y el eje existente se procede a realizar el mejoramiento de la curva de desarrollo del Km 65+000, para *lo cual* se opto por empezar el mejoramiento en el Km 64+680 con lo cual se cambiara las dos curvas de desarrollo que tienen un radio muy pequeño, los cuales se aumentaron hasta 55.00 m

Se tuvo en cuenta que los ángulos de deflexión no sean pequeños y que la geometría debe responder simultáneamente a las condiciones de la topografía; y esto se evidencia en las curvas de volteo

Se prefiere los cortes antes que los rellenos, los cuales se colocaron en las zonas que *lo* ameritaban

Los ángulos y los lados de la poligonal se obtuvieron directamente del AUTOCAD, con los datos alcanzados para el proyecto.

Definido el eje de la variante que se inicia en el Km. 64+680 y culmina en el Km. 66+180, donde se empalma al tramo existente se trazo la poligonal respectiva y los ángulos de intersección de los lados de la misma, el paso siguiente consiste en hallar las coordenadas de los Pis para luego diseñar las curvas horizontales.

Luego se realiza el estacado cada 20 m. en tramos rectos y cada 10 m. en tramos curvos.

Conocido los radios de las curvas, ángulos, distancia entre Pis, Progresiva de PCs se procedió a hallar las tangentes, coordenadas de los Pis, PCs y PTs y demás elementos de las curvas circulares.

Los puntos de control se obtuvieron con la ayuda del estudio pasado ejecutado por el Consorcio PCI -CESEL S.A, *el* cual coloca BMs a intervalos de 500 m aproximadamente, los cuales han sido monumentazos.

### 1.3.2. Nivelación del perfil longitudinal

Una vez definido el eje de la carretera se procedió a trazar el perfil longitudinal, primero se obtuvo las cotas de terreno para cada estaca, luego se trazó la línea de la rasante, teniendo en cuenta los siguientes criterios.

La pendiente de cada tramo no debe estar en contra a las especificadas en el MDGC-2001

Debe procurarse el menor movimiento de tierras, entre plantear corte o relleno es preferible el corte.

De preferible los Piv verticales han de ubicarse en estacas pares.

La longitud mínima de un tramo de la rasante se asume como el espacio recorrido en 20 ó 30 seg. ó 200 m., para no tener limitaciones en el planteamiento de curvas verticales y según las condiciones topográficas

En terrenos accidentados será necesario adaptar la rasante al terreno evitando los tramos en contrapendiente, sobretodo cuando debe vencerse un desnivel considerable.

En tanto sea posible las curvas verticales no deben superponerse a las horizontales, en caso contrario, la longitud de las curvas verticales deben ser menor a las horizontales.

Luego se procedió a diseñar las curvas verticales, teniendo en cuenta que el pavimento para nuestro proyecto es del tipo superior, por lo que para el diseño la diferencia de pendientes (A) debe ser mayor al 2%.

### 1.3.3. Secciones transversales

Teniendo como base el estacado, se procede a realizar el seccionamiento transversal a fin de poder obtener el perfil del terreno.

Definido el perfil del terreno y determinados: ancho de faja de rodadura, taludes, bermas, sobreanchos, dimensiones de cunetas y banquetas de visibilidad se procede a dibujar las cajas de la plataforma.

### 1.3.4. Parámetros de diseño final.

El tramo de la variante en las curvas de desarrollo se diseño bajo los siguientes parámetros:

Longitud	3 336 m
Cota de inicio	1891.00
Cota de fin	2091.00
Pendiente promedio	5.15%
Tipo de pavimento	carpeta asfáltica
<b>Sección Transversal</b>	
Ancho de pavimento	7.2 m
Ancho de bermas pavimentadas	sin bermas
Bombeo	2%
Velocidad Directriz	60 Km/h
Radio Mínimo	105 m
Radio Mínimo excepcional	55 m
Cunetas	sección 0.40 x 1.00 m
Talud de corte	1:4 (Conglomerado)
Taludes de relleno	1:1.5 (V:H)
Banquetas en talud de corte	2.50 m y pendiente de 2%

El diseño geométrico contempla la ampliación de las curvas de volteo ubicadas entre las progresivas del Km 65+000 al 65+500, para lo cual fue necesario empezar el mejoramiento del trazo a partir del Km 64+640 hasta el Km 66+120, donde se ubicó una ecuación de empalme con el eje existente en la progresiva Km 65+926.725 con el fin de coincidir con el eje actual de la vía.

Además se está considerando las banquetas de visibilidad en las curvas de la variante.

## 1.4. HIDROLÓGICA Y DRENAJE VIAL

### 1.4.1. Descripción de la cuenca

Entre Cocachacra y Matucana los cursos hídricos constituyen un riesgo potencial para la seguridad de la carretera, los que forman parte de las sub

cuencas del río San Mateo y el río Santa Eulalia que son tributario del Río Rímac y cuyas aguas se vierten hacia el Pacífico.

El trazo de la Carretera Central a partir de Chosica se sitúa en el valle del río Rímac hasta llegar al punto más alto de su desarrollo, que es el abra de Anticono o Ticlio; luego cruza la divisoria de aguas para continuar hasta su progresiva final en la localidad de La Oroya.

### 1.4.2. Climatología

Cuenta con una temperatura que oscila entre 5° C y 19.3° C con una humedad relativa promedio de 87% y una evaporación que fluctúa entre 515.7mm y 1890.8mm

### 1.4.3. Análisis hidrológico

Los valores compensados en las estaciones cortas son las mostradas en el siguiente cuadro.

**Cwu.J'ro N° 15**  
**PRECIPITACIONES MÁXIMAS COMPENSADAS - MM**

P.Retorno	Chalilla	Marcapoma-cocha	Mina Calque	S.J. Parac	Autisha
1.005	11.38	13.74	6.03	8.17	5.67
1.05	16.67	17.70	8.69	11.02	8.19
<b>1.25</b>	<b>21.46</b>	22.47	11.89	14.70	11.43
2	26.38	28.93	16.23	19.99	16.09
5	31.31	37.57	22.03	27.47	22.69
<b>10</b>	<b>33.90</b>	<b>43.22</b>	25.81	32.55	27.17
20	36.05	48.59	29.41	37.51	31.54
50	<b>38.46</b>	55.52	34.07	44.05	37.31
100	<b>40.07</b>	60.75	37.58	49.08	41.74
200	<b>41.55</b>	66.01	41.10	54.21	46.26
500	<b>43.34</b>	73.05	45.83	61.18	52.41
1000	<b>44.60</b>	78.49	49.47	66.62	57.20

Los valores para períodos de diseño 20, 50 y 100 años se han afectado, de acuerdo a la referencia (2) por un factor 1.13 que toma en cuenta el número de lecturas en el pluviómetro/día, que se asume por seguridad en 1 vez/día.

El trazado de isoyetas se ha efectuado siguiendo la metodología siguiente:



En el plano de la cuenca, donde se ubican las estaciones pluviométricas con sus respectivos valores de precipitación (precipitación *máxima* en 24 hrs., para un período de retorno dado), se realiza una interpolación lineal determinándose así los puntos de precipitación entera (50 mm, 60 mm, etc.). Uniendo estos puntos se tiene el trazo inicial de isoyetas.

Por la naturaleza de la interpolación (proceso geométrico) se hace necesario realizar una corrección teniendo en cuenta aspectos cualitativos como temperatura y tendencia de la velocidad del viento.

## 1.5. DISEÑO DEL PAVIMENTO

### 1.5.1. Tráfico de diseño

De acuerdo al estudio de tráfico realizado para el tramo 2, Cocachacra - Matucana, obteniéndose los siguientes valores para el número total de ejes equivalentes a 18 kips, considerando el carril más cargado de la carretera y tránsito sin control de cargas:

**Cuadro N° 1-6:**  
**EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS**  
**TRAMO COCACHACRA - MATUCANA  $P_s = 2.5$ ,  $NS = 1$**

AÑO	EJE EQUIVALENTE
2007	932,524
2007-2016	11'040,527
2017-2026	15'329,425
2002-2026	26'369,953

Estos tráficos han sido calculados siguiendo la metodología AASHTO, para un  $p_s = 2.5$ .

Para fines de comparación del diseño del pavimento, se usara el  $W_{18}$  a los 10 y a los 20 años, es decir:  $W_{18} = 1.1 \times 10^7$  y  $W_{18} = 2.6 \times 10^7$ , optándose por el diseño más adecuado, dejando para las conclusiones la mejora del mismo.



### 1.5.2. Soporte del suelo para diseño

De acuerdo al método AASHTO, para caracterizar la capacidad de soporte del suelo se emplea el Módulo Elástico o Módulo Resiliente (MR)-

El cálculo de los módulos resilientes del suelo de subrasante se ha realizado mediante los ensayos de CBR de laboratorio del estudio proporcionado, y se considera el perfil estratigráfico hallado como el mismo en los trabajos de ampliación de la carpeta que se harán según el Diseño Geométrico, para sustentar el diseño de la nueva carpeta.

Para correlacionar los valores del módulo resiliente con los valores de CBR se utilizan las siguientes expresiones:

$$\text{Para suelos finos con } \text{CBR} < 7.2\%, \text{ MR} = 1500 \times \text{CBR} \quad (1)$$

$$\text{Para suelos finos con } 7.2 < \text{CBR} < 20\%, \text{ MR} = 3000 \text{ CBR}^{0.65} \quad (2)$$

$$\text{Para suelos granulares, } \text{MR} = 4326 \ln \text{ CBR} + 241 \quad (3)$$

Estas fórmulas han sido utilizadas con los valores de CBR de laboratorio.

Estas formulaciones se han tomado de la Publicación N° FHWA-PL-98-029. Caminos, Segundo Trimestre 1998, I.P.C.

Para el Modulo Resiliente de la Subrasante (MR), que se define como el valor del Modulo de Resiliencia que es menor que el 60%, el 75% o el 87.5% de los valores analizados, se asocia con el tráfico de diseño obtenido según el siguiente cuadro<sup>1</sup>:

**Cuadro N° 1-7:**  
**LIMITES DE DISEÑO PARA SUBRASANTE**

NIVEL DE TRAFICO	PERCENTIL DE DISEÑO(%)
10 <sup>4</sup>	60
Entre 10 <sup>4</sup> a 10 <sup>6</sup>	75
10 <sup>6</sup> o mas	87.5

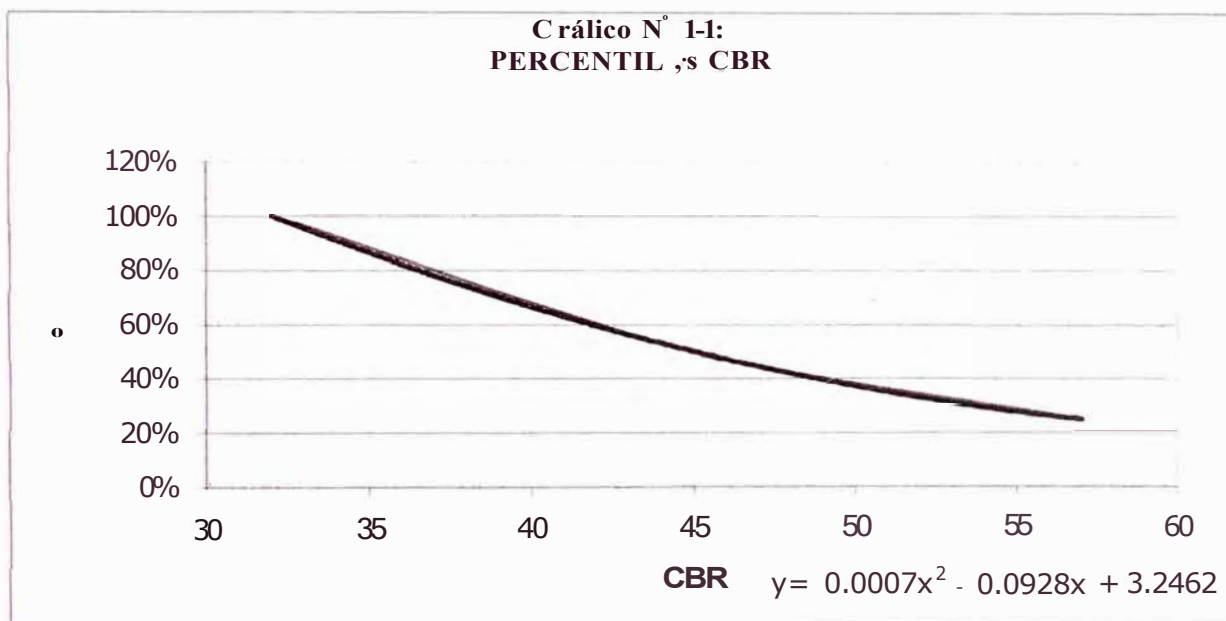
Cuanto mayor es el tráfico menor es el valor de diseño del MR, esto es para asegurar un diseño conservador en una vía con mayores volúmenes de tráfico.

<sup>1</sup> Asphalt Institute; Thickness Design Asphalt Pavements for Highway & Street, cap V, pag. 29.

En este caso se optará, por el tráfico de diseño obtenido de  $2.6 \times 10^7$ , un percentil de 90% que correlaciona con la formula (3) al tener en el sector de trabajo suelos predominantemente granulares (ver Estudio de Geotecnia) para obtener el  $M_R$  de diseño final. Según los datos trabajados se tiene:

Cuadro N° 1-8:

CBR	CBR-MAY	FRECUENCIA	PERCENTIL %	PORCENTAJE
45	57	1	1	25%
57	45	1	2	50%
32	32	2	4	100%
32	32			

Gráfico N° 1-1:  
PERCENTIL ,s CBR

Para un percentil del 87.5% se obtiene un CBR de 33.91, aplicando la relación correspondiente resulta un  $M_R$  igual 15 567 PSI.

### 1.5.3. Calidad de los materiales a emplearse

Para el diseño del pavimento, se considerará el uso de los siguientes materiales:

Concreto asfáltico, con un coeficiente estructural igual a  $a_1 = 0.44$ /pulgada, basándonos en el ábaco de la fig. 2.5 del AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993 (Módulo Elástico del concreto asfáltico a  $68^\circ$  F igual a 400000 PSI, según consideraciones tomadas por la AASHTO).

Base granular, con un coeficiente estructural igual a  $a_2 = 0.14$ /pulgada, un coeficiente de drenaje de 0.9 y un Módulo Resiliente igual a 30.0 ksi. Dicho

valores corresponden a un valor de CBR del 100% para tráfico pesado, según *requisitos* de las *Especificaciones* Generales para la Construcción de Carreteras MTC 2000. Ver Gráfico de la fig. 2.6 de la Guía de AASHTO en el cual se definen valores de  $a_2$  con diferentes parámetros de resistencia de la base granular.

Sub-base granular, con un coeficiente estructural igual a 0.11 /pulgada, un coeficiente de drenaje de 0.9 y un Módulo Resiliente de 15.0 ksi. El valor del coeficiente estructural y el Módulo Resiliente se obtienen para un CBR de la sub-base de 40% como mínimo, según requisitos de las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras MTC 2000 y según el *Gráfico* de la *fig.* 2.7 de la Guía.

El coeficiente de drenaje de 0.9 adoptado corresponde a una calidad de drenaje regular expuesto a niveles de humedad que varían entre 5 a 25 % y se aproximan a la saturación.

#### 1.5.4. Cálculo del número estructural total requerido ( $S_{n_{req}}$ )

Los resultados del Número Estructural Total requerido ( $S_{n_{req}}$ ) se presentan en los formatos de salida de la hoja electrónica Excel empleada para el cálculo, adjuntas al presente capítulo. Se incluye además, de acuerdo a la metodología AASHTO, el Número Estructural requerido para cada una de las capas del pavimento. Para el tráfico especificado se toma en cuenta la sugerencia de la AASHTO que considera un espesor mínimo de concreto asfáltico de 4" (10cm) y de espesor de base de 6" (15 cm). Ver hojas de cálculo en Anexos.

De las características de los materiales señaladas más arriba, se establece la primera hipótesis de diseño: se nota que el Modulo Resiliente de la sub-base es mucho menor que el de la sub-rasante, además de tener un considerable espesor de carpeta asfáltica como requerimiento mínimo, por lo que se obvia la colocación de una sub-base. Dicho de otra forma, se *tiene* un buen suelo de fundación que nos permitiría prescindir de la capa de sub-base.

Para la alternativa 1, diseño con  $W_{18} = 2.6 \times 10^7$ , para 20 años se tiene:

**Cuadro N° 1-9:**  
DISEÑO 20 AÑOS

CAPA	ESPESOR (PULGADAS)
C. ASF.	9
BASE	7.5

Para la alternativa 2, diseño con  $W_{18}=1.1 \times 10^7$ , para 10 años:

**Cuadro N° 1-10:**  
DISEÑO 15 AÑOS

CAPA	ESPESOR (PULGADAS)
C. ASF.	7.5
BASE	8

Teniendo en cuenta las recomendaciones y los procedimientos de cálculo de la AASHTO, resultan los siguientes valores de espesores del pavimento diseñado para un periodo de diseño de 10 años:

**Cuadro N° 1-11:**

CAPA	ESPESOR (CM)
C. ASF.	20
BASE	20

Se puede recomendar que, teniendo un periodo de diseño de 20 años, se pueda analizar el proyecto mediante diseño por etapas, debido a las siguientes razones:

El pavimento puede construirse en dos etapas, por ejemplo de 8 años la primera etapa, luego un refuerzo del pavimento con la finalidad de que preste servicio hasta el año 20 (segunda etapa). Esto se puede hacer con el criterio de disminución del costo inicial de la inversión, previniendo la disposición de fondos para la segunda etapa.

Para considerar posibles fluctuaciones futuras en el tráfico proyectado.

Se pueden reparar las zonas débiles que se desarrollen en la primera etapa.

La experiencia de la carretera experimental AASHO indica que los pavimentos reforzados brindan un mejor comportamiento en servicio que los pavimentos nuevos con iguales diseños.

## CAPITULO 11 EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO

Cuando solamente se requiere de una información básica o referencial, puede estimarse el estado o condición superficial en base al recorrido de la vía evaluando los tipos de fallas existentes en forma visual y estimando el grado de "comfort" de la vía al ser transitada. La evaluación visual del estado del pavimento se efectúa determinando el grado de deterioro de la carpeta de rodadura, de tal manera que permita una cuantificación de las fallas observadas: fisuras, desintegración, trabajos de parchado, ondulamientos, exudación y otros. Estas actividades constituyen una evaluación visual del estado superficial del pavimento.

Sin embargo, para determinar si el pavimento es lo suficientemente "suave" para los usuarios y establecer una apreciación de los costos de operación vehicular, se puede calcular la rugosidad de la vía en términos de IRI (International Roughness Index) empleando equipos especializados. Esto constituye la evaluación de la capacidad de servicio del pavimento.

### 21. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

Para la evaluación superficial de fallas existentes no requiere mayores equipos, inclusive para la medición del ahuellamiento solo se usa una regla.

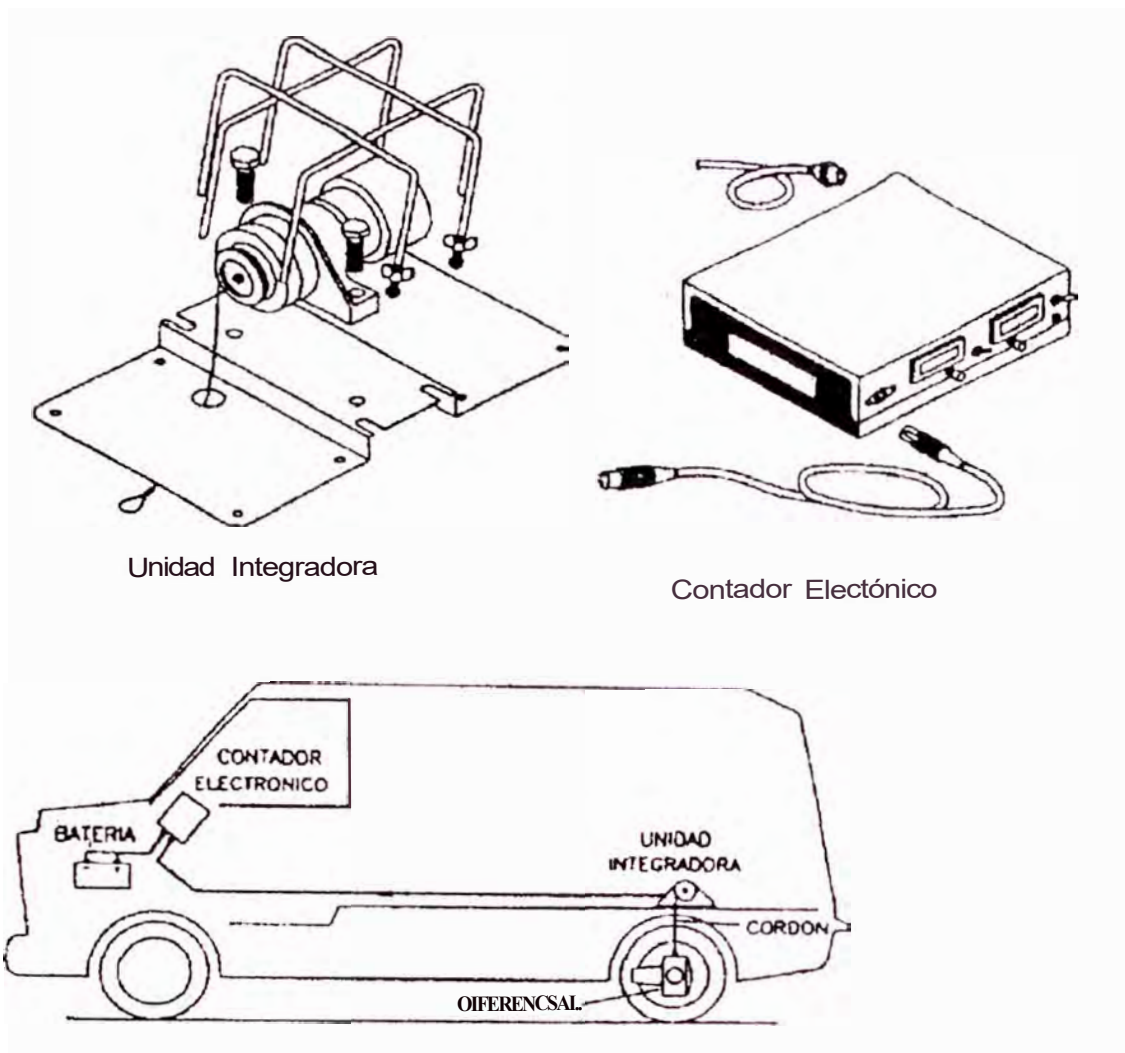
Para realizar la evaluación de la capacidad de servicio del pavimento es necesario el uso de equipos especializados como son el Rugosímetro Bump Integrator y el Rugosímetro Merlín.

#### 2.1.1. Rugosímetro Bump Integrator Unit

"BUMP INTEGRATOR UNIT" (Unidad Integradora de muelles), este equipo va montado en la tolva de la camioneta, conectado directamente con el diferencial del eje trasero mediante un cable flexible adecuadamente tesado. Conforme el vehículo recorre la vía a una velocidad uniforme, la "Unidad Integradora" mide los movimientos relativos entre el chasis y el eje trasero registrando los datos con la Unidad Contadora instalada en el panel de control de la cabina







**Figura N° 11-1:  
RUGOSÍMETRO "BUMP INTEGRATOR NIT"**

**2.1.2. Merlín**

El otro rugosímetro empleado es el MERLIN, equipo de diseño simple fabricado especialmente para su uso en países en vías de desarrollo. Este rugosímetro solamente requiere de un operador, que luego de una previa calibración, recorre a pie el sector en estudio efectuando 200 mediciones a intervalos regulares abarcando una distancia de 430m. aproximadamente.

El MERLÍN es un equipo que consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal. Uno de los elementos verticales es una rueda donde una vuelta de la rueda es 2.15m. En la parte central del elemento horizontal se proyecta una barra vertical cuyo extremo inferior pivotea un brazo móvil en cuyo extremo inferior se ubica un patín empernado ajustable mientras que *en el*





observadas en los pavimentos. La toma de datos se efectúa sistemáticamente permitiendo recopilar los siguientes datos:

Progresivas evaluadas

Área de influencia

Tipos de falla existente

Según el Estudio de la Rehabilitación de las Carreteras Afectadas por "El Niño" - MTC - SINMAC - JBIC, los daños encontrados consisten principalmente en fisuras abiertas (severas) del tipo longitudinal, transversal y en bloque en grado escaso a extensivo y zonas aisladas con ahuellamiento severo. En la Figura N° 113 se muestra fallas existentes en el tramo cada 100m.

En el Cuadro N° 111 se detalla las observaciones por cada kilómetro de acuerdo al tipo de falla evaluada y el porcentaje de área afectada, en la que se destacan las fisuras longitudinales, transversales y en bloque, además de deformaciones en forma de ondulaciones, así como también peladuras en un menor medida.

**Cuadro N° 111:  
PORCENTAJE DE AREA AFECTADA POR LAS FALLAS EVALUADAS**

		Km 55 - 56	Km 56 -57	Km 57-58
Fisuras	Longitudinal	19	25	24
	Transversal	10	37	30
	En Bloque	21	28	21
	Piel de Cocodrilo	5	0	0
Ondulaciones	Peladuras	15	46	75
	Nidos de Gallina	0	0	0
	Baches	0	7	28
Deformaciones	Ahuellamiento	30	0	0
	Hundimiento	1	4	0
	Desplazamiento	16	0	0
	Ondulación	7	0	0

**Cuadro N° 11-2:  
CLASIFICACION DE TIPO DE FALLA EN PAVIMENTO FLEXIBLE**

CLASIFICACION TIPO PRINCIPAL DE FALLA	DENOMINACIÓN DE LA MANIFESTACION	SIMBOLOGIA
1. DEFORMACIONES	1. Ahuellamiento	-----
	2. Hundimiento (Depresión)	----- -----
	3. Desplazamientos	----- 5
	4. Deslizamientos	----- (=)
	5. Ondulaciones	-----
2. FISURAS O AGRIETAMIENTOS	1. Piel de Cocodrilo	&
	2. En Bloque	;/
	3. Longitudinales	-----
	4. Transversales	/
	5. Reflejadas	f
	6. En Arco	ir
111. DISGREGACIONES	1. Peladuras	-----
	2. Nidos de gallina	O
	3. Desintegraciones totales	●
	4. Indentaciones	-----
	5. Pulimiento superficial	-----
IV. EXUDACION	1. De asfalto	-----
V. MANTENIMIENTO	1. Parchado o bacheo	-----

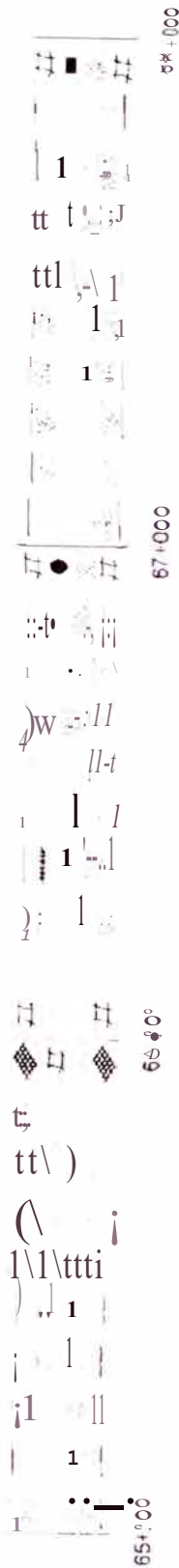


Figura N° 11-3  
FALLAS EXISTENTES EN EL TRAMO KM 65+000 KM 68+000

Resumiendo las observaciones a fin de concluir la evaluación superficial en el tramo de estudio KM 65 al KM 68 es que mostramos el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 11-3:  
RESUMEN**

KILOMETRAJE	FALLAS
65+000 -66+000	Fisuras en bloque, longitudinales y transversales en áreas moderadas. Desplazamientos.
66+000 - 67+000	Fisuras en bloque, longitudinales y transversales, zonas de exudación y pulimiento superficial
67+000 - 68+000	Fisuras longitudinales y en bloque, peladuras, parches y zonas de exudación.

## 2.3. MEDICIÓN DE AHUELLAMIENTOS

### 2.3.1. Ahuellamiento

Los métodos de diseño de pavimentos usualmente están basados en principios mecanísticos-empíricos que contemplan el control de daño por fatiga en la mezcla asfáltica y del ahuellamiento en las distintas capas que conforman el pavimento, particularmente al nivel de la subrasante.

Cuando se desarrollo el procedimiento Marshall en la década de los 60, las características de las mezclas asfálticas en la superficie estaban en capacidad de soportar los esfuerzos inducidos por la presión de las ruedas, aceptando valores de estabilidad mínimo de 750 libras, actualmente los mínimos establecidos por el instituto del Asfalto son de 1800 libras. Este aumento significativo de las cargas vehiculares, implica que los pavimento sean sometidos en la practica a niveles de esfuerzo mayores a los previsto. Debido a ello, existe un gran riesgo potencial de que se produzca de manera prematura la formación de ahuellamiento en la superficie asfáltica.

### 2.3.2. Toma de datos

El procedimiento para medir el ahuellamiento se usa una regla de 3m de longitud, tomando mediciones cada 50m alternados en ambos carriles.

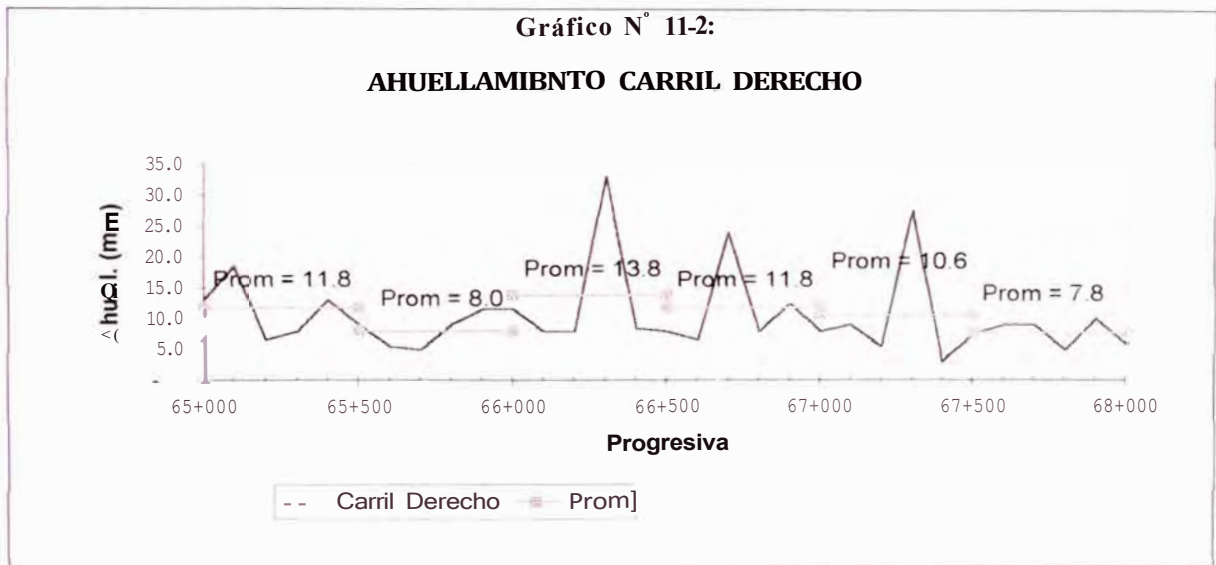
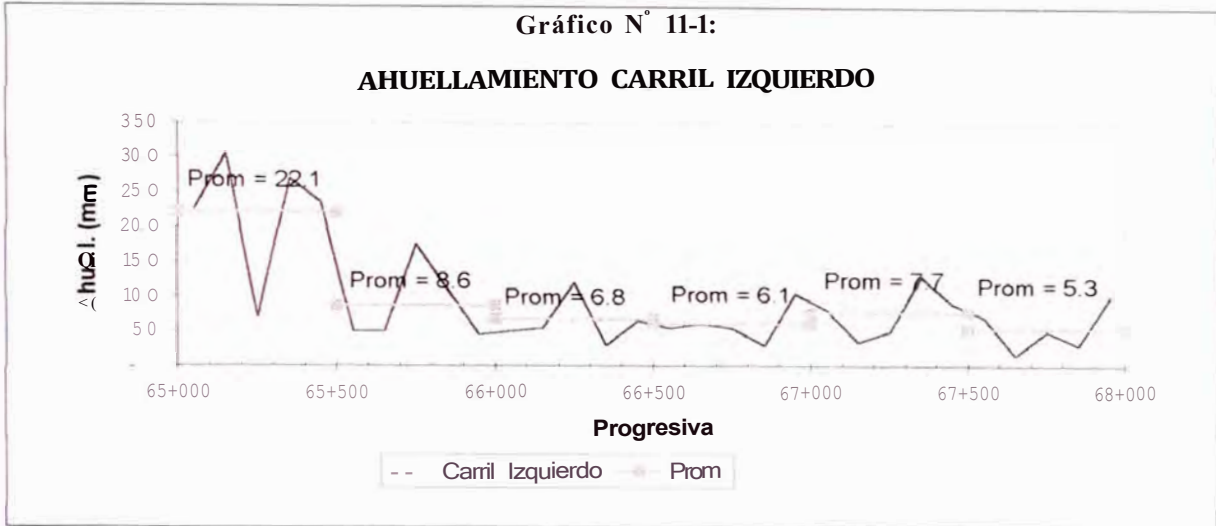
Para el análisis de las mediciones graficamos los valores de ahuellamiento a lo largo de la vía para luego agrupamos en tramos de similar comportamiento, tal como se muestra en el Gráfico N° 11-1 el ahuellamiento en el carril Izquierdo y en el Gráfico N° 11-2 el ahuellamiento en el carril Derecho.

**Cuadro N° 11-t:**  
**RESULTADOS DE LA MEDICION DEL AHUELLAMIENTO KM POR TRAMOS**

Progresiva KM	Carril Izquierdo			Progresiva KM	Carril Derecho		
	E	I	Prom		E	I	Prom
65+050	24	21	22.5	65+000	16	10	13.0
65+150	43	18	30.5	65+100	20	17	18.5
65+250	7	7	7.0	65+200	6	7	6.5
65+350	31	23	27.0	65+300	6	10	8.0
65+450	22	25	23.5	65+400	14	12	13.0
65+550	4	6	5.0	65+500	7	11	9.0
65+650	5	5	5.0	65+600	5	6	5.5
65+750	15	20	17.5	65+700	3	7	5.0
65+850	7	15	11.0	65+800	4	14	9.0
65+950	5	4	4.5	65+900	10	13	11.5
66+150	8	3	5.5	66+000	16	7	11.5
66+250	20	4	12.0	66+100	11	5	8.0
66+350	4	2	3.0	66+200	11	5	8.0
66+450	9	4	6.5	66+300	27	39	33.0
66+550	4	7	5.5	66+400	5	12	8.5
66+650	5	7	6.0	66+500	9	7	8.0
66+750	3	8	5.5	66+600	8	5	6.5
66+850	4	2	3.0	66+700	34	14	24.0
66+950	16	5	10.5	66+800	9	7	8.0
67+050	9	7	8.0	66+900	11	14	12.5
67+150	4	3	3.5	67+000	10	6	8.0
67+250	5	5	5.0	67+100	10	8	9.0
67+350	14	12	13.0	67+200	5	6	5.5
67+450	10	8	9.0	67+300	25	30	27.5
67+550	10	4	7.0	67+400	4	2	3.0
67+650	1	2	1.5	67+500	3	12	7.5
67+750	4	6	5.0	67+600	8	10	9.0
67+850	3	3	3.0	67+700	10	8	9.0
67+950	10	10	10.0	67+800	2	8	5.0
				67+900	12	8	10.0
				68+000	4	8	6.0

Resaltamos los valores correspondientes a cada tramo, encontrando que en el tramo 65+000 al 65+500 el ahuellamiento es mas elevado en el carril izquierdo considerando que ahí se halla la segunda curva de desarrollo que dobla a la izquierda. En los otros tramos sucede el caso inverso notándose que el ahuellamiento es mayor en el carril derecho que es el carril de ascenso,

podríamos suponer que se debiera a una mayor incidencia de cargas en ese carril.



Para la calificación del grado de severidad se usa el Cuadro N° 11-5 el cual proporciona rangos en la evaluación de ahuellamiento.

**Cuadro N° 11-5:**  
**RANGOS DE AHUELLAMIENTO**

RANGO (mm)	MAGNITUD
0 < a < 6	Leve
6 < a < 12	Moderado
> 12	Severo



Teniendo en cuenta que nuestro registro va 1.5 a 33.0, se tiene mayormente zonas con aun ahuellamiento moderado y leve, en el que destacarían las zonas con ahuellamiento severo, como es el caso del tramo KM65+000 - KM65+500.

## 2.4. MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD E ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE

De acuerdo a la AASHTO la serviciabilidad es la capacidad de un pavimento de asegurar una circulación suave, confortable y segura para el tráfico para el cual ha sido construido el pavimento, por ello su apreciación depende del usuario, de las características propias del vehículo, velocidad de operación, y de la condición del pavimento.

Como medida de control de calidad de una obra terminada, la rugosidad se emplea desde dos puntos de vista diferentes:

Para determinar *si* el pavimento es lo suficientemente *suave* para los usuarios y establecer en muchos casos una apreciación de los costos de operación de los vehículos.

### 2.4.1. El rango de Serviciabilidad Presente (PSR)

De sus siglas en ingles, Present Serviciability Rating, el cual establece la condición funcional actual del pavimento o transitabilidad, basándose en la opinión de un observador sobre la capacidad o habilidad del pavimento para servir al tránsito que se considera debe soportar, siguiendo los criterios desarrollados en el Experimento Vial AASHTO. La escala de calificación subjetiva empleada varía desde 0 a 5 según se muestra en el Cuadro N° 116

**Cuadro N° 116**  
**CUADRO CLASIFICACION DE LA TRANSITABILIDAD**

PSR	TRANSITABILIDAD
0-1	MUY MALA
1-2	MALA
2-3	REGULAR
3-4	BUENA
4-5	MUY BUENA



### 2.4.2. Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

De sus siglas en inglés Present Serviciability Index. Es la medida de la serviciabilidad empleando medios mecánicos. Para su estimación, la tendencia más difundida es la determinación de la rugosidad o deformación longitudinal del pavimento.

La determinación analítica del PSI se ha efectuado utilizando la expresión aproximada establecida por Sayers, que relaciona la rugosidad con el Índice de Serviciabilidad. La correlación adoptada se desarrolló usando los datos obtenidos en el Ensayo Internacional sobre Rugosidad en Caminos, realizado en Brasil en 1982, que tiene la siguiente expresión:

$$IRI = 5.5 \ln (5.0 / \text{PSI}) \quad \pm 25\% \text{ para } IRI < 12$$

Donde: IRI = Rugosidad, IRI (International Roughness Index)

PSI = Índice de Serviciabilidad

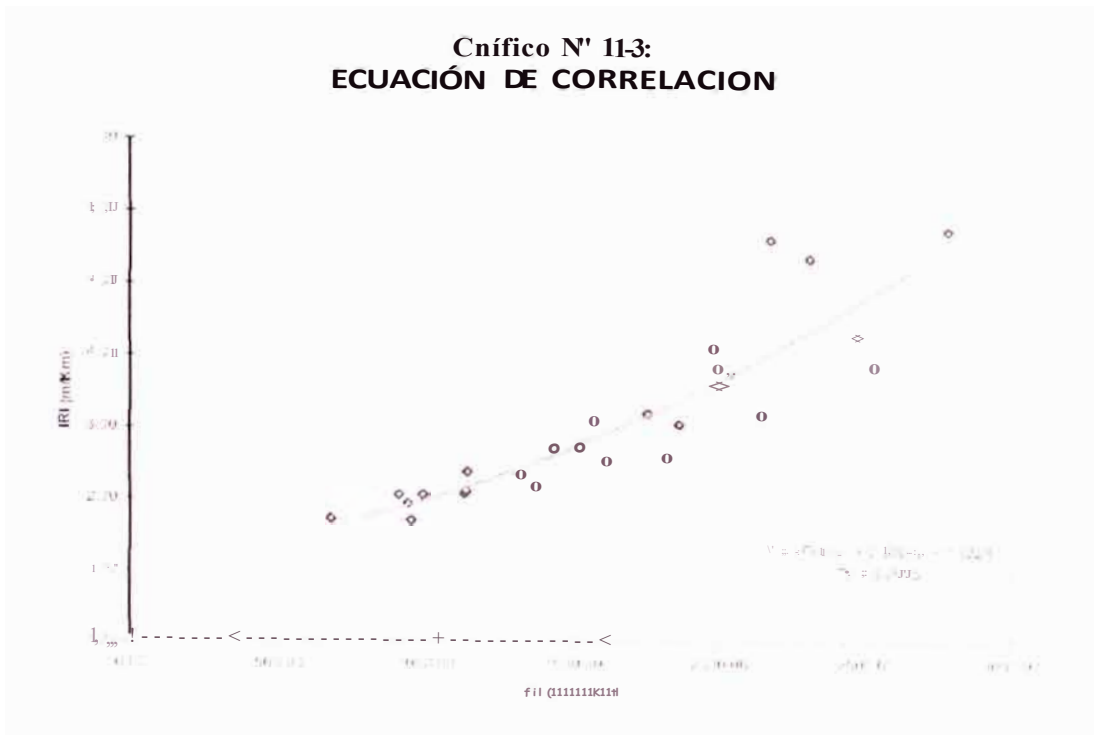
### 2.4.3. Calibración del Rugosímetro Bump Integrator

Para la medición de la rugosidad se usó el Rugosímetro Bump Integrator por ser de mayor velocidad, in embargo este requiere una calibración, para este efecto usamos el Rugosímetro Merlín.

La calibración del BUMP INTEGRATOR modelo A 1471 fabricado por Leonard Farnell en Inglaterra, se efectuó con el MERLIN modelo A 1460 también fabricado por Leonard Farnell en Inglaterra, siguiendo la siguiente metodología:

1. Identificación de veintisiete sectores de prueba con distinto nivel de rugosidad.
2. Medición de rugosidad con el MERLIN en unidades IRI en los veintisiete sectores identificados.
3. Medición de la rugosidad con el BUMP INTEGRATOR en unidades BI en los mismos sectores en los que se efectuó la medición con el MERLIN.





La ecuación de calibración obtenida es:

$$IRI = -4E07 BI^2 + 0.0004BI + 1.1324$$

El coeficiente de correlación es de 0.7995 el cual se considera aceptable.

**2.4.4. Cálculo de la Rugosidad e Índice de Serviciabilidad**

La medición de la rugosidad en todo el tramo en el carril de ida y de vuelta, cada 100 m, utilizando el BUMP INTEGRATOR (Unidades BI) se muestra en el Cuadro Nº 11-8, así como también, el cálculo de la rugosidad en unidades IRI utilizando la ecuación de calibración.

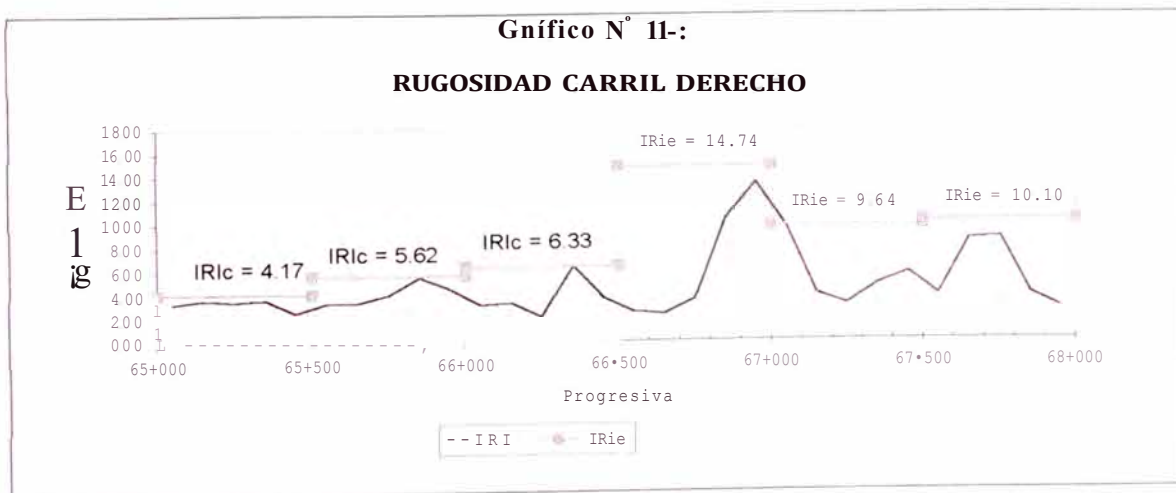
### Cuadrn N° 11-8: MEDICION DE LA RUGOSIDAD - TRAMO KM 65+000 A KM 68+000 BUMP INTEGRATOR

SUPERV. : REHABILITACION DE LAS CARRETERAS AFECTADAS POR EL NIÑO  
 ZONA : 1 - CARRETERA PUENTE RICARDO PALMA- LA OROYA  
 TRAMO : 2 - Cocachacra - Puente Matucana  
 NIVEL : Capa de Rodadura

N°	Inicio	Final	Prog	CARRIL DERECHO				CARRIL IZQUIERDO				PROMEDIO		OBSERVACIONES	
				C	B	IRI	PSI	C	B	IRI	PSI	IRI	PSI		
				mm/Km	m/Km			mm/Km	m/Km			m/Km			
121	65+000	65+100	65+050	20	1950	3.43	2.68	23	2750	5.25	1.92	4.35	2.30	curva izquierda en u fisura hueco	
122	65+100	65+200	65+150	21	2100	3.74	2.53	24	2400	4.40	2.25	4.07	2.39		
123	65+200	65+300	65+250	20	2000	3.53	2.63	27	2700	5.13	1.97	4.33	2.30	curva izquierda en u curva en u	
124	65+300	65+400	65+350	21	2100	3.74	2.53	19	1900	3.34	2.73	3.54	2.61	curva derecha en u	
125	65+400	65+500	65+450	15	1500	2.63	3.10	21	2100	3.74	2.63	3.18	2.82		
126	65+500	65+600	65+550	20	1950	3.4	2.68	27	2700	5.18	1.97	4.28	2.32	Concreto	
127	65+600	65+700	65+650	20	1950	3.43	2.68	37	3650	7.92	1.18	5.68	1.93		
128	65+700	65+800	65+750	23	2250	4.06	2.39	17	1650	2.88	2.96	3.47	2.68	curva a la izquierda	
129	65+800	65+900	65+850	29	2850	5.52	1.83	52	5200	14.03	0.39	9.77	1.11		
130	65+900	66+000	65+950	25	2450	4.81	2.20	30	3000	5.93	1.70	5.22	1.95	puente, fisura curva a la derecha	
131	66+000	66+100	66+050	18	1800	3.15	2.82	26	2600	4.88	2.06	4.01	2.44	puente hueco	
132	66+100	66+200	66+150	19	1900	3.34	2.73	15	1500	2.63	3.10	2.98	2.91		
133	66+200	66+300	66+250	12	1200	2.19	3.36	19	1900	3.34	2.73	2.76	3.04	fisura puente	
134	66+300	66+400	66+350	32	3150	6.36	1.57	32	3150	6.36	1.57	6.36	1.57	curva izquierda	
135	66+400	66+500	66+450	21	2100	3.74	2.53	26	2750	5.25	1.92	4.50	2.23		
136	66+500	66+600	66+550	15	1450	2.55	3.41	20	1950	3.43	2.68	2.99	2.91	fisura	
137	66+600	66+700	66+650	13	1300	2.33	3.27	11	1350	2.40	3.23	2.35	3.25	fisura	
138	66+700	66+800	66+750	20	2000	3.53	2.63	18	1750	3.06	2.87	3.29	2.75	fisura desgaste	
139	66+800	66+900	66+850	43	4300	10.25	0.78	34	3400	7.12	1.37	8.68	1.07	curva a la derecha fisura	
140	66+900	67+000	66+950	31	5050	13.36	0.44	54	5400	14.96	0.33	14.15	0.39	curva a la izquierda fisura	
141	67+000	67+100	67+050	42	4150	9.68	0.86	61	6100	18.46	0.17	14.07	0.52	fisura	
142	67+100	67+200	67+150	22	2200	3.95	2.44	17	1650	2.88	2.96	3.41	2.70	hueco fisura, desgaste	
143	67+200	67+300	67+250	18	1750	3.06	2.87	23	2300	4.17	2.34	3.61	2.61	fisura	
144	67+300	67+400	67+350	26	2550	4.75	2.11	47	4700	11.89	0.58	8.30	1.34	curva a la derecha	
145	67+400	67+500	67+450	29	2900	5.66	1.79	35	3450	7.27	1.33	6.46	1.56	fisura	
146	67+500	67+600	67+550	22	2150	3.84	2.49	48	4750	12.06	0.55	7.95	1.52	fisura	
147	67+600	67+700	67+650	38	3800	8.43	1.08	44	4350	10.44	0.75	9.43	0.91	curva a la derecha fisura hueco	
148	67+700	67+800	67+750	39	3850	8.60	1.05	43	4300	10.25	0.78	9.42	0.91	hueco	
149	67+800	67+900	67+850	22	2200	3.95	2.44	24	2350	4.28	2.30	4.11	2.37	fisura, hueco	
150	67+900	68+000	67+950	16	1550	2.71	3.05	26	2600	4.88	2.06	3.79	2.55	hueco curva a la derecha	

Para hallar el valor representativo de la rugosidad por kilómetro (IRie) tomamos el valor de  $IRIp + 1.6450$ , donde  $IRIp$  es el promedio del tramo y  $o$  es la desviación estándar del tramo, en esta caso un kilómetro.

De igual manera se procede para el Índice de Serviciabilidad (PSI), en este caso el valor representativo será el promedio del tramo.





## 2.5. RESULTADOS OBTENIDOS

El IRI obtenido con el Bump Integrator en el carril izquierdo en el tramo de estudio KM65+000 - 68+000 varió de 2.40 a 18.46 con valor promedio de 6.59 m/Km, que corresponde a un Índice de serviciabilidad de 1.51; en el carril derecho se obtuvo un IRI que varió de 2.19 a 13.35 con promedio de 4.78 m/Km, que corresponde a un Índice de serviciabilidad de 2.10. Estos valores promedio son característicos de una vía que se considera en estado de transitabilidad regular.

El Gráfico N° 116 muestra los gráficos de rugosidad y serviciabilidad presente para todo el tramo en estudio, considerando el promedio de los valores de los dos carriles ya que la evaluación de la serviciabilidad se efectúa para todo el ancho de la vía, donde se aprecia que la rugosidad presenta valores que varían de 2.36 a 14.15. Se puede observar que prácticamente la totalidad del tramo registra valores elevados de rugosidad.

## CAPITULO 111 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

### 3.1. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

#### 3.1.1. Deflectómetro Viga Benkelman

Una Viga Benkelman Simple modelo HT-350 marca ELE/SOILTEST (USA) con su correspondiente flexímetro modelo HT-352M marca ELE (al 0.02 mm) y las siguientes dimensiones fundamentales:

Longitud del brazo de ensayo, la distancia desde el pivote a la punta de prueba es igual 2.438 m.

La longitud del brazo de ensayo desde el pivote al punto de apoyo del vástago del dial registrador es igual a 1.219 m.

#### 3.1.2. Accesorios y materiales

Un camión cargado con eje trasero de 18,000 libras igualmente distribuidos en un par de llantas dobles inflados a una presión normalizada de 80 psi. En el caso del modelo de Hogg, la presión de llantas es un parámetro que se introduce en el procedimiento de cálculo.

Un medidor de presión de inflado.

Un termómetro digital marca AMARELL ELECTRONIC (Alemania).

Un barreno para ejecutar orificios en el pavimento de 4 a 10cm. de profundidad y 10a 15 mm de diámetro.

Un bidón con agua.

## 32 MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN RECUPERABLE

El control deflectométrico al nivel de capa de rodadura ha consistido en medición de las deflexiones en los dos carriles, en ambos sentidos cada 50 m. y en forma alternada.



La evaluación estructural del pavimento flexible se efectuó determinando la deformabilidad del mismo basándose en la medición de deflexiones recuperables con la Viga Benkelman a 25, 30, 40, 50, 70, 100, 500 y mayor de 500 cm para la aplicación del modelo de Hogg. En el caso del método del Instituto del Asfalto, solamente se toma en cuenta para el análisis la lectura inicial y final.

El Procedimiento utilizado se basa en el método canadiense tomando lecturas intermedias adicionales que son utilizadas para efectuar el análisis con un método racional que utiliza el modelo de Hogg.

Análisis de la deformada o la curvatura de la deflexión obtenida. Se calcula la deflexión promedio ( $D_p$ ), la desviación estándar ( $S_s$ ) y la Deflexión Característica ( $D_e$ ) para cada sector homogéneo y se compara esta deflexión característica al 95% de confiabilidad:  $D_e = D_p + 1.645 \times S_s$  por sectores homogéneos con la Deflexión Admisible ( $D_{adm}$ ) para el número de repeticiones de ejes equivalentes.

La medición de deflectometría al nivel de carpeta asfáltica tiene por objeto la evaluación, diagnóstico y complementación de los diferentes controles a realizarse a la carpeta asfáltica. Esta medición se efectúa al finalizar la obra como control final de calidad del pavimento terminado. Los resultados de estas mediciones deberán ser teóricamente menores a la deflexión admisible para el tramo.

Los trabajos de evaluación deflectométrica incluyeron las siguientes acciones:

1. Medida de ahuellamientos cada 50 metros al nivel de carpeta asfáltica durante la ejecución del ensayo de deflectometría.
2. Procesamiento de la información deflectométrica.
3. Control de calidad final del pavimento terminado mediante deflectometría.

Para llegar al juicio de la capacidad estructural del pavimento existente se tomaron en cuenta los resultados obtenidos mediante el método racional elástico de regresión. Una metodología de base racional es el denominado Método de Hogg, el cual mediante el uso de modelos elásticos para pavimentos y la medición experimental de deflexiones, determina la capacidad estructural de la estructura pavimento-subrasante.



Esta metodología es empleada por el programa BENKEL 3.7, el cual utiliza el modelo de Hogg para idealizar la estructura pavimento - subrasante. Los materiales de este sistema pueden ser caracterizados basándose en el análisis e interpretación de las curvas de deflexiones.

Basándose en las deflexiones medidas en campo con Viga Benkelman, el programa permite determinar los módulos de elasticidad del pavimento y de la subrasante, CBR y aporte estructural del pavimento para calcular el espesor de refuerzo del recapado o estructura de pavimento nuevo.

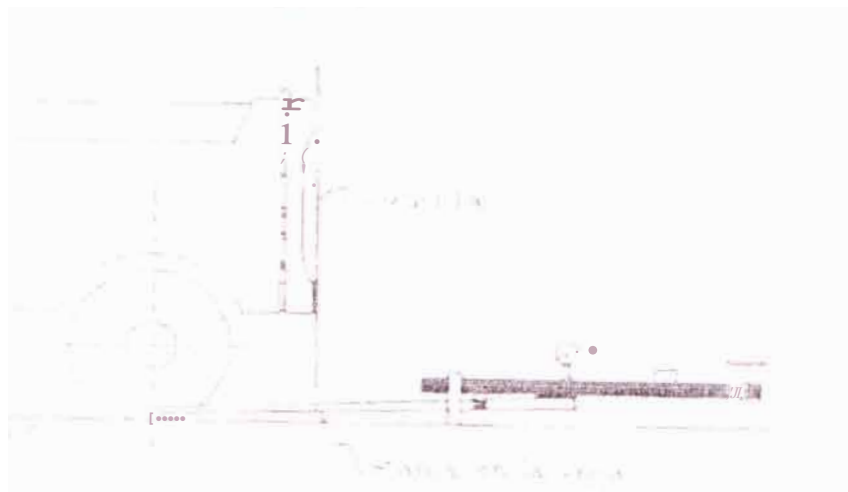
### 3.2.1. Procedimiento de ensayo

El punto de pavimento a ser ensayado deberá ser marcado convenientemente con una línea transversal al camino. Dicho punto será localizado a una distancia prefijada del borde según el Cuadro N° 111-1.

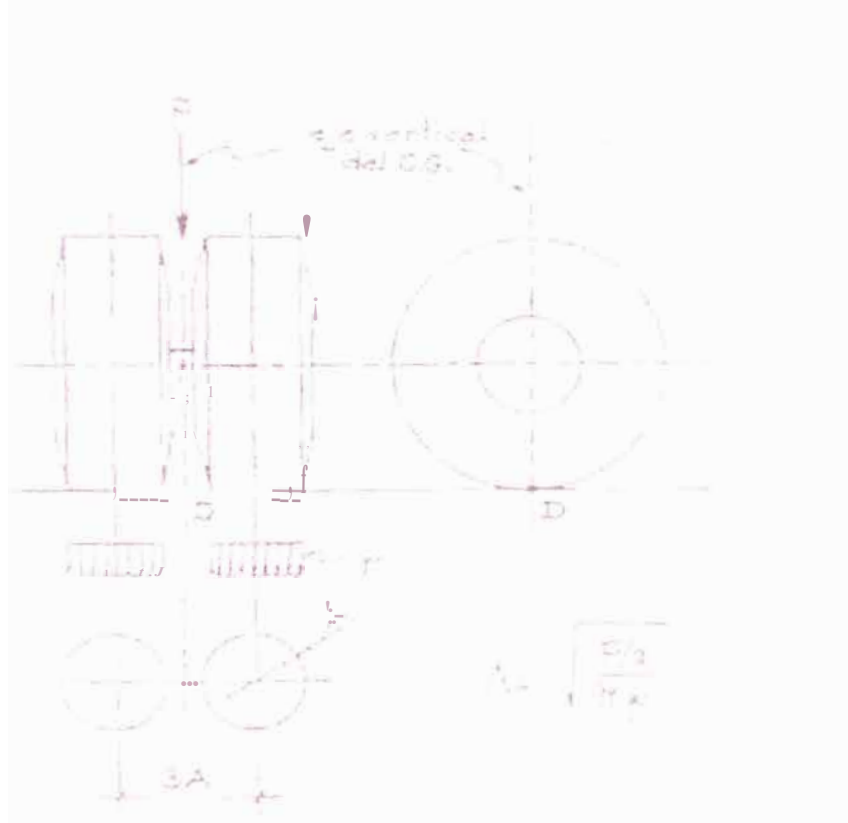
Cuadro N° 111-1:

ANCHO DE CARRIL (m)	DISTANCIA DESDE EL BORDE DEL PAVIMENTO (m)
2.70	0.45
3.00	0.60
3.30	0.75
< 3.60	0.90

La rueda dual externa deberá ser colocada sobre el punto seleccionado quedando éste ubicado entre ambas ruedas. Para una correcta ubicación de la rueda dual es conveniente colocar en la parte trasera externa del camión una guía vertical en correspondencia con el eje de carga; desplazando suavemente el camión se hace coincidir la guía vertical con la línea transversal indicada anteriormente, de modo que simultáneamente el punto quede entre ambas cubiertas de la rueda dual.



**Figura N° 111-1:  
ESQUEMA DEL ENSAYO CON VIGA BENKELMAN**



**Figura N° 111-2:  
CONFIGURACIÓN DE CARGAS DEL ENSAYO CON VIGA BENKELMAN**

Se coloca la viga sobre el pavimento, detrás del camión perpendicularmente al eje de carga de modo que la punta de prueba coincida con el punto de ensayo y la viga no roce contra las cubiertas de la rueda dual.

Se retira la traba de la viga y la base se ajusta por medio del tornillo trasero de modo tal que el brazo de medición quede en contacto con el vástago del dial.

El flexímetro se ajusta de modo tal que el vástago tenga un recorrido libre comprendido entre 4 y 6 mm. Se gira la esfera del flexímetro hasta que la aguja quede en cero y se verifica la lectura golpeando suavemente con un lápiz y poniendo en marcha el vibrador de la regla. Girar la esfera si es necesario y repetir la operación hasta obtener la posición "0" (cero). El ensayo comenzará cuando se compruebe que dicha lectura permanece constante, asegurando el equilibrio del pavimento bajo carga. Las divisiones para medición que se especifican en el dial son de 0.02 mm con un *límite* máximo de lectura de 25 mm. Cada vuelta completa de la aguja del dial representa 2 mm.

Establecida la lectura inicial en cero, se hace avanzar suave y lentamente el *camión* hasta una distancia de 10 m. o más.

Con el objeto de recopilar información para la utilización del modelo de Hogg, se toman lecturas intermedias a fin de obtener la distancia a la cual la relación  $DR/DO = 0.5$ , en donde DO es la deflexión máxima y DR la deflexión medida a la distancia R. Puesto que el valor de la deflexión máxima no es conocido desde un inicio, con la finalidad de automatizar la obtención de DR se realizan lecturas sistemáticas a 25, 30, 40, 50, 70, 100, 500 y a más de 500 cm. hasta que la lectura en el dial se estabilice. En el caso del método del Instituto del Asfalto, solamente se toma en cuenta para el análisis la lectura inicial y final.

Con el fin de medir la temperatura del pavimento se practica un orificio (antes de comenzar el ensayo y simultáneamente con las tareas descritas en a), cuyas dimensiones serán aproximadamente entre 4 y 10 cm de profundidad y 10 mm de diámetro, emplazado sobre la línea demarcada entre el punto de medición y el borde del pavimento (a no menos de 0.25 m del mismo).

Se llena con agua el orificio y, una vez pasado el tiempo prudencial necesario para permitir que el líquido adquiriera la temperatura del pavimento, se inserta el termómetro y se lee la temperatura.

Cabe señalar que el rango de temperatura de trabajo del pavimento debe estar entre  $5^{\circ}\text{C}$  y  $30^{\circ}\text{C}$ , para el caso en que los valores de temperatura sean superiores al rango indicado se procede a verificar si existe deformación plástica entre ambas cubiertas de la rueda dual de la siguiente manera:

1. Se ubica el punto de ensayo de acuerdo a lo establecido en el Cuadro N° 111-1.
2. Manteniendo el camión a una distancia mayor de 4 m del punto a ensayar, Se coloca la viga sobre el pavimento, detrás del camión perpendicularmente al eje de carga de modo que la punta de prueba coincida con el punto de ensayo y la viga no roce contra las cubiertas de la rueda dual. Se retira la traba de la viga y la base se ajusta por medio del tornillo trasero de modo tal que el brazo de medición quede en contacto con el vástago del dial. El flexímetro se ajusta de modo tal que el vástago tenga un recorrido libre comprendido entre 4 y 6 mm. Se gira la esfera del flexímetro hasta que la aguja quede en cero. Compruebe que dicha lectura permanece constante, asegurando el equilibrio del pavimento bajo carga.
3. Se hace retroceder suave y lentamente el camión hasta que la rueda dual externa quede colocada sobre el punto de ensayo.
4. Se observa la marcha de la aguja del flexímetro durante el retroceso del camión: si alcanzada cierta posición la aguja se detiene y luego se observa un desplazamiento en sentido contrario, como si se produjera la recuperación del pavimento, ello indica que existe deformación plástica que puede ser medida entre ambas cubiertas de la rueda dual. Esa aparente recuperación puede ser debida también al hecho que el radio de acción de la carga del camión afecte las patas delanteras de la viga, lo que deberá constatarse de la siguiente manera:

- a. Se ubica la viga de acuerdo a lo especificado, manteniendo el camión a una distancia mayor de 4 m del punto de ensayo medidos en el sentido de avance del camión.
- b. Luego se hace retroceder lentamente el camión observando el flexímetro de la viga. Cuando se observa que el flexímetro comienza a desplazarse acusando la deformación producida por efecto de la carga, se marca sobre el pavimento la posición de la guía vertical, y se detiene el retroceso del camión.

Para los cálculos de normalización de resultados de campo, este equipo tiene una relación de brazos de dos a uno, sin embargo, el dial indicador ha sido calibrado para leer deflexiones reales en forma directa y no es necesaria ninguna conversión por relación de brazos.

### 3.2.2. Deflexiones en el tramo de estudio

Cabe aclarar que en los reportes de la medición, se indican los tiempos en que fue efectuada la medición, sin embargo estos son solo referenciales, ya que no fueron tomados precisamente al inicio o final de la prueba ni utilizando un mismo reloj para su medición, por lo que no son representativos del tiempo de duración de la prueba, sin que esto sea trascendente por no intervenir en los cálculos efectuados.

Las medidas con viga Benkelman en el tramo KM65+000 a KM68+000 para el carril derecho se muestran en el Cuadro N° 111-2

Las medidas con viga Benkelman en el tramo KM65+000 a KM68+000 para el carril izquierdo se muestran en el Cuadro N° 111-3

Las deflexiones normalizadas para del ensayo son mostradas en el Cuadro N° III-4.

**Cuadro N° 111-2:**  
**ENSAYOS CON VIGA BENKELMAN CARRIL DERECHO**  
**Prog: KM65+000 a KM68+000 - Carga Eje (Kg) : i 100 - Presión (l>si) : 90**

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL PRIMER DIAL									TEMPERATURAS			Espesor Asfalto (cm)
	L-0 0.02mm R=0	L-25 0.02mm R=25	L-30 0.02mm R=30	L-40 0.02mm R=40	L-50 0.02mm R=50	L-70 0.02mm R=70	L-100 0.02mm R=100	L-500 0.02mm R=500	L>500 0.02mm R>500	Hora	Amb °C	Asfalto °C	
65+000	-	9 0	11 0	14 0	17 0	19 0	20 0	20 0	20 0	16 22	28 0	35 4	15 0
65+100	-	3 0	5 0	7 0	12 0	13 0	16 0	F 0	17 0	7 17	20 0	27 3	15 0
65+200	-	1 0	2 0	5 0	6 0	7 0	8 0	8 0	9 0	7 21	21 0	27 3	15 0
65+300	-	4 0	6 0	10 0	15 0	23 0	26 0	32 0	32 0	7 25	21 0	28 4	15 0
65+400	-	1 0	2 0	3 0	6 0	8 0	9 0	12 0	12 0	7 29	22 0	30 9	15 0
65+500	-	3 0	4 0	5 0	6 0	7 0	8 0	8 0	10 0	7 33	22 0	30 5	15 0
65+600	-	2 0	3 0	4 0	6 0	8 0	9 0	10 0	11 0	7 38	23 0	31 1	15 0
65+700	-	3 0	4 0	7 0	8 0	11 0	13 0	15 0	19 0	7 42	23 0	29 3	15 0
65+800	-	5 0	12 0	14 0	16 0	18 0	20 0	21 0	23 0	7 48	23 0	27 8	15 0
65+900	-	5 0	6 0	7 0	8 0	10 0	12 0	13 0	19 0	7 52	23 0	28 4	15 0
66+000	-	2 0	4 0	5 0	5 0	6 0	6 0	8 0	9 0	7 57	23 0	27 3	10 0
66+100	-	2 0	5 0	5 0	10 0	12 0	14 0	15 0	15 0	8 01	23 0	31 8	10 0
66+200	-	2 0	4 0	7 0	12 0	16 0	19 0	21 0	25 0	8 05	23 0	27 6	10 0
+ 300	-	1 0	2 0	5 0	7 0	9 0	14 0	18 0	23 0	8 09	23 0	26 8	10 0
66+400	-	1 0	3 0	4 0	7 0	10 0	11 0	14 0	15 0	8 13	23 0	27 5	10 0
66+500	-	1 0	2 0	4 0	6 0	11 0	15 0	18 0	20 0	8 18	23 0	28 3	10 0
66+600	-	1 0	1 0	3 0	4 0	9 0	10 0	13 0	16 0	8 22	23 0	26 2	10 0
66+700	-	2 0	4 0	6 0	9 0	10 0	13 0	16 0	16 0	8 26	23 0	28 5	10 0
66+800	-	2 0	3 0	5 0	7 0	9 0	12 0	16 0	20 0	8 32	23 0	28 7	10 0
66+900	-	2 0	3 0	6 0	9 0	13 0	14 0	15 0	15 0	8 36	23 0	26 1	10 0
67+000	-	2 0	3 0	5 0	7 0	10 0	11 0	14 0	14 0	8 41	22 0	23 9	10 0
67+100	-	1 0	2 0	3 0	4 0	5 0	5 0	6 0	9 0	8 45	22 0	28 9	10 0
67+200	-	1 0	2 0	3 0	4 0	7 0	8 0	11 0	15 0	8 49	22 0	27 4	10 0
67+300	-	5 0	6 0	7 0	8 0	9 0	10 0	10 0	10 0	8 53	22 0	27 7	10 0
67+400	-	1 0	2 0	5 0	9 0	13 0	15 0	17 0	17 0	8 58	23 0	28 7	10 0
67+500	-	1 0	1 0	2 0	4 0	6 0	8 0	11 0	11 0	9 02	23 0	28 5	10 0
67+600	-	2 0	3 0	6 0	9 0	11 0	13 0	15 0	15 0	9 06	23 0	29 9	10 0
67+700	-	5 0	6 0	8 0	10 0	12 0	13 0	14 0	14 0	9 10	23 0	28 9	10 0
67+800	-	2 0	4 0	6 0	9 0	11 0	12 0	13 0	13 0	9 16	24 0	28 5	10 0
67+900	-	1 0	6 0	7 0	11 0	16 0	19 0	20 0	20 0	9 21	24 0	29 1	10 0
68+000	-	2 0	4 0	7 0	10 0	13 0	14 0	15 0	15 0	9 25	24 0	28 4	15 0

**Cuadro N° 1113**  
**ENSAYOS CON VIGA BENKELMAN CARRIL IZQUIERDO**  
**prog: KM6-+000 a KM68+000 - Carretera El C (K1): H00 - Presión (nsi) : 90**

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL PRIMER DIAL									TEMPERATURAS			Espesor Asfalto (cm)
	L-0 0.02mm R=0	L-25 0.02mm R=25	L-30 0.02mm R=30	L-40 0.02mm R=40	L-50 0.02mm R=50	L-70 0.02mm R=70	L-100 0.02mm R=100	L-500 0.02mm R=500	L>500 0.02mm R>500	Hora	Amb °c	Asfalto °c	
67+950	-	9 0	10 0	12 0	14 0	19 0	21 0	21 0	21 0	7 58	20 0	28 4	10 0
67+850	-	3 0	5 0	8 0	11 0	15 0	16 0	17 0	17 0	8 02	20 0	26 9	10 0
67+750	-	9 0	10 0	13 0	15 0	17 0	17 0	17 0	17 0	8 07	20 0	28 8	10 0
67+650	-	1 0	1 0	2 0	3 0	3 0	4 0	6 0	6 0	8 11	20 0	29 1	10 0
67+550	-	3 0	4 0	9 0	15 0	18 0	20 0	21 0	21 0	8 15	20 0	28 5	10 0
67+450	-	1 0	2 0	3 0	5 0	7 0	9 0	13 0	13 0	8 19	20 0	28 5	10 0
67+350	-	5 0	6 0	7 0	9 0	11 0	12 0	14 0	14 0	8 23	20 0	28 0	10 0
67+250	-	3 0	4 0	7 0	9 0	13 0	15 0	16 0	16 0	8 29	20 0	26 6	10 0
67+150	-	3 0	4 0	6 0	9 0	15 0	16 0	19 0	19 0	8 33	20 0	28 4	10 0
67+050	-	2 0	3 0	5 0	7 0	10 0	11 0	14 0	14 0	8 37	20 0	28 8	10 0
66+950	-	3 0	6 0	9 0	14 0	21 0	23 0	24 0	24 0	8 41	20 0	26 8	10 0
66+850	-	5 0	7 0	10 0	15 0	21 0	23 0	23 0	23 0	8 45	20 0	27 1	10 0
66+750	-	1 0	3 0	6 0	9 0	11 0	13 0	14 0	14 0	8 49	20 0	28 9	10 0
66+650	-	5 0	6 0	9 0	13 0	15 0	16 0	17 0	17 0	8 53	20 0	28 8	10 0
66+550	-	7 0	9 0	15 0	19 0	23 0	25 0	26 0	26 0	8 57	20 0	26 4	10 0
66+450	-	2 0	3 0	5 0	8 0	11 0	13 0	13 0	13 0	9 01	20 0	26 2	10 0
66+350	-	1 0	2 0	3 0	6 0	10 0	12 0	13 0	14 0	9 05	20 0	28 4	10 0
66+250	-	1 0	2 0	5 0	6 0	9 0	13 0	14 0	15 0	9 09	20 0	28 9	10 0
66+150	-	3 0	5 0	8 0	13 0	15 0	16 0	16 0	16 0	9 13	20 0	27 2	10 0
65+950	-	10 0	13 0	15 0	16 0	17 0	18 0	19 0	19 0	9 19	20 0	30 8	10 0
65+850	-	5 0	7 0	9 0	11 0	12 0	14 0	15 0	15 0	9 24	19 0	32 3	10 0
65+750	-	5 0	10 0	15 0	5 0	26 0	26 0	26 0	26 0	9 28	19 0	31 1	10 0
65+650	-	5 0	9 0	10 0	13 0	15 0	15 0	15 0	15 0	9 32	19 0	29 8	10 0
65+550	-	4 0	5 0	8 0	11 0	17 0	20 0	21 0	21 0	9 36	19 0	32 6	15 0
65+450	-	5 0	6 0	7 0	8 0	9 0	10 0	12 0	12 0	9 40	19 0	30 1	15 0
65+350	-	9 0	11 0	14 0	15 0	17 0	19 0	20 0	20 0	9 44	19 0	31 3	15 0
65+250	-	9 0	12 0	15 0	10 0	21 0	22 0	23 0	23 0	9 48	19 0	29 7	15 0
65+150	-	6 0	7 0	9 0	10 0	12 0	5 0	19 0	19 0	9 52	19 0	22 4	15 0
65+050	-	6 0	7 0	7 0	8 0	9 0	9 0	9 0	9 0	9 56	19 0	32 4	15 0



**Cuadro N° 111-k**  
**DEFLECCIONES NORMALIZADAS AMBOS CARRILES**  
**Prog: KM65+000 a KM68+000 - Carga Eje (Kg): -'100 - Presión (psi): 90**

Progr. (Km)	Temp °C	Factor	DEFLECCIONES NORMALIZADAS (001 mm)										Espesor Asfalto (cm)
			DK 0 R=0	0.5DK 0 R	DK 25 25	DK 30 30	DK 40 40	DK 50 50	DK 70 70	DK 100 100	DK 500 500	DK >500 500	
65+000	354	08123	32 5	16 2	17 9	14 6	9 7	4 9	16	-	-	-	15 0
65+050	32 4	08432	152	7 6	5 1	3 4	3 4	17	-	-	-	15 0	
65+100	27 3	09013	3 0 6	1 5 3	2 5 2	2 1 6	1 8 0	9 0	7 2	1 8	-	15 0	
50	2 2 4	09653	367	183	-	232	193	174	135	27 0	-	15 0	
65+200	27 3	09013	162	81	144	126	11	54	36	18	18	15 0	
650	29 7	08730	40 2	20 1	24 4	191	14 0	22 7	3 5	17	-	15 0	
65+300	28 4	08881	56 8	28 4	49 7	46 2	39 1	30 2	16 0	10 7	-	15 0	
35+350	31 3	08551	34 2	17 1	18 8	15 4	10 3	8 6	5 1	17	-	15 0	
65+400	30 9	08595	206	103	189	172	155	103	69	52	-	15 0	
65+450	30 1	08684	20 8	10 4	12 2	10 4	8 7	6 9	5 2	3 5	-	15 0	
65+500	30 5	08639	173	8 6	121	104	8 6	6 9	5 2	3 5	3 5	15 0	
65+550	32 6	08410	353	177	2 8	2 6 9	2 1 9	1 6 8	6 7	1 7	-	15 0	
65+600	31 1	08573	189	94	154	137	120	8 6	5 1	3 4	1 7	15 0	
65+650	298	09107	273	1 3 7	182	109	91	36	-	-	-	10 0	
65+700	29 3	08776	333	- 1 5 7	281	2 6 3	2 1 1	1 9 3	14 0	10 5	7 0	15 0	
65+750	311	09001	468	- 2 3 4	3 7 8	288	198	378	-	-	-	10 0	
65+800	27 8	08953	41 2	20 6	32 2	9 7	16 1	12 5	9 0	5 4	3 6	15 0	
65+850	32 3	08905	26 7	13 4	17 8	14 2	10 7	7 1	5 3	1 8	-	10 0	
65+900	284	08881	33 7	16 9	24 9	23 1	21 3	19 5	16 0	12 4	10 7	15 0	
65+950	30 8	09025	34 3	17 1	16 2	10 8	7 2	5 4	3 6	1 8	-	10 0	
66+000	27 3	09320	168	84	130	93	7 5	7 5	5 6	5 6	1 9	10 0	
66+100	31 8	08945	26 2	13 4	- 2 3 3	- 1 7 9	1 0 7	8 9	5 4	1 8	-	10 0	
66+150	27 2	09328	299	149	243	205	149	5 6	1 9	-	-	10 0	
66+250	289	09183	275	138	257	239	184	16 5	11 0	3 7	1 8	10 0	
66+300	26 8	09363	43 1	21 5	41 2	39 3	33 7	30 0	26 2	16 9	9 4	10 0	
66+350	28 4	09225	25 8	12 9	- 2 4 0	2 2 1	20 3	14 6	7 4	3 7	1 8	10 0	
66+400	27 5	09302	27 9	14 0	26 0	22 3	20 5	14 9	9 3	7 4	1 9	10 0	
66+450	262	09416	245	122	207	188	151	94	38	-	-	10 0	
66+500	283	09234	369	185	351	332	295	25 9	16 6	9 2	3 7	10 0	
66+550	26 4	09398	48 9	24 4	35 7	32 0	20 7	13 2	5 6	1 9	-	10 0	
66+600	262	09416	301	151	282	282	245	22 6	13 2	11 3	5 6	10 0	
66+700	28 8	09217	31 3	15 6	22 1	20 2	14 7	7 4	3 7	1 8	-	10 0	
66+750	28 5	09217	2 9 5	1 2 9	2 5 8	2 2 1	1 8 4	1 2 9	1 1 1	5 5	-	10 0	
66+800	289	09183	257	129	239	202	147	92	55	18	-	10 0	
66+850	287	09200	3 6 8	- 1 8 4	- 1 1 1	3 1 3	2 7 6	2 3 9	2 0 2	1 4 7	7 4	10 0	
66+900	27 1	09337	43 0	21 5	33 6	29 9	24 3	14 9	3 7	-	-	10 0	
66+950	261	09425	283	141	245	226	170	11 3	3 8	1 9	-	10 0	
66+950	26 8	09353	44 9	22 5	39 3	3 7 1	28 1	18 7	5 6	1 9	-	10 0	
67+000	23 9	09625	26 9	13 5	231	21 2	17 3	13 5	7 7	5 8	-	10 0	
67+050	28 8	09191	25 7	12 9	2 2 1	2 1 1	1 6 5	1 2 9	7 4	5 5	-	10 0	
67+100	28 9	09183	16 5	8 3	14 7	12 9	11 0	9 2	7 3	7 3	5 5	10 0	
67+150	28 4	09225	35 1	17 5	29 5	27 7	24 0	18 5	7 4	5 5	-	10 0	
67+200	27 4	09311	27 9	14 0	26 1	24 2	22 3	20 5	14 9	13 0	7 4	10 0	
67+250	26 6	09381	30 0	15 0	24 4	22 2	16 9	13 1	5 6	1 9	-	10 0	
67+300	27 7	09285	18 6	9 3	9 3	7 4	5 6	3 7	1 9	-	-	10 0	
67+350	280	09259	259	130	167	148	130	93	5 6	3 7	-	10 0	
67+400	287	09200	3 1 3	1 5 6	1 4 4	2 7 6	2 2 1	1 4 7	7 4	3 7	-	10 0	
67+450	28 5	09217	2 4 0	1 2 0	2 2 1	2 0 3	1 8 4	1 4 7	1 1 1	7 4	-	10 0	
67+500	28 5	09217	20 3	10 1	18 4	18 4	16 6	12 9	9 2	5 5	-	10 0	
67+550	28 5	09217	3 8 7	1 9 4	3 3 2	3 1 3	2 2 1	1 1 1	5 5	1 8	-	10 0	
67+600	299	09099	27 3	13 6	23 7	21 8	16 4	10 9	7 3	3 6	-	10 0	
67+650	291	09166	110	5 5	U	9 2	7 3	5 5	5 5	3 7	-	10 0	
67+700	289	09183	257	129	U	147	110	7 3	3 7	1 8	-	10 0	
67+750	28 5	09191	31 3	15 6	14 7	1 4 7	7 4	3 7	-	-	-	10 0	
67+800	28 5	09217	24 0	120	203	166	129	7 4	3 7	1 8	-	10 0	
67+850	28 9	09355	31 8	15 9	25 2	22 5	16 8	11 2	3 7	1 9	-	10 0	
67+900	29 1	09166	3 6 7	1 6 3	3 4 8	2 5 7	2 3 8	1 6 5	7 3	1 8	-	10 0	
67+950	28 4	09225	38 7	19 4	22 1	20 3	16 6	12 9	3 7	-	-	10 0	
68+000	284	08881	266	133	231	195	142	8 9	3 6	1 8	-	15 0	

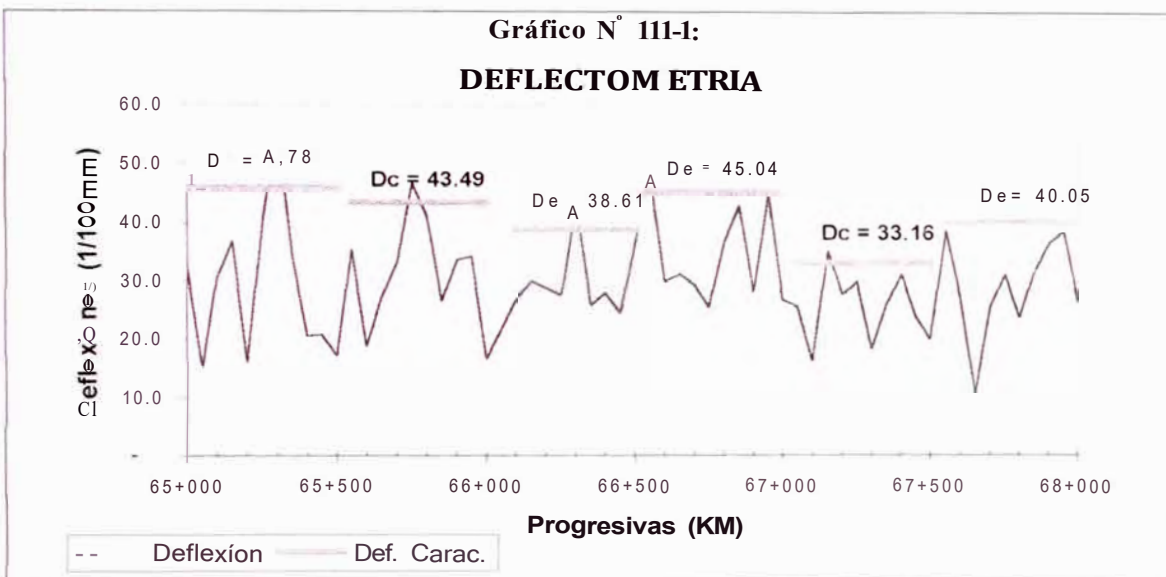


### 3.3. RESULTADOS OBTENIDOS

#### 3.3.1. Valores obtenidos de la evaluación

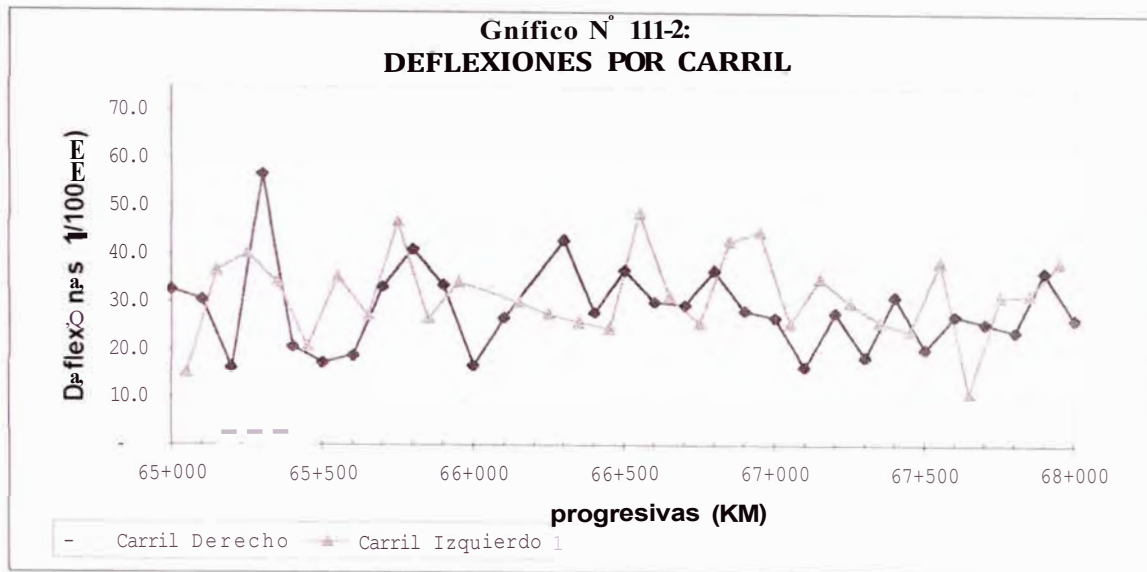
Con los resultados de la evaluación deflectométrica la carretera en estudio se ha sectorizado en seis zonas cada 500 m. El Gráfico N° 111-1, muestra el deflectograma para todo el tramo indicando los valores característicos para cada tramo.

En el Cuadro N° 111-5 se muestran los valores de deflexión promedio y deflexión característica para cada tramo. El tramo más crítico se encuentra del Km 65+000 al Km 65+500 donde la deflexión característica es de 45.78E-2 mm



**Cuadro N° 111-5:**  
**DEFLEXIONES POR TRAMOS**

TRAMO	PROGRESIVA	Deflexión Promedio (1/100 mm)	Desv Est (<1)	Def. Caract. De= p + 1.645·0 (1/100 mm)
I	65+000 a 65+500	29.2	12.8	45.78
II	65+500 a 66+000	31.4	9.3	43.49
III	66+000 a 66+500	30.3	6.4	38.63
IV	66+500 a 67+000	34.8	7.9	45.04
V	67+000 a 67+500	25.5	5.9	33.16
VI	67+500 a 68+000	29.2	8.4	40.05



Se muestra el Gráfico N° 111-2 donde puede apreciarse que no existe diferencia significativa entre las deflexiones medidas en los dos carriles, aún cuando de acuerdo al análisis de tránsito realizado se tiene un volumen de tránsito muy superior en el carril izquierdo. Esto seguramente se debe a que el pavimento existente presenta una estructura con espesor considerable de carpeta, que homogeniza los valores de deflexión, sin permitir que en el tiempo de servicio transcurrido el pavimento refleje una disminución estructural en el carril con mayor tránsito.

### 3.3.2. Valores obtenidos después de la rehabilitación

El control deflectométrico comprendió la medición de deflexiones en capa de rodadura cada 50 m.

A continuación se presenta un resumen estadístico con fines de comparación de los valores obtenidos en la estructura rehabilitada. La deflexión obtenida y radio de curvatura para un 95% de confiabilidad se muestran en el cuadro siguiente:

**Cuadro N° 111-6:  
RESULTADOS DE DEFLECTOMETRÍA AL NIVEL DE CARPETA ASFÁLTICA**

SECTOR	PROGRESIVA	DD prom. (1/100 mm)	Desv. Est. (1/100 mm)	O car. (1/100 mm)	Re prom. (m)
2	54+750 - 60+750	22.9	9.1	37.8	251

De estos resultados se observa que las deflexiones promedio varían entre 22.9 y 27.7 (1/100 mm) mientras que la deflexión característica varía entre 37.8 y 47.8 (1/100 mm).

En lo que respecta al análisis de la deformada se observa que los valores del Radio de Curvatura varían entre 229 y 275 m. Asimismo, el producto de  $R_e \times D$  varía entre 5,748 y 6,655 valores que se encuentran dentro del rango para pavimentos flexibles (5,000 a 15,000).

### 3.3.3. Cálculo de la deflexión admisible

El valor de deflexión admisible ha sido calculado según el criterio de CONREVIAl, indicado en las Especificaciones Técnicas del Proyecto, que utiliza la siguiente expresión:

$$D_{adm} = (1.15/N)^{0.25}$$

Para un tráfico de proyecto de  $12.4 \times 10^6$  (en millones) se obtiene:

$$D_{adm} = 55/100 \text{ mm}$$

De acuerdo a lo indicado, si comparamos las deflexiones características obtenidas según el Cuadro de Resultados de deflectometría al nivel de carpeta asfáltica, se puede señalar que los valores calculados se hallan por debajo del valor admisible calculado de 55/100 mm.

## CONCLUSIONES

El proceso detallado en el presente informe trata de replicar la evaluación del pavimento antes de la rehabilitación, el cual produjo las acciones pertinentes en la rehabilitación del pavimento, diseño del nuevo pavimento en zonas dañadas y el recapeo realizado a lo largo de la vía Héroes de la Breña en el tramo Cocachacra Matucana.

Se plantea conclusiones en el sentido de correlacionar los ensayos prácticos como la inspección visual, medida de ahuellamiento y rugosidad con las deflexiones, a fin de poder inferir las como afecta esto en deflexiones en el pavimento en el transcurso del tiempo, a fin de establecer un tiempo prudencial en los periodos de mantenimiento.

Un aspecto importante que se debe resaltar la antigüedad de la vía y los trabajos previos, como parches, recapeos y otros, los cuales hacen que esta vía sea heterogénea.

La aplicación del rugosímetro tipo MERLÍN requiere de un mayor cuidado en la ecuación de correlación utilizada para convertir los valores de D a IRI. La expresión a utilizarse debe ser muy concordante con la realidad.

El cuadro de resumen de la Evaluación de Pavimento muestra los valores de ahuellamiento, rugosidad, y deflexión para los seis tramos, se podría decir que hay una correspondencia directa entre el ahuellamiento y la deflexión característica, es decir a mayor ahuellamiento se esperaría una mayor deflexión en el tramo de estudio, no sucediendo lo mismo entre el ahuellamiento y la rugosidad.

### RESUMEN DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

TRAMO	PROGRESIVA	AHUELLAMIENTO (mm)	RUGOSIDAD IRie (mm)	Deflexión. De (1/100 mm)
I	65+000 a 65+500	16.20	4.74	45.78
II	65+500 a 66+000	8.60	9.70	43.49
III	66+000 a 65+500	10.30	6.49	38.63
IV	65+500 a 67+000	9.00	14.63	45.04
V	67+000 a 67+500	9.10	14.35	33.16
VI	67+500 a 68+000	6.60	11.54	40.05



## RECOMENDACIONES

Ya que existe una estrecha relación entre los valores de rugosidad, serviciabilidad y el grado de comodidad de los usuarios de la vía, los costos de operación vehicular, tiempo de transporte y mantenimiento de la vía, es importante que la medición de la rugosidad se realice con equipos debidamente calibrados y con metodologías que permitan obtener valores que sean los mas reales posibles.

Con el objetivo de mejorar los niveles de serviciabilidad algunos autores recomiendan utilizar esparcidoras con sensores durante la pavimentación y hacer nivelación topográfica y medición de la rugosidad en las capas previas a la colocación de la superficie de rodadura, para trabajos de rehabilitación ya que la superficie no es necesariamente una base nivelada.

## BIBLIOGRAFIA

- CESPEDES ABANTO, JOSE; Los Pavimentos en las Vías Terrestres; Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, 2002.
- CHANG ALBITRES, CARLOS M.; Pavimentos - Un Enfoque al Futuro; Fondo Editorial ICG, Lima, 2005.
- CONSORCIO PCI - CESEL; Estudio de la Rehabilitación de las Carreteras afectadas por "El Niño" MTC-SINMAC-JBIC; Lima, 2000.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA; Almanaque de Lima y Callao 2001; INEI, Lima, 2002.
- JUAREZ BADILLO, EULALIO; Mecánica de Suelos - Tomo I; Editorial Limusa, México, 1973.
- VIGO JAUREGUI, FERNANDO; Tesis para optar por el título de Ingeniero Civil "Metodología para la Evaluación Integral de Pavimentos Flexibles, Carretera Central Cocachacra - Matucana"; Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 1999.



## ANEXOS

1. Panel Fotográfico
2. Planos
  - PU-01 Plano de Ubicación
  - PP-02 Plano Perfil Longitudinal KM 64+000 - KM 66+000
  - PP-03 Plano Perfil Longitudinal KM 66+000 - KM 67+000
  - PP-04 Plano Perfil Longitudinal KM 67+000 - KM 68+000
3. Medición de la Rugosidad con el Merlín Carretera Puente Ricardo Palma - La Oroya, Tramos 1, 11, 11y IV

## PANEL FOTOGRAFICO



FOTO Nº 1: Pavimento antes de la rehabilitación KM 65+000.



FOTO Nº 2: Pavimento antes de la rehabilitación KM 65+200.

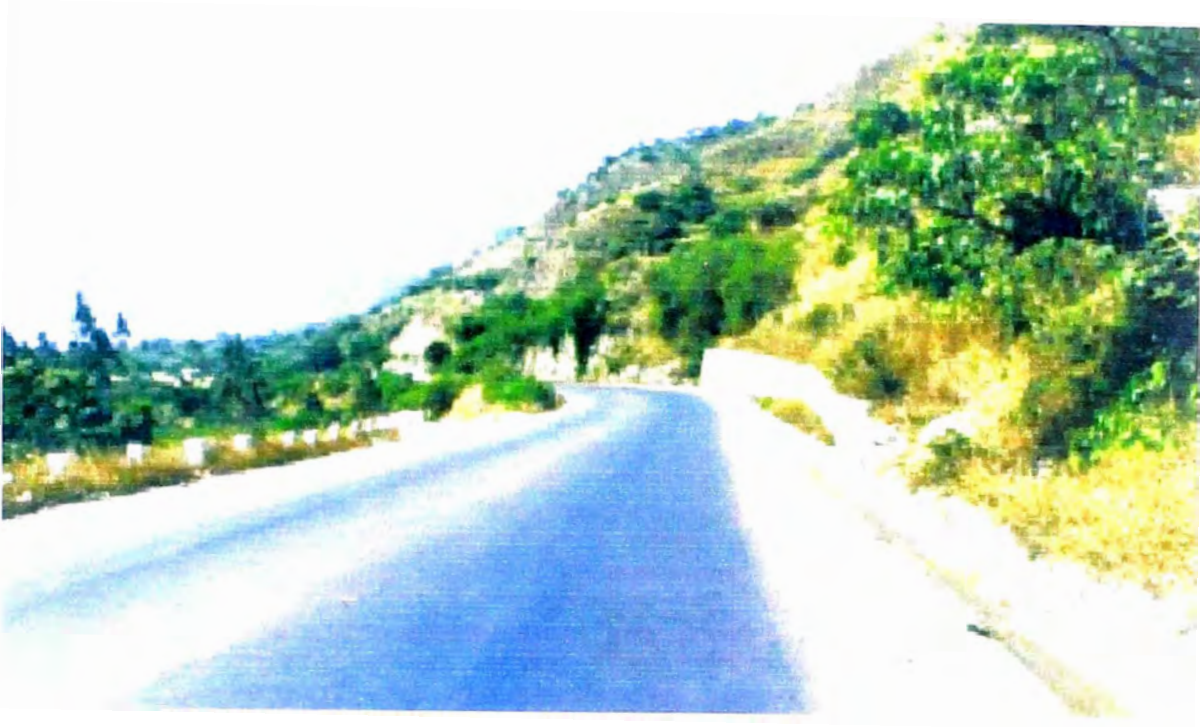


FOTO Nº 3: Pavimento antes de la rehabilitación KM 65+500.



FOTO Nº 4: Pavimento antes de la rehabilitación KM 66+000.





**FOTO Nº 5: Pavimento antes de la rehabilitación KM 67+000.**



**FOTO Nº 6: Pavimento antes de la rehabilitación KM 67+500.**



**FOTO Nº 7: Pavimento antes de la rehabilitación KM 68+000.**



**Foto Nº 8: Pista rehabilitada KM 65+200, vista hacia delante.**





Foto N° 9: Pista rehabilitada entre las progresivas KM 65+520 KM 65+580 vista hacia atrás.



Foto N° 10: Pavimento sobre el Puente Surco Km. 66+000 Luz de 62.00 m, altura del Desvió hacia San Jerónimo de Surco.



Foto N° 11: Pista rehabilitada en progresiva KM 66+220



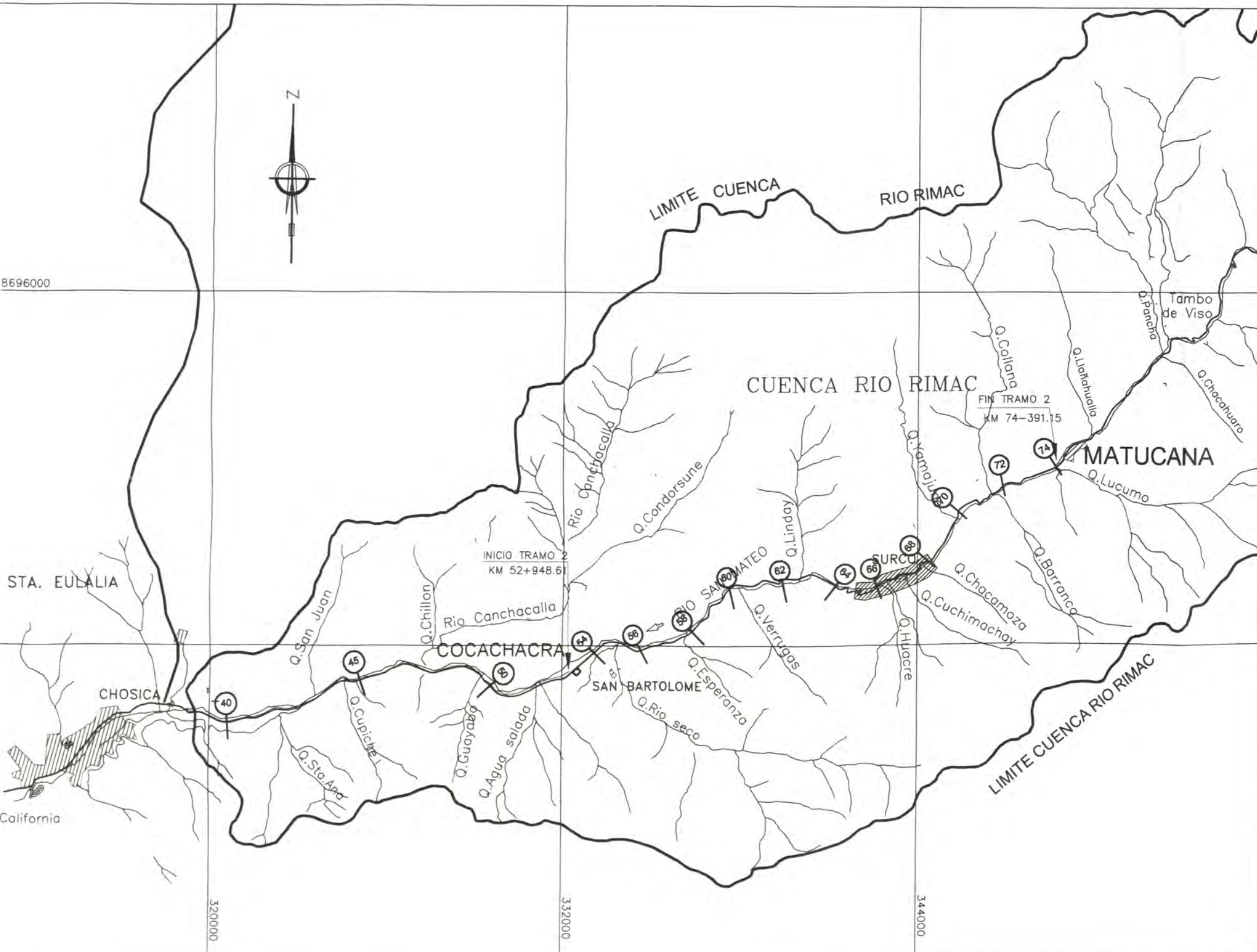
Foto N° 12: Pavimento en perfectas condiciones luego de la Rehabilitación. KM 66+500 vista hacia atrás



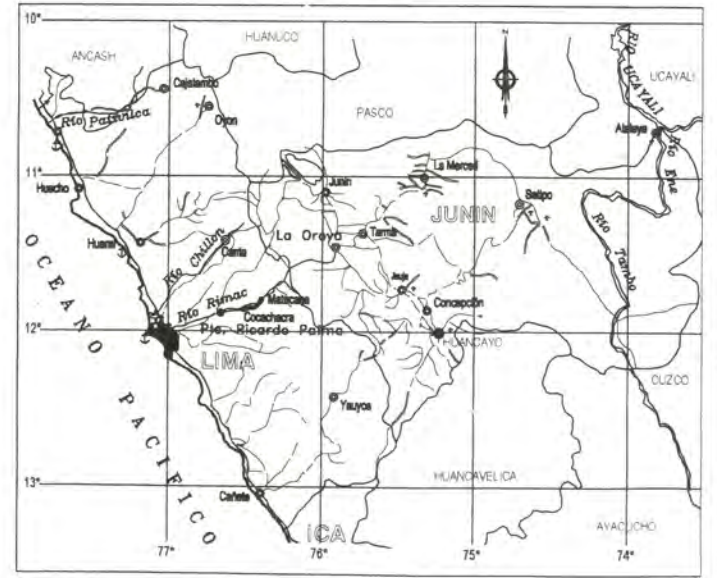


Foto N° 13: Pista rehabilitada entre el KM 67+500.

**MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EL MERLÍN CARRETERA  
PUENTE RICARDO PALMA - LA OROYA, TRAMOS 1, 11, 111Y IV**



UBICACION



LOCALIZACION



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
CURSO DE ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS

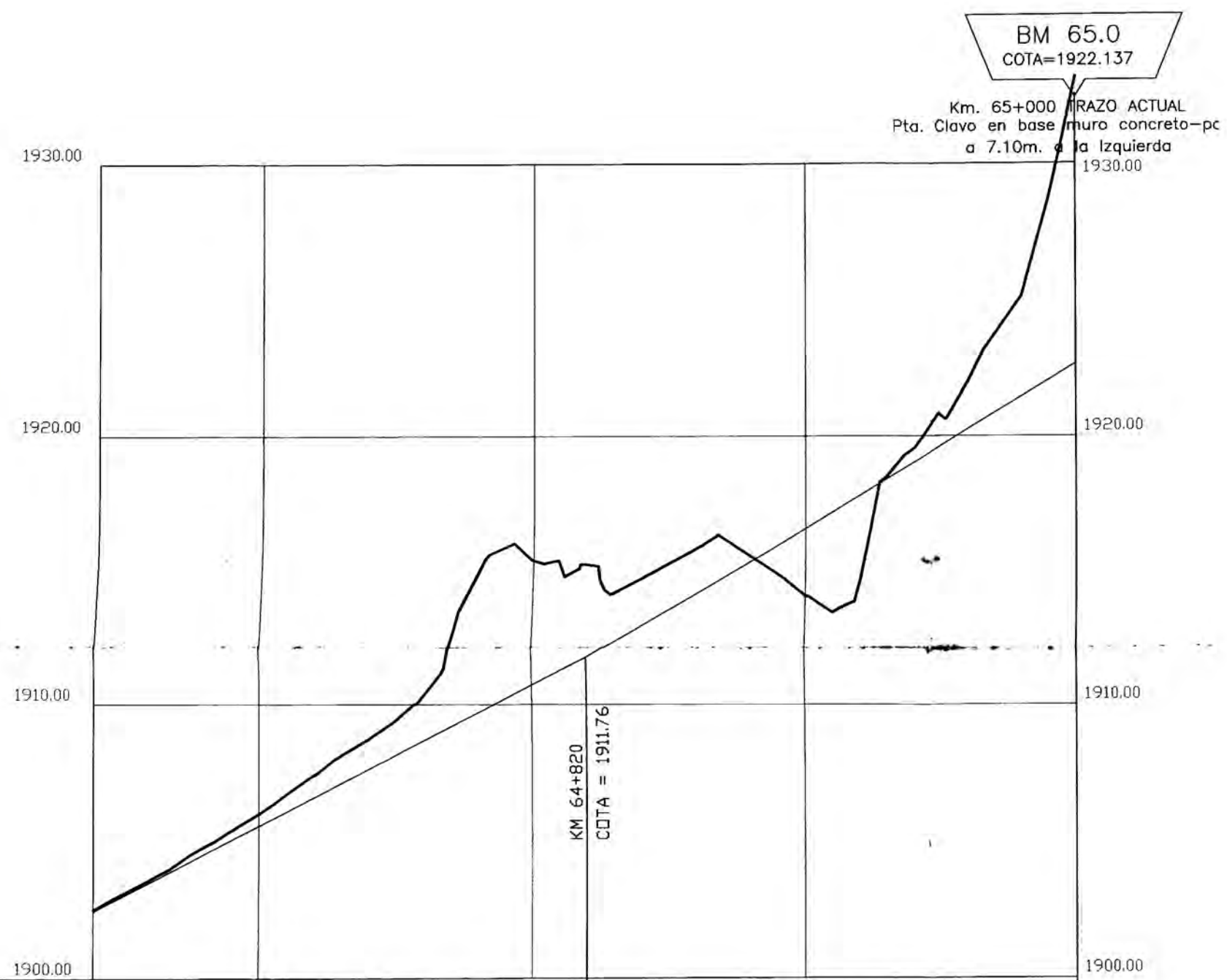
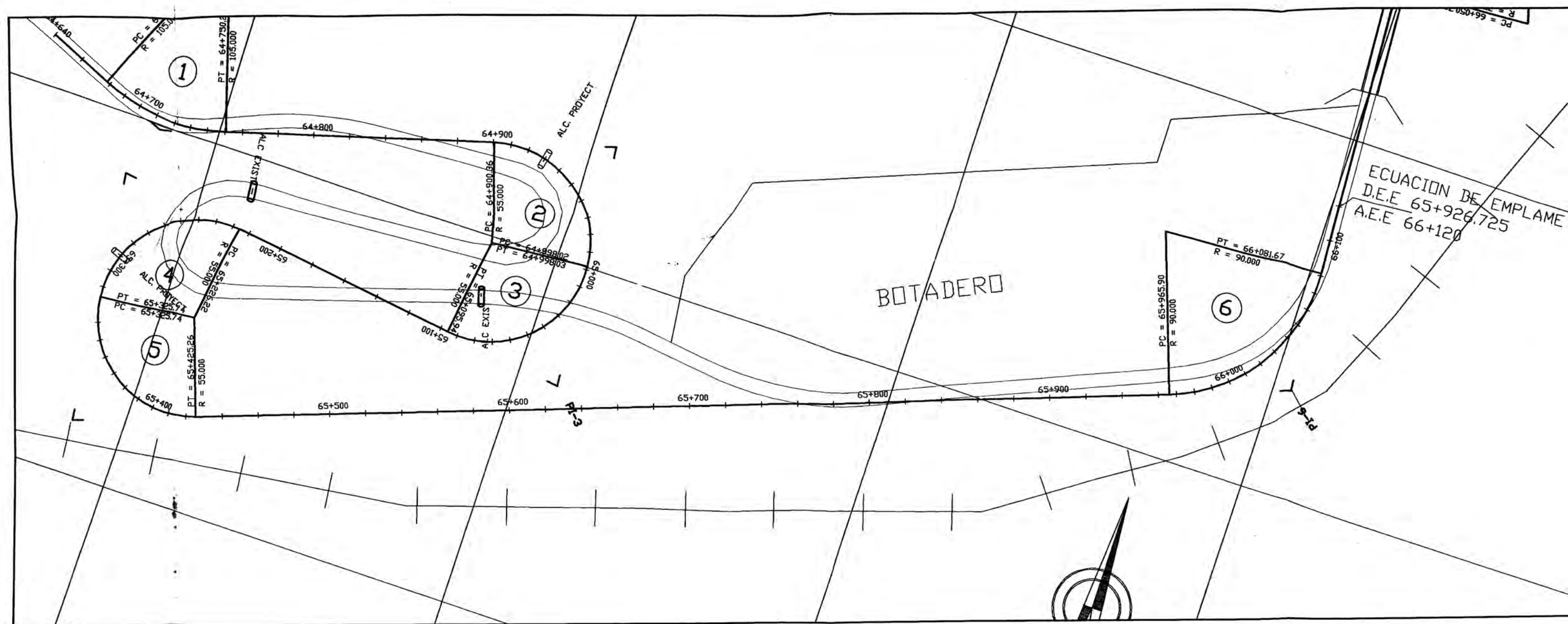
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION

MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA  
COCACHACRA MATUCANA DEL KM 65+000 AL KM 68+000  
TEMA: EVALUACION DE PAVIMENTOS  
BACH. MIGUEL ANGEL BLAS CONDOR

PLANO DE UBICACION

APROBADO POR JEFE DE PROYECTO:	REVISADO POR JEFE DE ZONA:	ESCALA:	FECHA:	DISEÑADO:
-	-	1:25,000	OCT 2006	MABC
DISEÑADO:	PROCESADO:	PLANO N°:	REV. N°:	
BACH. MIGUEL BLAS	-	PU-01		





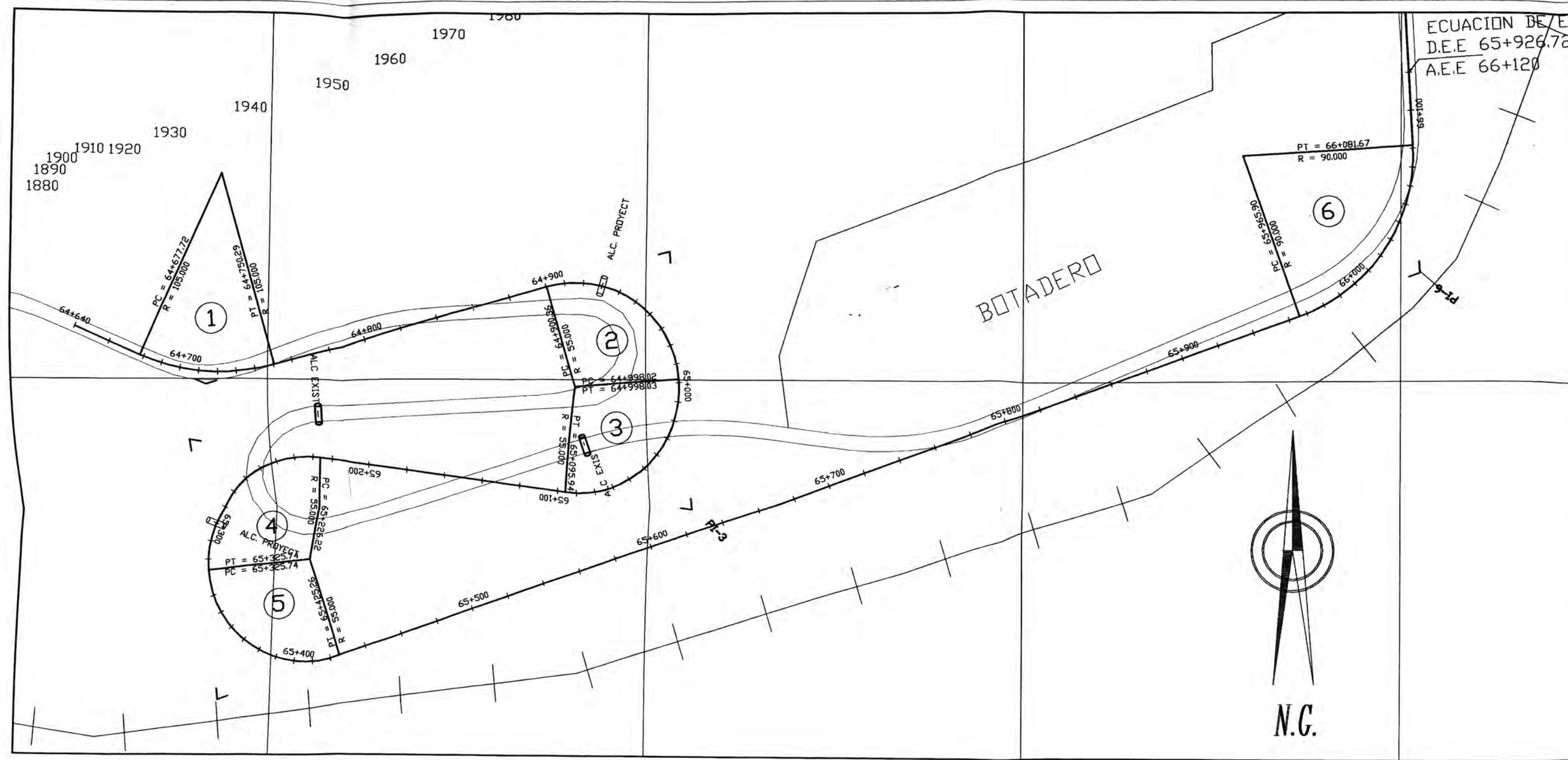
CUADRO DE COORDENADAS Y ELEMENTOS DE CURVAS

Nº PI	SENT.	DELTA	RADIO	TANG.	L.C.	Ext.	P.L.	P.C.	P.T.	NORTE	ESTE	PZ	SA
0	I	180°00'00"	0.000	0.000	0.000	0.000	64 + 580.920	64 + 580.920	64 + 580.920	8685851.058	341843.550	0	0.00
1	I	39°35'50"	105.000	37.799	72.566	6.597	64 + 715.524	64 + 677.725	64 + 750.290	8685797.289	341966.948	12	1.00
2	D	101°44'30"	55.000	67.607	97.663	32.153	64 + 967.969	64 + 900.362	64 + 998.027	8685867.934	342212.465	12	1.60
3	D	102°00'20"	55.000	67.926	97.918	32.401	65 + 065.950	64 + 998.024	65 + 095.943	8685732.787	342222.659	12	1.60
4	I	103°40'40"	55.000	69.990	99.524	34.015	65 + 296.207	65 + 226.216	65 + 325.740	8685768.695	341926.884	12	1.60
5	I	103°40'40"	55.000	69.990	99.524	34.015	65 + 395.727	65 + 325.736	65 + 425.260	8685629.480	341971.468	12	1.60
6	I	73°41'59"	90.000	67.431	115.767	22.471	66 + 033.349	65 + 965.898	66 + 081.665	8685857.593	342610.025	12	1.10

PENDIENTE	+5.17% en 239.08 m		+6.06% en 180.00 m	
COTA CAPA NIVELANTE	1902.46	1903.49	1904.53	1905.56
COTA DE CARPETA EXISTENTE	1902.49	1903.58	1904.78	1905.98
ALINEAMIENTO	PI-Nº 1 R: 105.000		PI-Nº 2 R: 55.000	
DRENAJE Y OBRAS DE ARTE				KM 64+930 PROTEGIADA
SEÑALIZACION				
KILOMETRAJE	64+640	64+700	64+800	65+000

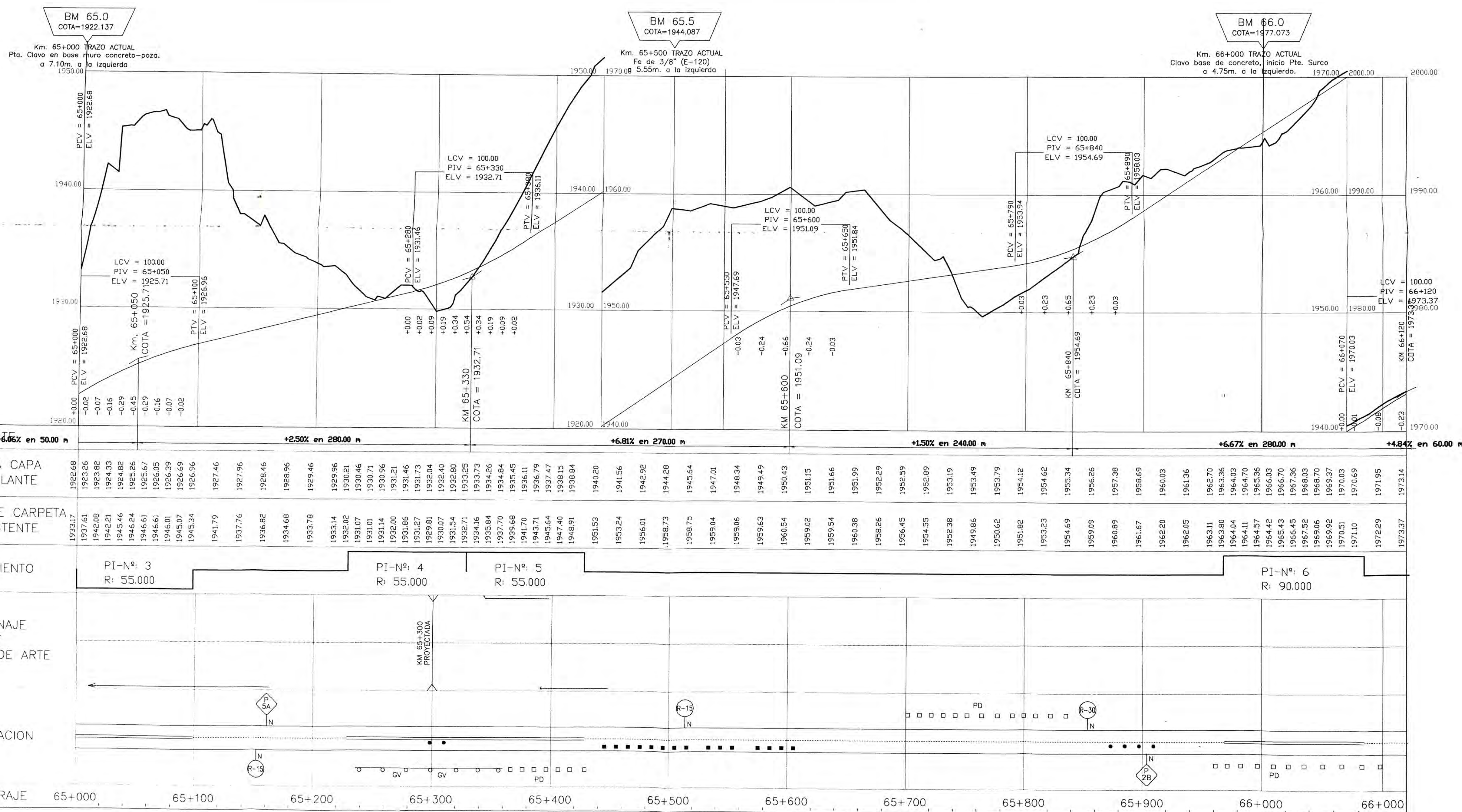
NOTA:  
 N = SEÑAL NUEVA  
 RP = REEMPLAZO DE PANEL  
 ← = DIRECCION DE FLUJO  
 — = LINEA BORDE CARRIL  
 - - - = LINEA EJE VIA  
 = = = = LINEA DOBLE DE EJE





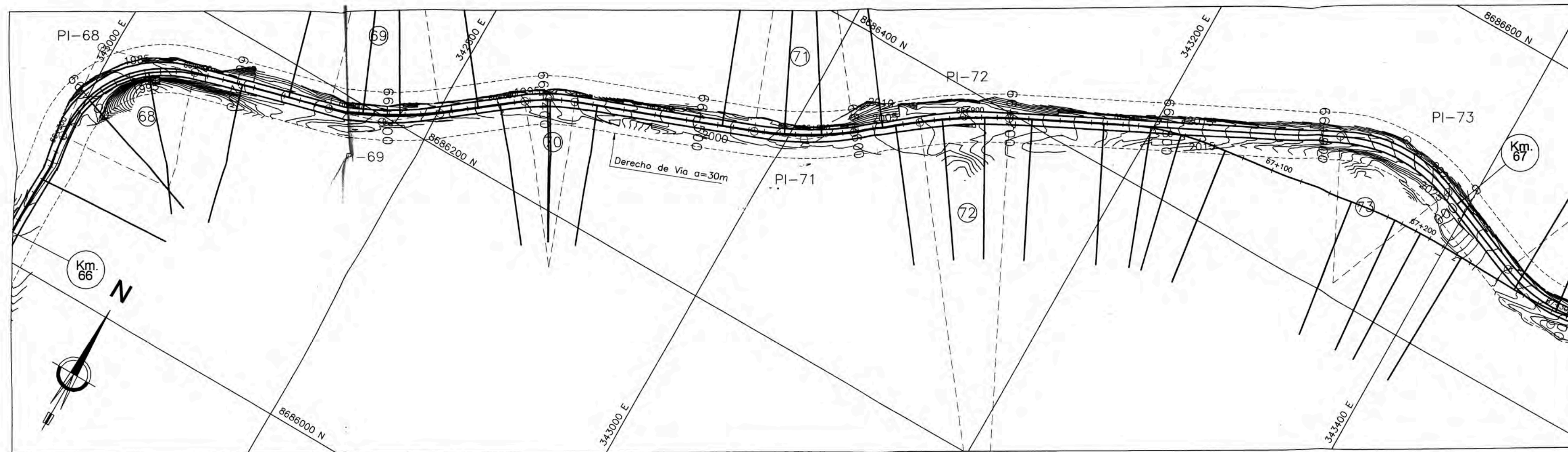
CUADRO DE COORDENADAS Y ELEMENTOS DE CURVAS

Nº	PI	SENT.	DELTA	RADIO	TANG.	L.C.	Ext.	P.I.	P.C.	P.T.	NORTE	ESTE	PX	SA
0		I	180°00'00"	0.000	0.000	0.000	0.000	64 + 580.920	64 + 580.920	64 + 580.920	8685851.058	341843.550	0	0.00
1		I	39°35'50"	105.000	37.799	72.566	6.597	64 + 715.524	64 + 677.725	64 + 750.290	8685797.289	341966.948	12	1.00
2		D	101°44'30"	55.000	67.607	97.665	32.153	64 + 967.969	64 + 900.362	64 + 998.027	8685867.934	342212.465	12	1.60
3		D	102°00'20"	55.000	67.926	97.918	32.401	65 + 065.950	64 + 998.024	65 + 095.943	8685732.787	342222.659	12	1.60
4		I	103°40'40"	55.000	69.990	99.524	34.015	65 + 296.207	65 + 226.216	65 + 325.740	8685768.695	341956.884	12	1.60
5		I	103°40'40"	55.000	69.990	99.524	34.015	65 + 395.727	65 + 325.736	65 + 425.260	8685629.480	341971.468	12	1.60
6		I	73°41'59"	90.000	67.451	115.767	22.471	66 + 033.349	66 + 081.665	66 + 081.665	8685957.593	342610.026	12	1.10



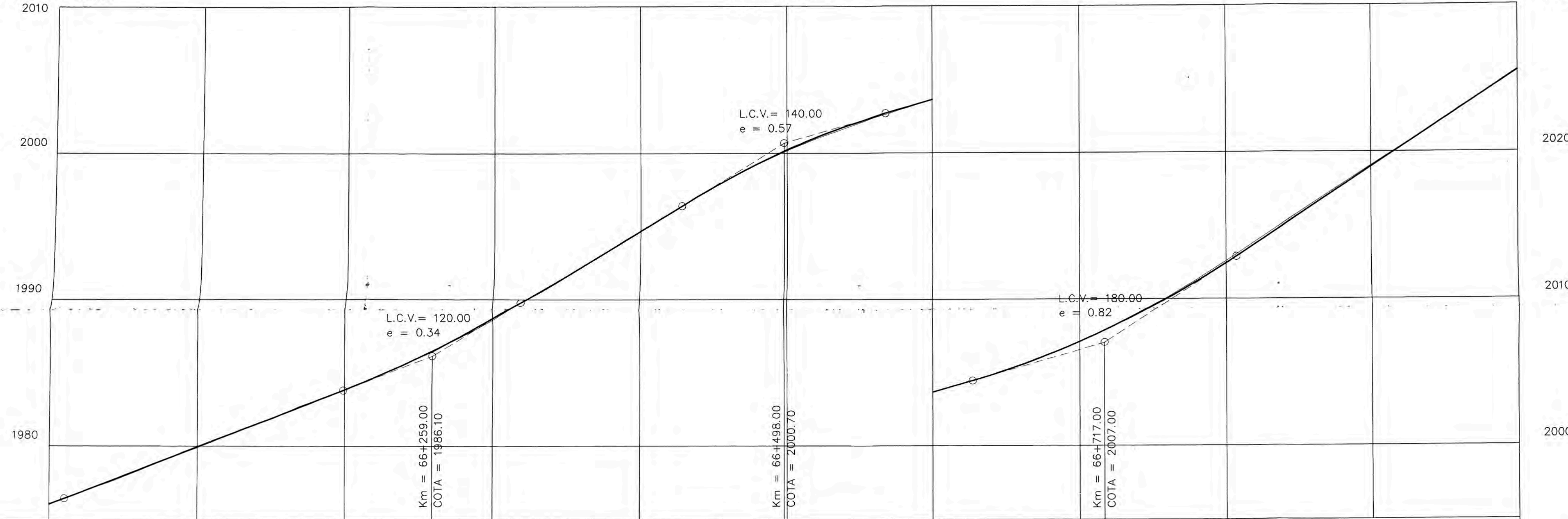


ESCALA  
H : 1/2000



BM 66.0 COTA=1977.073 Km. 66+000 Clavo en base concreto, inicio de Pte. Surco a 4.75m. a la izquierda. a 2010  
 BM 66.5 COTA=1988.392 Km. 66+500 Pta. Roca (costado cruz) P. Naranja. a 7.30m. a la derecha.  
 BM 67.0 COTA=2025.588 Km. 67+000 Fe de 3/8 a 5.75m. a la derecha 2030

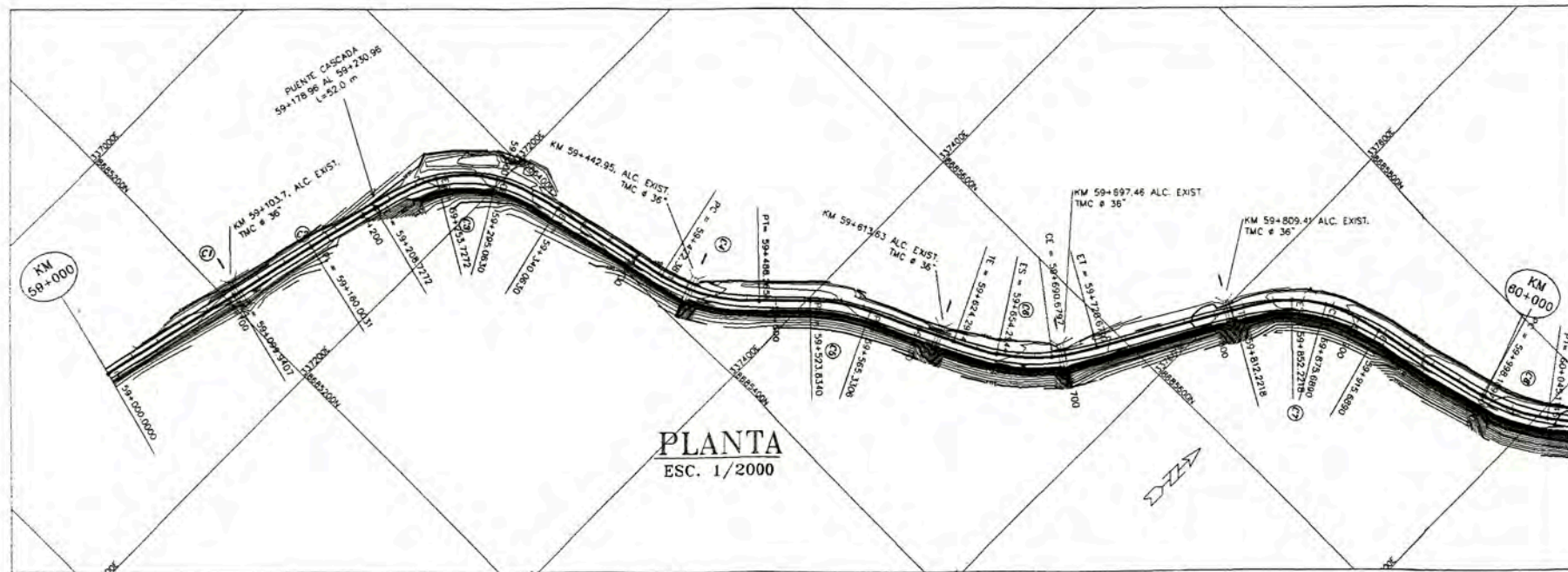
ESCALAS  
H : 1/2000  
V : 1/200



PENDIENTE	3.87% en 309.00m		6.11% en 239.00m				2.69% en 219.00m				6.54% en 673.00m																																								
COTA CAPA NIVELANTE	1976.07	1976.86	1977.63	1978.40	1979.18	1979.95	1980.72	1981.50	1982.27	1983.04	1983.82	1984.63	1985.52	1986.49	1987.52	1988.64	1989.83	1991.05	1992.27	1993.49	1994.71	1995.94	1997.14	1998.26	1999.29	2000.22	2001.07	2001.82	2002.48	2003.06	2003.63	2004.21	2004.80	2005.47	2006.22	2007.05	2007.97	2008.96	2010.04	2011.19	2012.43	2013.73	2015.04	2016.35	2017.66	2018.96	2020.27	2021.68	2022.89	2024.19	2025.50
COTA DE CARPETA EXISTENTE	1976.11	1976.88	1977.57	1978.33	1979.14	1979.99	1980.74	1981.46	1982.30	1983.07	1983.85	1984.64	1985.51	1986.42	1987.46	1988.54	1989.82	1990.99	1992.26	1993.52	1994.73	1995.91	1997.11	1998.24	1999.26	2000.18	2000.99	2001.70	2002.41	2003.01	2003.63	2004.21	2004.82	2005.47	2006.21	2007.08	2007.99	2009.02	2010.11	2011.31	2012.58	2013.90	2015.20	2016.49	2017.77	2019.06	2020.32	2021.63	2022.95	2024.23	2025.55
ALINEAMIENTO	C=680 R=75 A=78°14'13"												C=691 R=186 A=22°52'30"				C=700 R=106 A=17°10'25"				C=711 R=220 A=16°35'33"				C=720 R=300 A=10°52'50"				C=730 R=93 A=49°21'0"																						
DRENAJE Y OBRAS DE ARTE	-												-				-				-				-				-																						
SEÑALIZACION	P-24, R-30, N												R-15, RP, N				I-ec, N				-				-				-																						
KILOMETRAJE	66+000	66+100	66+200	66+300	66+400	66+500	66+600	66+700	66+800	66+900	67+000	66+000	66+100	66+200	66+300	66+400	66+500	66+600	66+700	66+800	66+900	67+000																													

NOTA:  
 N = SEÑAL NUEVA  
 RP = REEMPLAZO DE PANEL  
 ← = DIRECCION DE FLUJO  
 --- = LINEA BORDE CARRIL  
 - - - = LINEA EJE VIA  
 - - - = LINEA DOBLE DE EJE

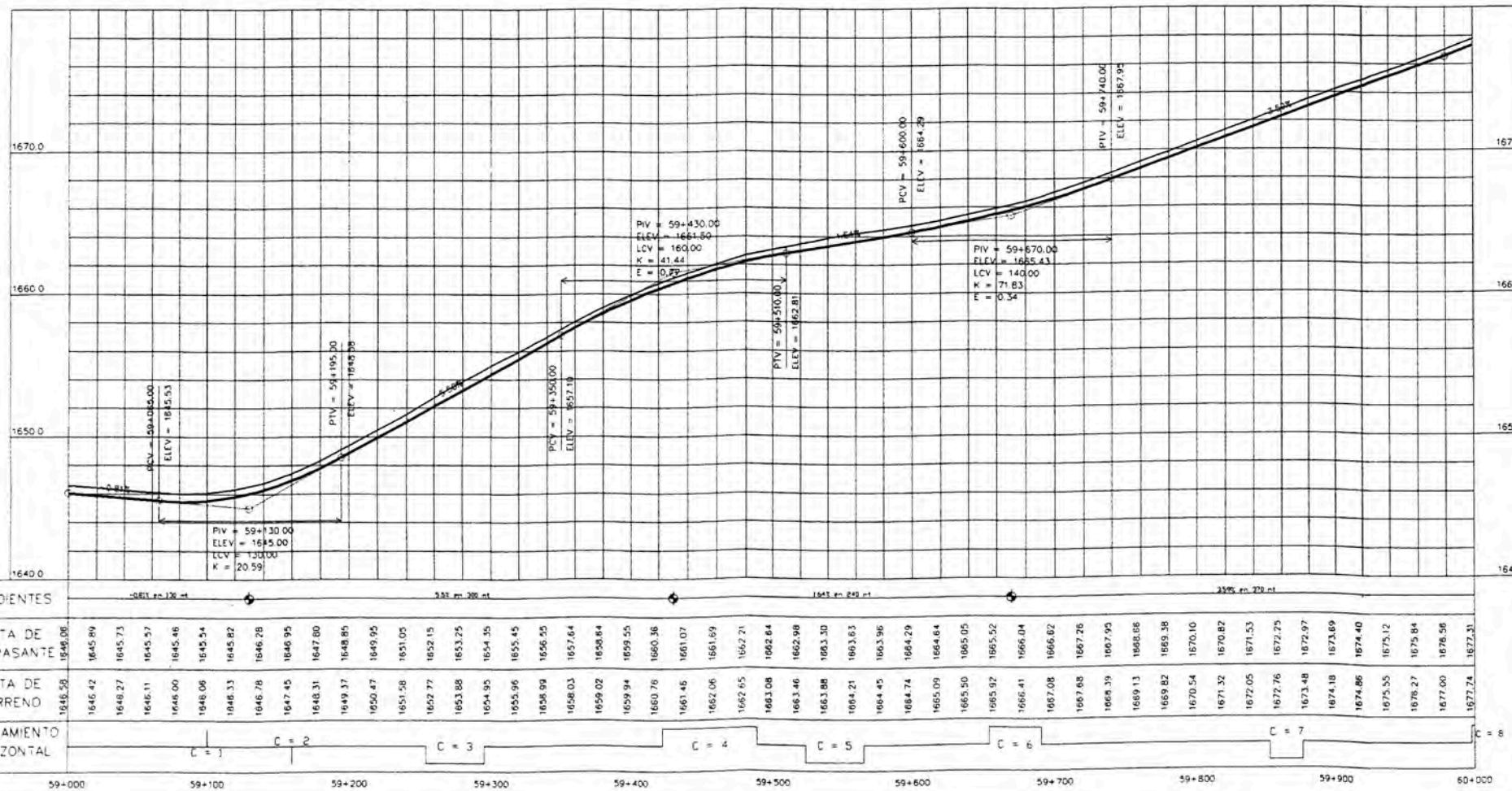




PLANTA  
ESC. 1/2000

ELEMENTOS DE CURVA													COORDENADAS	
P.I. N°	S	$\Delta$	R	T	L.C.	EXT.	P.C.	P.I.	P.T.	PE.	SA.	L.T.	NORTE	ESTE
CBOP	--	---	---	---	---	---	---	59+000.00	---	---	---	---	8685108.13	337104.70
C1	I	0°44'7"	---	---	---	---	---	59+099.94	---	---	---	---	8685205.16	337128.66
C2	D	0°27'33"	---	---	---	---	---	59+160.00	---	---	---	---	8685263.65	337142.30
C3	D	8°25'8"	76.00	21.17	41.34	2.82	59+253.73	59+280.02	59+295.06	8.00	1.20	45.00	8685360.31	337170.51
C4	I	32°49'30"	115.00	33.87	65.88	4.89	59+422.38	59+456.26	59+488.26	7.50	0.90	26.00	8685422.45	337353.19
C5	D	20°40'29"	115.00	20.98	41.50	1.90	59+523.83	59+544.81	59+565.33	7.50	0.90	26.00	8685487.29	337416.22
C6	I	34°34'41"	110.00	18.36	36.39	1.52	59+654.29	59+673.03	59+690.88	8.00	0.90	30.00	8685542.21	337533.24
C7	D	45°27'16"	80.00	11.82	23.47	0.87	59+852.22	59+866.04	59+875.69	8.00	1.20	40.00	8685710.34	337631.42
C8	I	22°26'35"	120.00	23.81	47.00	2.34	59+998.11	60+021.92	60+045.11	7.50	0.90	26.00	8685749.77	337786.53

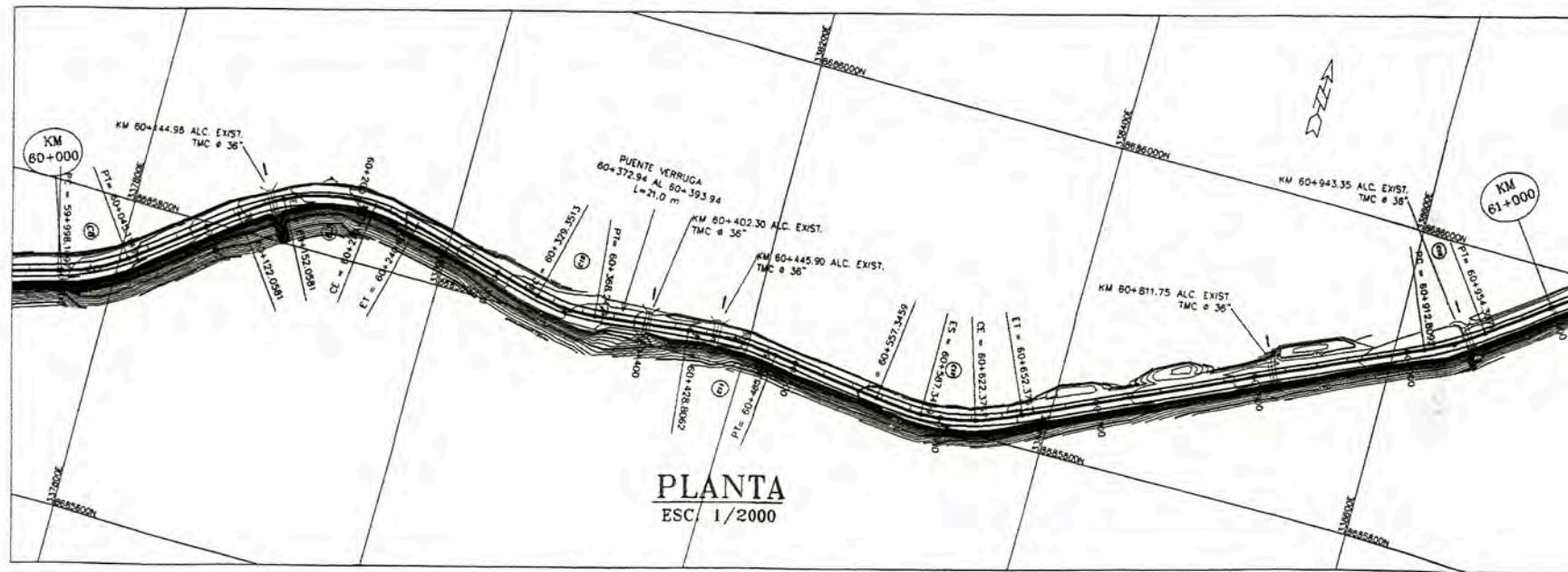
PARAMETROS DE ESPIRALES												
P.I. N°	le	A	Le	Xc	Yc	P	k	TL	TC	TS	SC	ST
CBOP	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C3	16°3'39"	59.25	45.00	44.53	4.30	1.08	22.44	30.13	15.12	59+208.73	59+253.73	59+295.06
C4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C6	7°48'47"	57.45	30.00	29.94	1.36	0.34	14.99	20.02	10.02	59+624.29	59+654.29	59+690.88
C7	14°1'26"	55.57	40.00	39.75	3.32	0.83	19.96	26.75	13.41	59+812.22	59+852.22	59+875.69



PERFIL LONGITUDINAL  
ESC. H: 1/2000, V: 1/200

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	TITULACIÓN PROFESIONAL 2005
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	MODALIDAD ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS
PLANO:	PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL KM 59+000 AL KM 60+000
CARRETERA:	COCACACHA - MATUCANA (KM 59+000 - KM 62+000)
ALUMNO:	Jaime Rubino CORMAN MEDRANO
GRUPO:	IV
FECHA:	NOV. - 2006
ESCALA:	INDICADA
<b>PP - 01</b>	

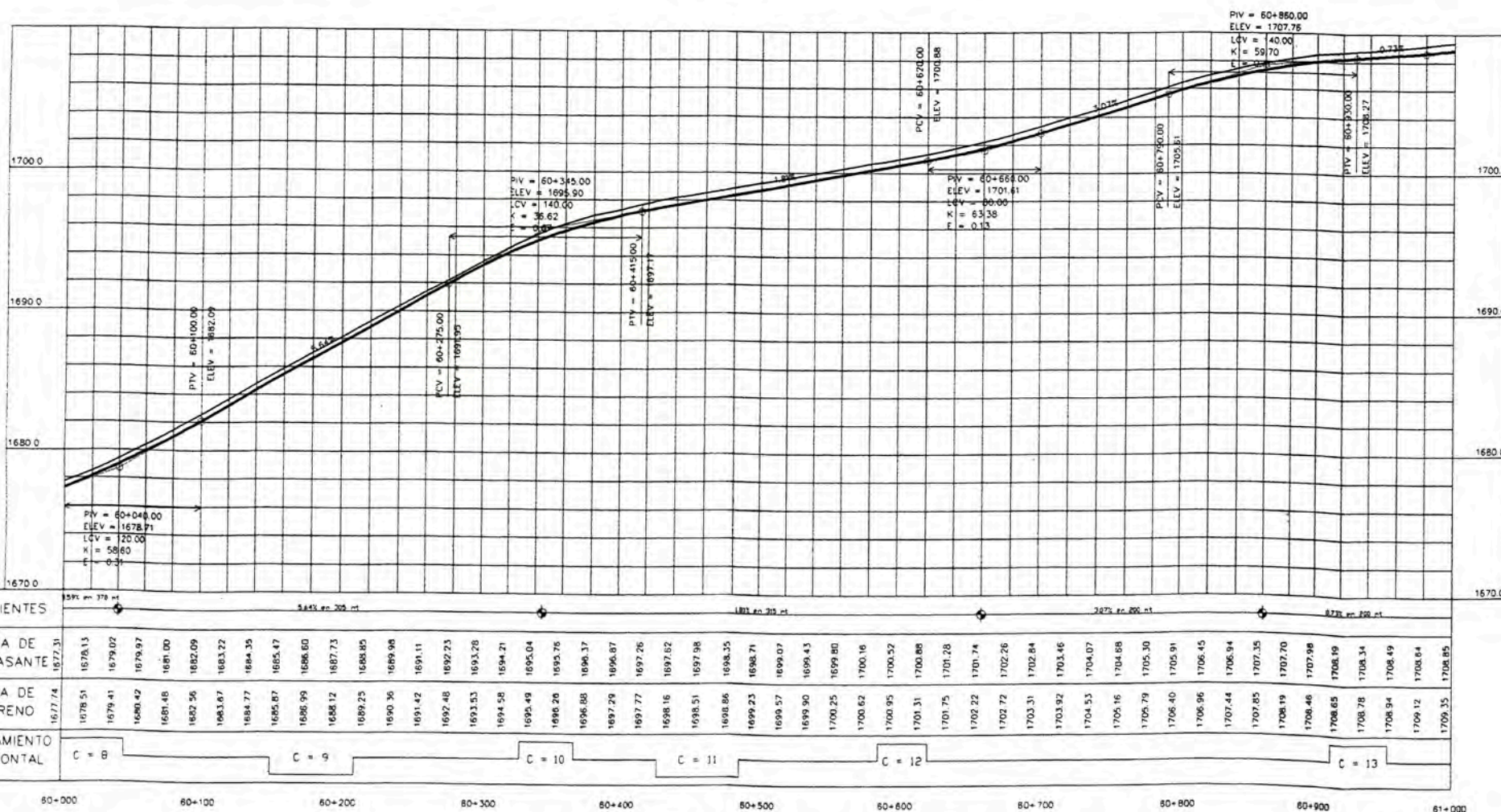




PLANTA  
ESC. 1/2000

ELEMENTOS DE CURVA													COORDENADAS	
PL. N°	g	Δ	R	T	L.C.	EXT.	P.C.	P.I.	P.T.	PE	SA	L.T.	NORTE	ESTE
C9	D	50°37'1"	100.00	30.03	58.34	4.41	60+152.08	60+184.51	60+210.40	8.00	1.00	30.00	8885847.32	337917.37
C10	I	20°15'25"	110.00	18.65	38.89	1.74	60+329.35	60+349.00	60+368.24	8.00	0.90	27.00	8885806.20	338083.41
C11	D	13°5'3"	250.00	28.67	57.09	1.64	60+428.81	60+457.48	60+485.90	5.50	0.50	21.00	8885818.24	338191.63
C12	I	31°3'0"	120.00	17.64	35.03	1.29	60+587.35	60+605.78	60+622.38	7.50	0.90	30.00	8885800.81	338339.13
C13	I	11°53'8"	200.00	20.82	41.50	1.06	60+912.81	60+933.63	60+954.31	6.00	0.60	22.00	8885936.54	338639.57

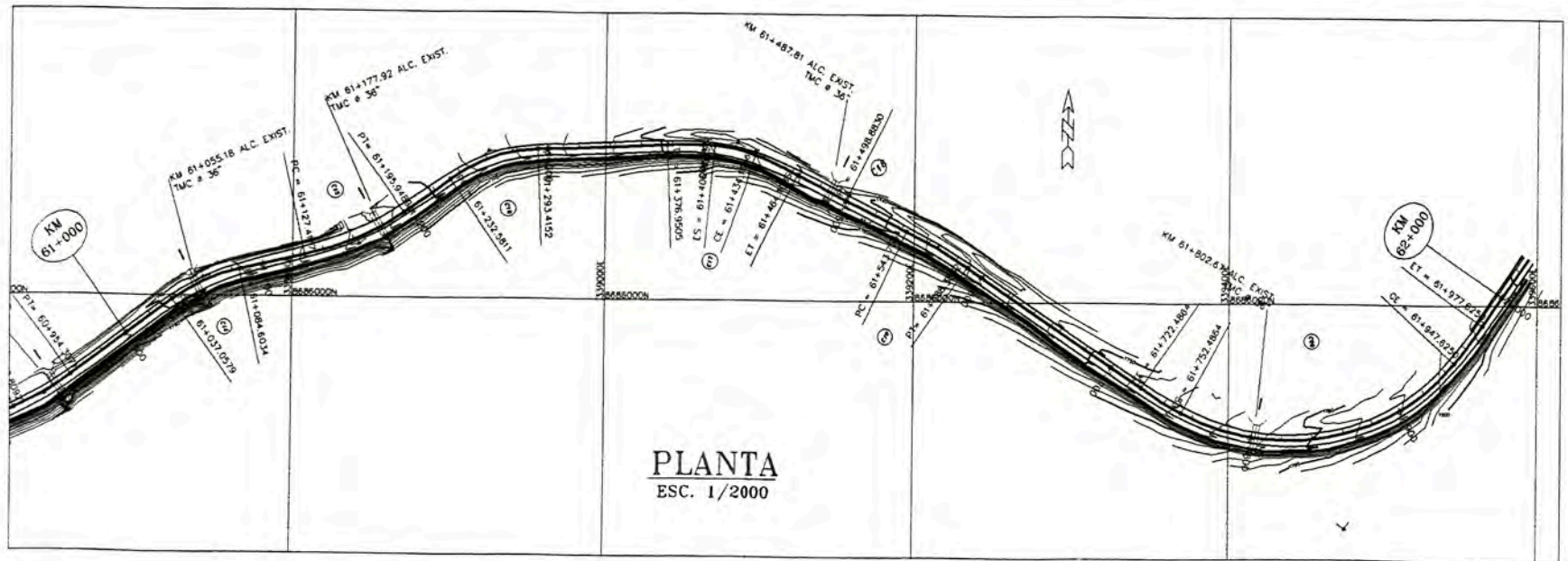
PARAMETROS DE ESPIRALES												
PL. N°	lc	A	Le	Xe	Ye	P	k	TL	TC	TS	SC	ST
C8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C9	8°3'54"	54.77	30.00	29.93	1.50	0.37	14.99	20.02	10.02	60+122.06	60+152.06	60+240.40
C10	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C11	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C12	7°09'43"	60.00	30.00	29.95	1.25	0.31	14.99	20.02	10.01	60+557.35	60+587.35	60+622.38
C13	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



PERFIL LONGITUDINAL  
ESC. H: 1/2000, V: 1/200

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL	TITULACIÓN PROFESIONAL 2005 MODALIDAD ACTUALIZACIÓN DE CONGCIENTOS
PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL KM 60+000 AL KM 61+000	
CARRERA: COCACHACRA - MATUCANA (KM 59+000 - KM 62+000)	
ALUMNO: Jaime Rubino CORMAN MEDRANO	
GRUPO: IV	FECHA: NOV. - 2006
INDICADA	ESCALA: PP - 02

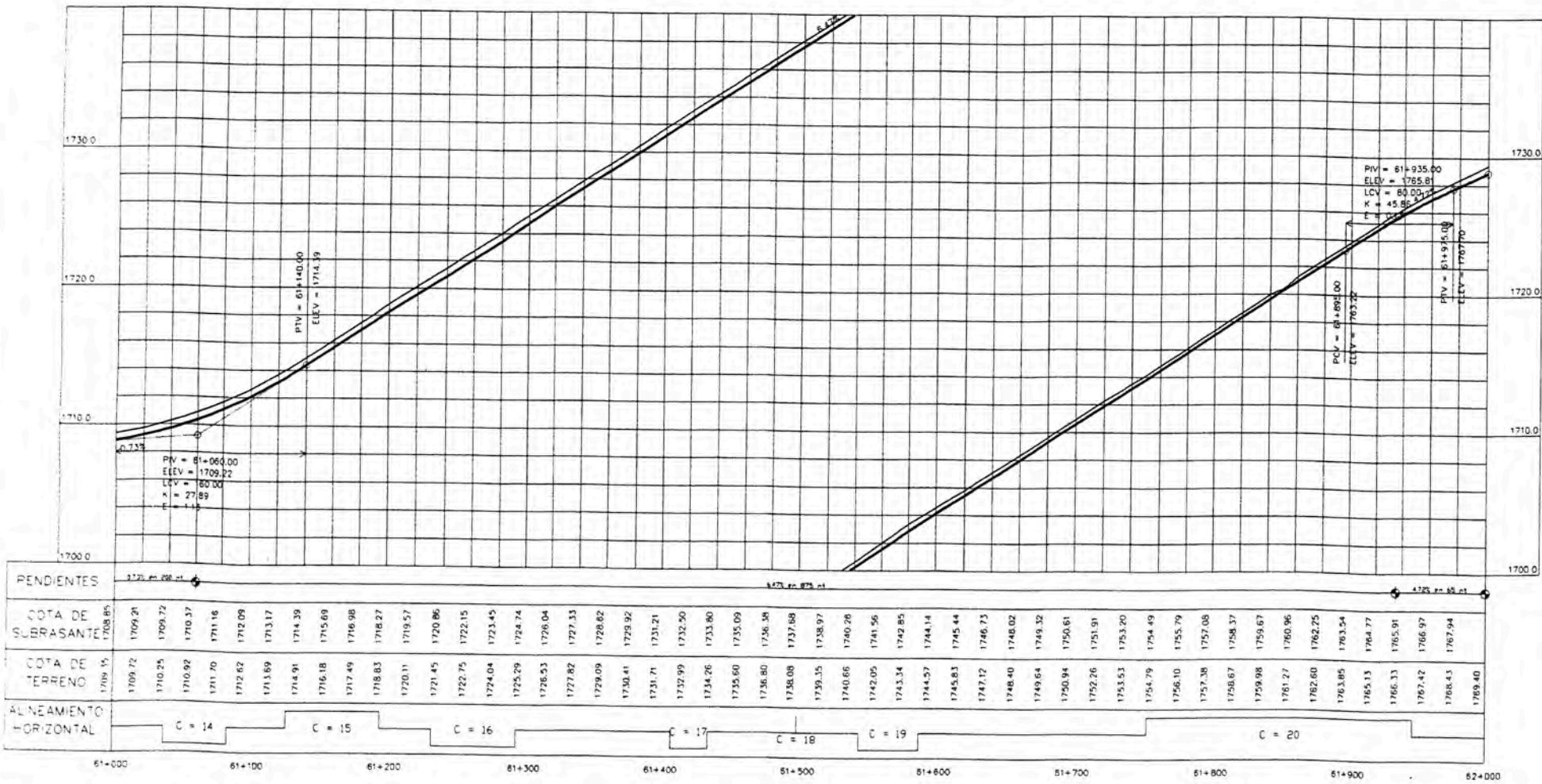




PLANTA  
ESC. 1/2000

ELEMENTOS DE CURVA													COORDENADAS	
PL. N°	B	$\Delta$	R	T	L.C.	EXT.	P.C.	P.L.	P.T.	P.E.	SA.	L.T.	NORTE	ESTE
C14	D	23°41'18"	115.00	24.12	47.55	2.50	61+037.06	61+061.18	61+084.60	7.50	0.90	26.00	8686011.95	338742.61
C15	I	23°5'58"	170.00	34.74	68.54	3.51	61+127.41	61+162.15	61+195.95	6.50	0.60	23.00	8686033.98	338641.86
C16	D	33°11'44"	105.00	31.30	80.83	4.57	61+232.58	61+263.88	61+293.42	8.00	0.90	27.00	8686093.76	338925.33
C17	D	29°46'19"	110.00	13.65	27.16	0.84	61+406.95	61+421.27	61+434.11	8.00	0.90	30.00	8686100.47	339064.34
C18	I	1°33'19"	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	8686054.12	339154.59
C19	D	8°31'24"	300.00	22.38	44.63	0.83	61+543.78	61+568.11	61+588.36	5.00	0.50	19.00	8686034.86	339215.12
C20	I	89°34'47"	144.00	115.87	195.14	40.83	61+752.49	61+880.69	61+947.62	7.00	0.80	30.00	8685857.43	339474.98

PARAMETROS DE ESPIRALES												
PL. N°	Io	A	Lo	Xo	Yo	P	r	YL	TC	TS	SC	ST
C14	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C15	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C16	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C17	7°48'47"	57.45	30.00	28.94	1.36	0.34	14.99	20.02	10.02	61+376.95	61+406.95	61+434.11
C18	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C19	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C20	5°58'08"	55.73	30.00	29.97	1.04	0.28	14.99	20.01	10.01	61+722.49	61+752.49	61+947.63



PERFIL LONGITUDINAL  
ESC. H: 1/2000, V: 1/200

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	TITULACIÓN PROFESIONAL 2005 MODALIDAD ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS
PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL KM 61+000 AL KM 62+000	
CARRERA: COCACACHA - MATUCANA (KM 59+000 - KM 62+000)	
ALUMNO: Jaime Rubino CORMAN MEDRANO	
GRUPO: IV	FECHA: NOV. - 2006
ESCALA: INDICADA	PP - 03



Carretero Pte Ricardo Palma-La Oroya

2000 - 01

Pte. Ricardo Polmo-Cocochocha

43+800 44+236

16/05/00

J.E.O.B.

CESEL

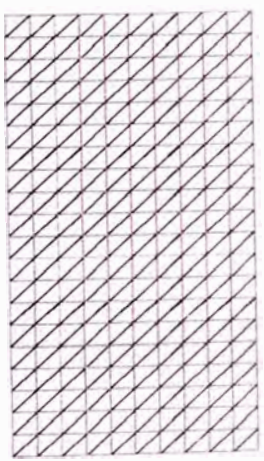
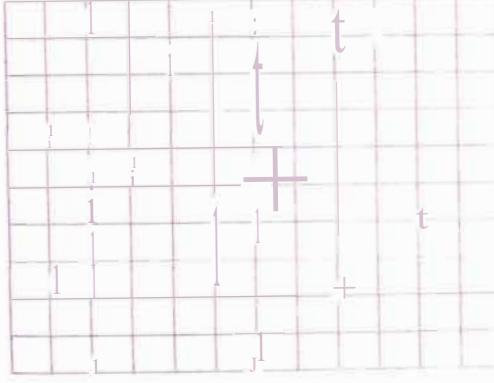
0.81

52.07

3.05

f1 X

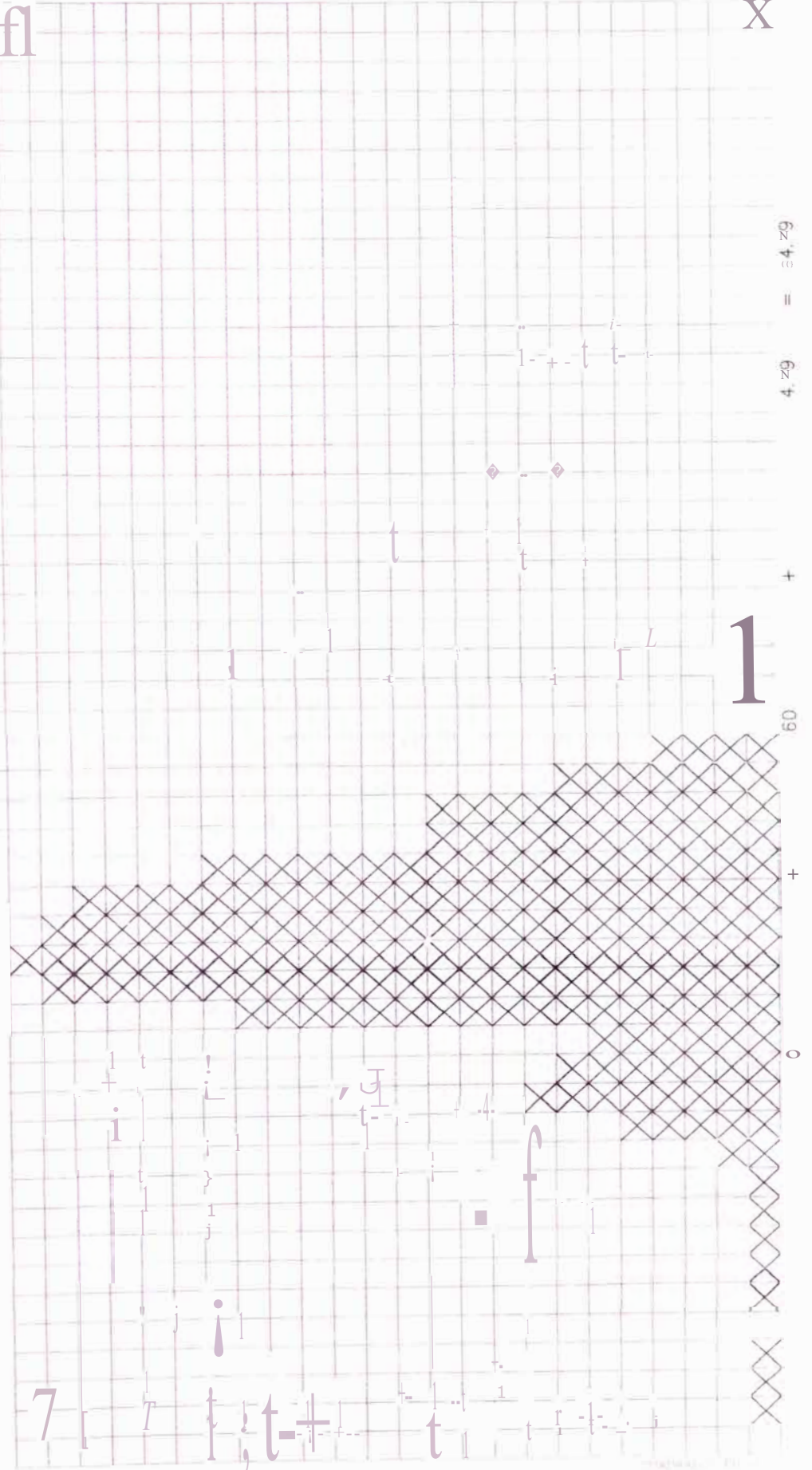
4.29 = 34.29



Derecho

Recta Fisuros Parches

t 20pm a 2 07pm



60 + 0

7

i

f

Carretero Pte Ricardo Palma-Lo Oroya

2000 - 01

Pte. Ricardo Palma-Cocachacra

50+000 49+570

16/05/00

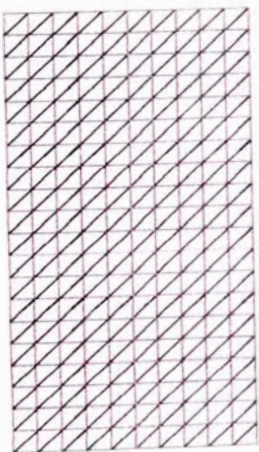
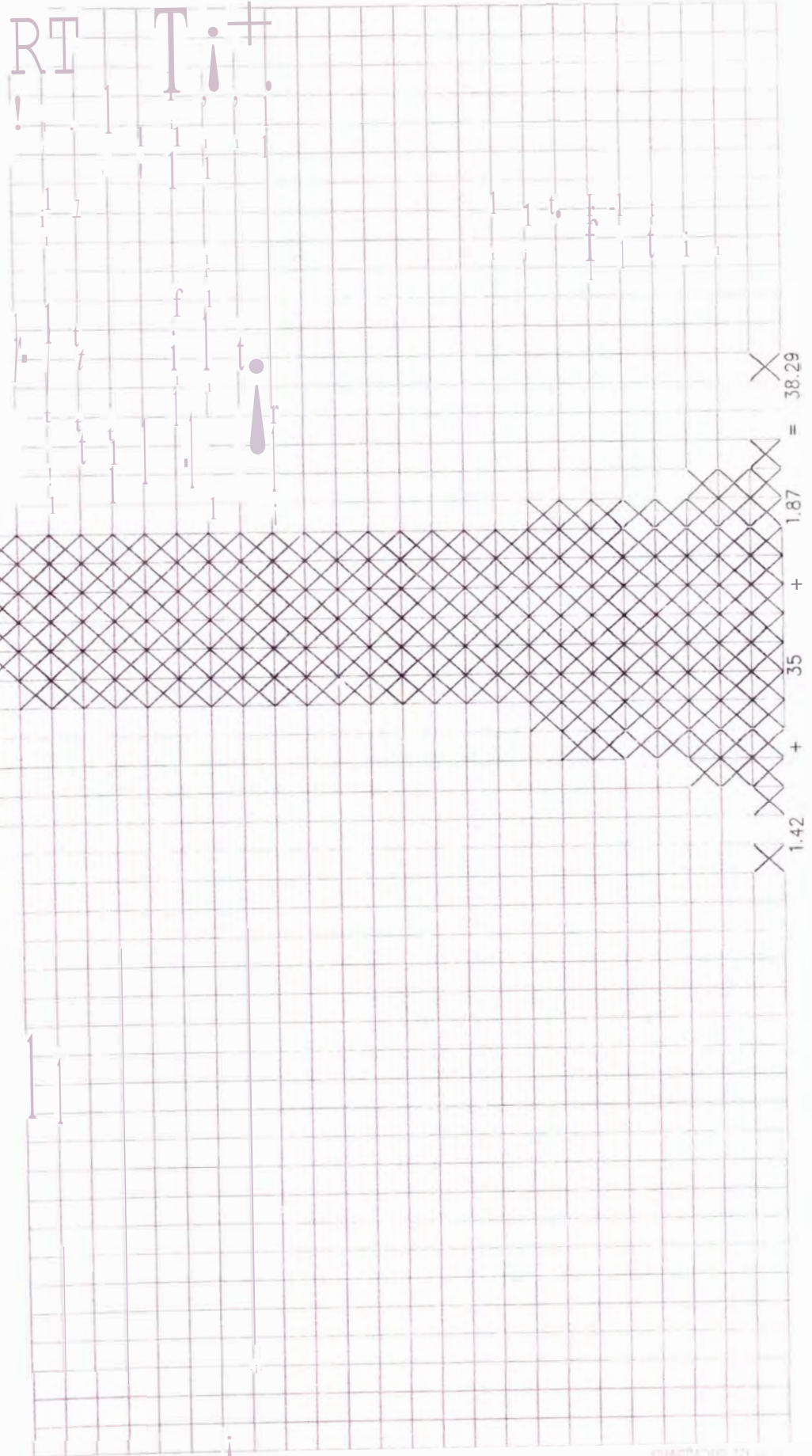
J.E.0.8.

CESEL

0.81

31.01

2.05



Izquierda

En Curva-Fisuras

≥ 36pm a 3.12pm



Carretero Pte Ricardo Palma-Lo Oroya

2000 - 01

II  
Cocochocra - Ple. Matucano

54+600 54+170

16/05/00

J.E.0.8.

CESIL

0.82

101.39

5.37

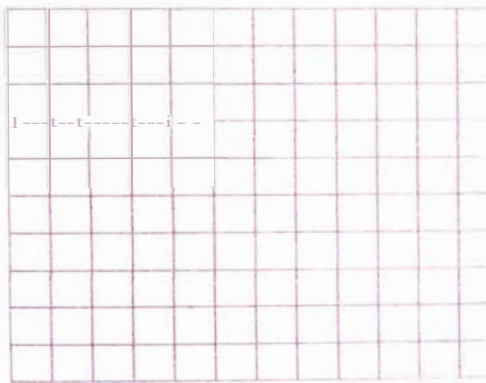
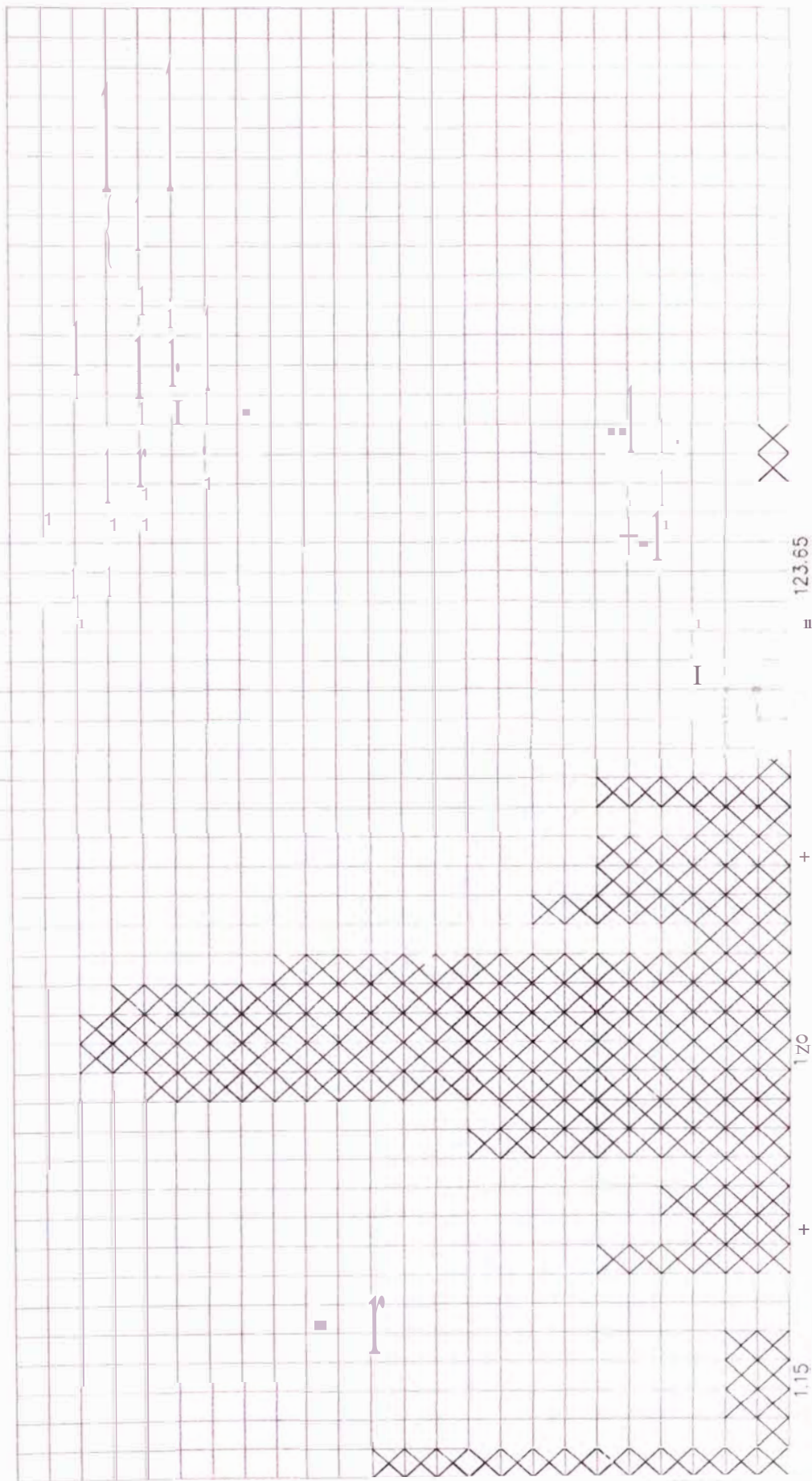
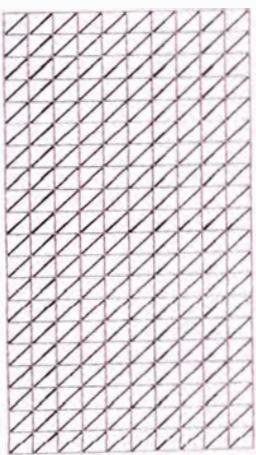


TABLA 1



Derecho

En Curvos Peligrosos-Fisuras

4: 10pm o 4: 55pm









Carretera Pte Ricardo Palma-La Oroya

2000 - 01

II  
Cocachacra - Pte. Matucana

68+200                  68+630

04/06/00

J.E.O.B.

CESEL

RESULTADO

Factor de ...                  0.84

69.30

Rufo de ...

Rufo                  3.86

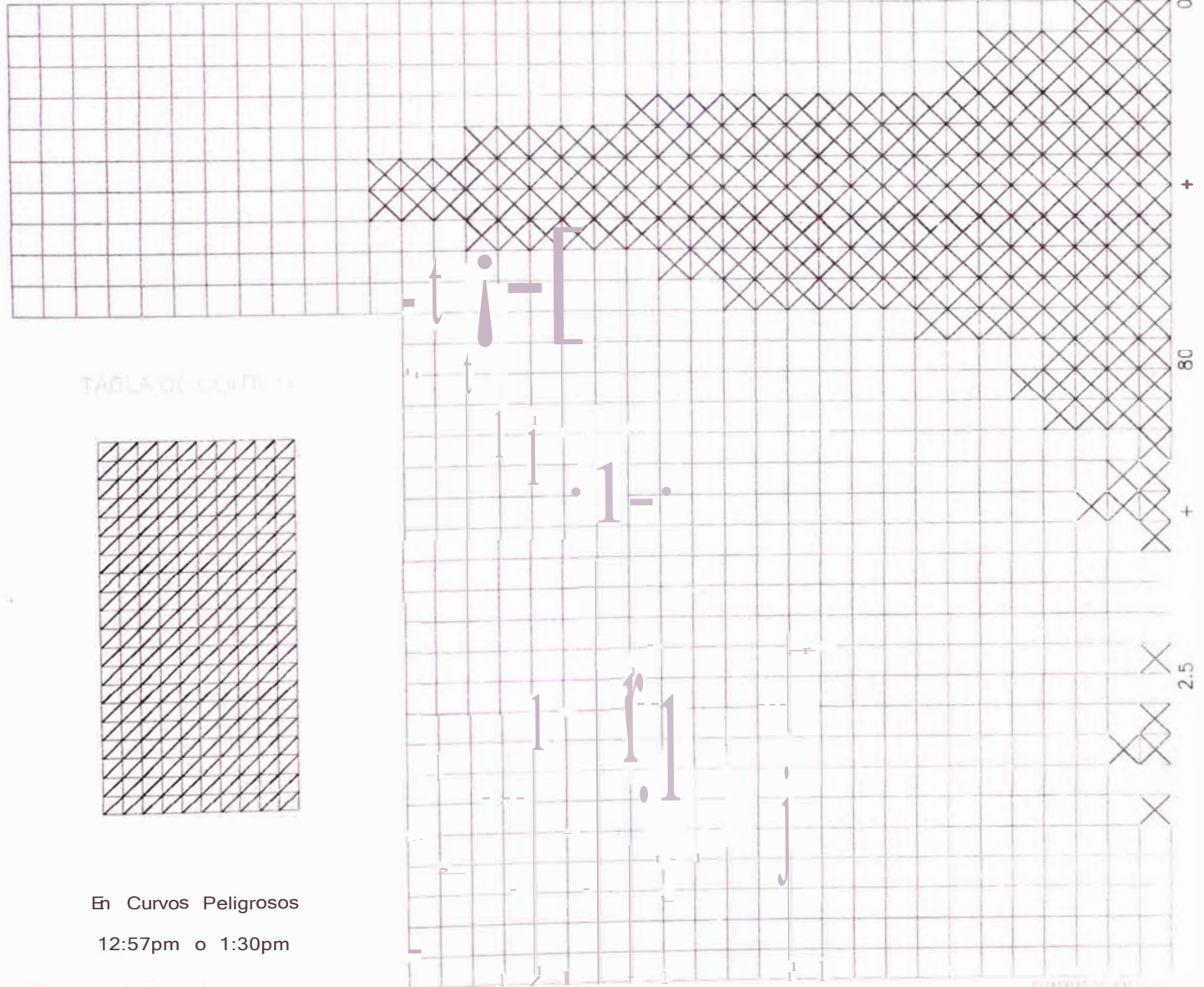
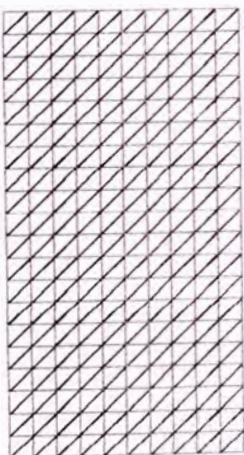


TABLA DE ...



En Curvos Peligrosos

12:57pm o 1:30pm

001 = (8/47) x (1/100)

Carreera Pte Ricardo Palma-La Oroya

2000 - 01

11  
Cocachacra - Pte. Matucana

74+000 73+570

17/05/00

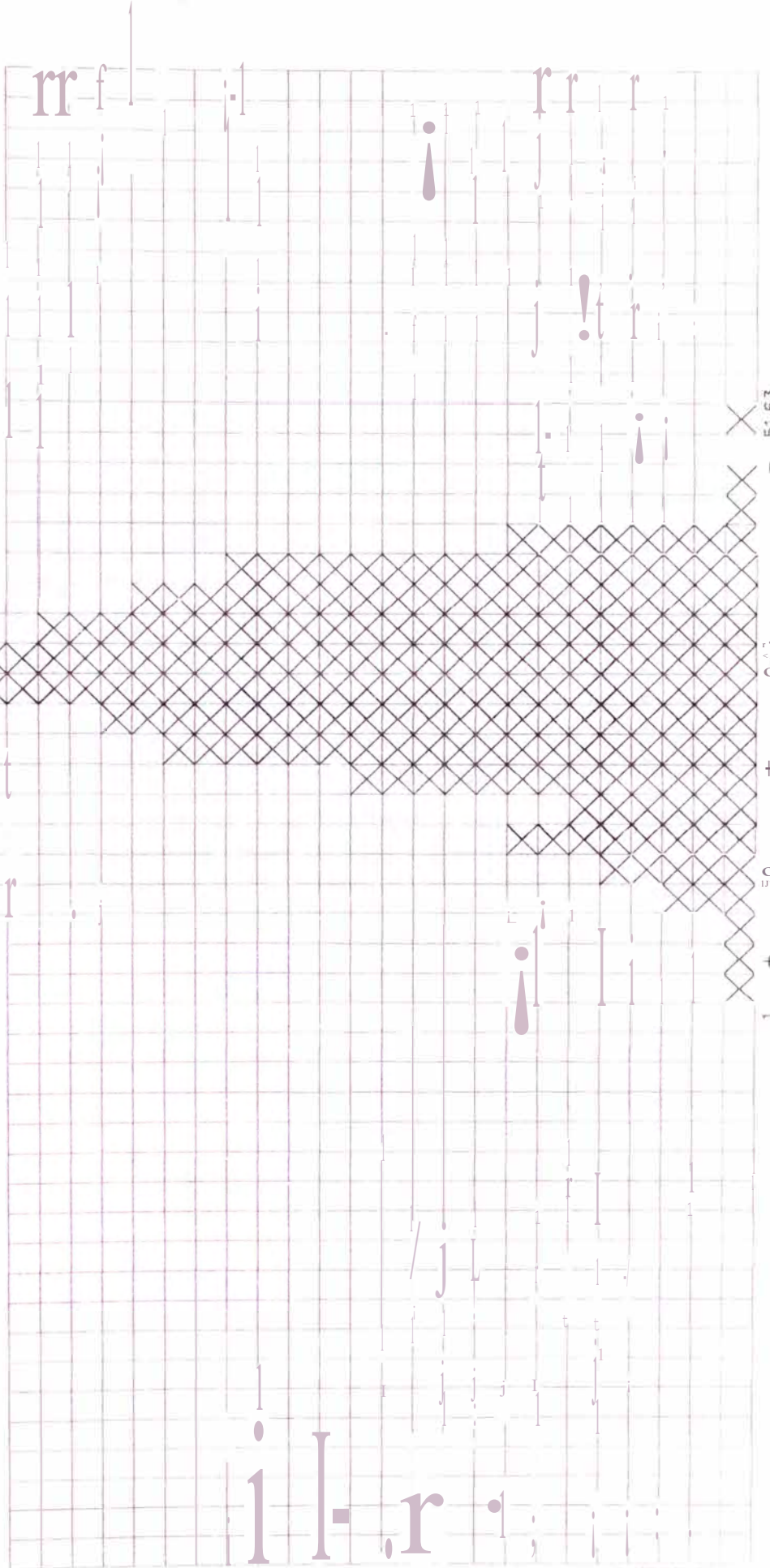
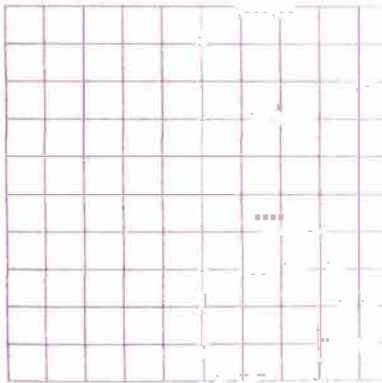
J.E.O.B.

CESEL

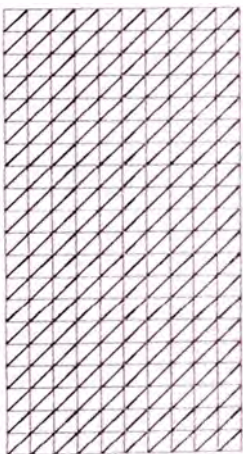
0.82

42.33

2.59



51.63  
0.82  
+  
50  
+



Lado Izquierdo

En Curva Peligrosa

11:00pm a 11:38pm



Carretero Pte Ricardo Palma-Lo Oroya

2000 - 01

111  
Pte. Motucana - San Maleo

80+000                    80+432

17/05/00

J.E.O.B.

CESEL

RESULTADOS

FACTOR DE...

0.78

77.74

VELOCIDAD...

4.25

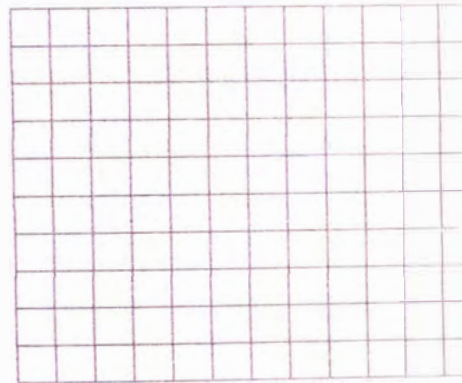
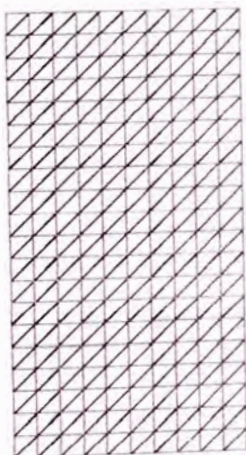


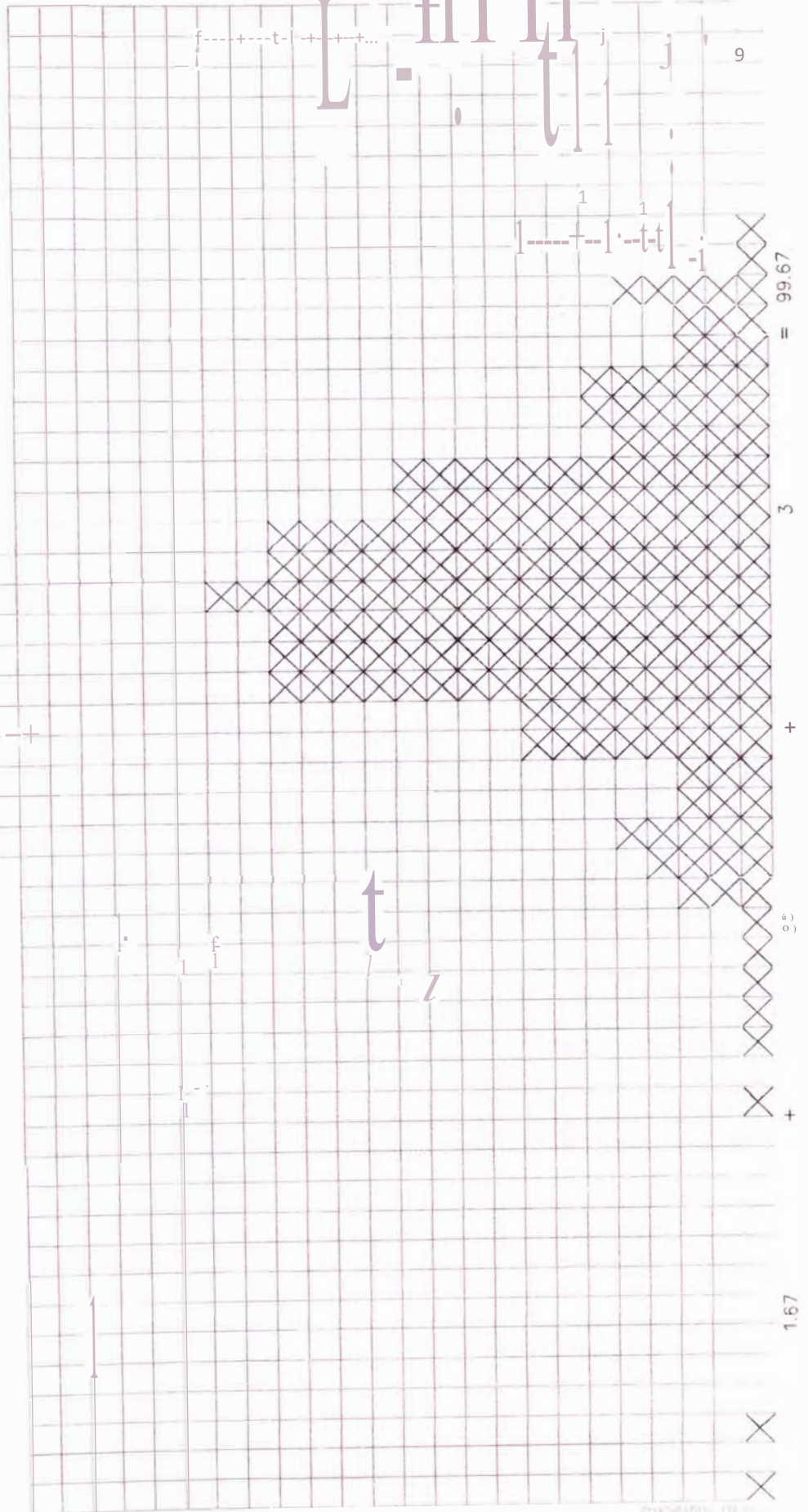
TABLA DE...



Lado Derecho

En Curvos

11: 44am a 12: 25pm



Carretera Pte Ricardo Palma-La Oroya

2000 - 01

III  
Pte. Matucana - San Mateo

84+000      83+568

17/05/00

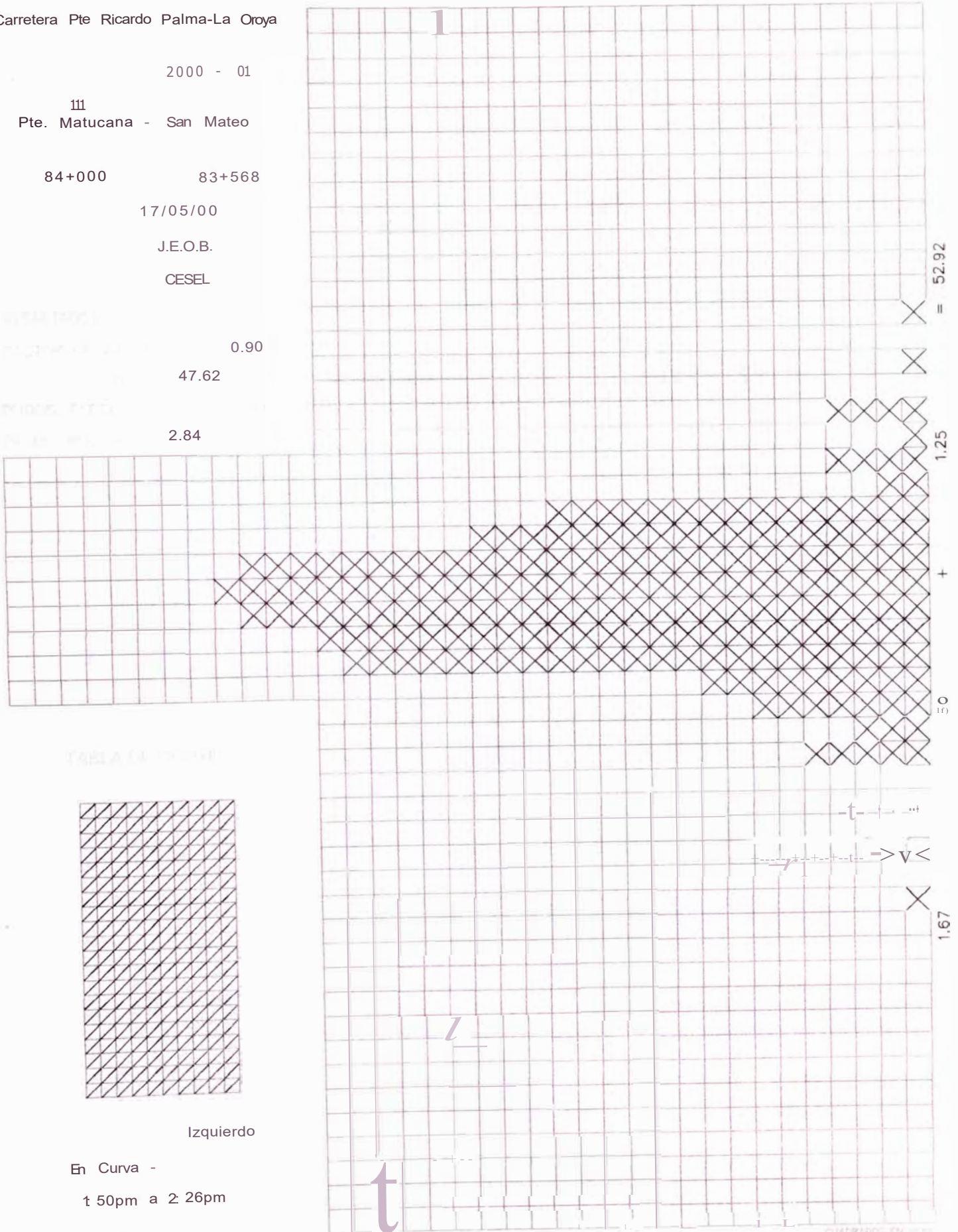
J.E.O.B.

CESEL

0.90

47.62

2.84





Carretero Pte Ricardo Palma-La Oroya

2000 - 01

111  
Ple. Motucona - Son Motea

88+200                      88+631

04/06/00

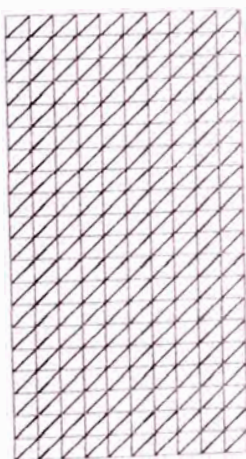
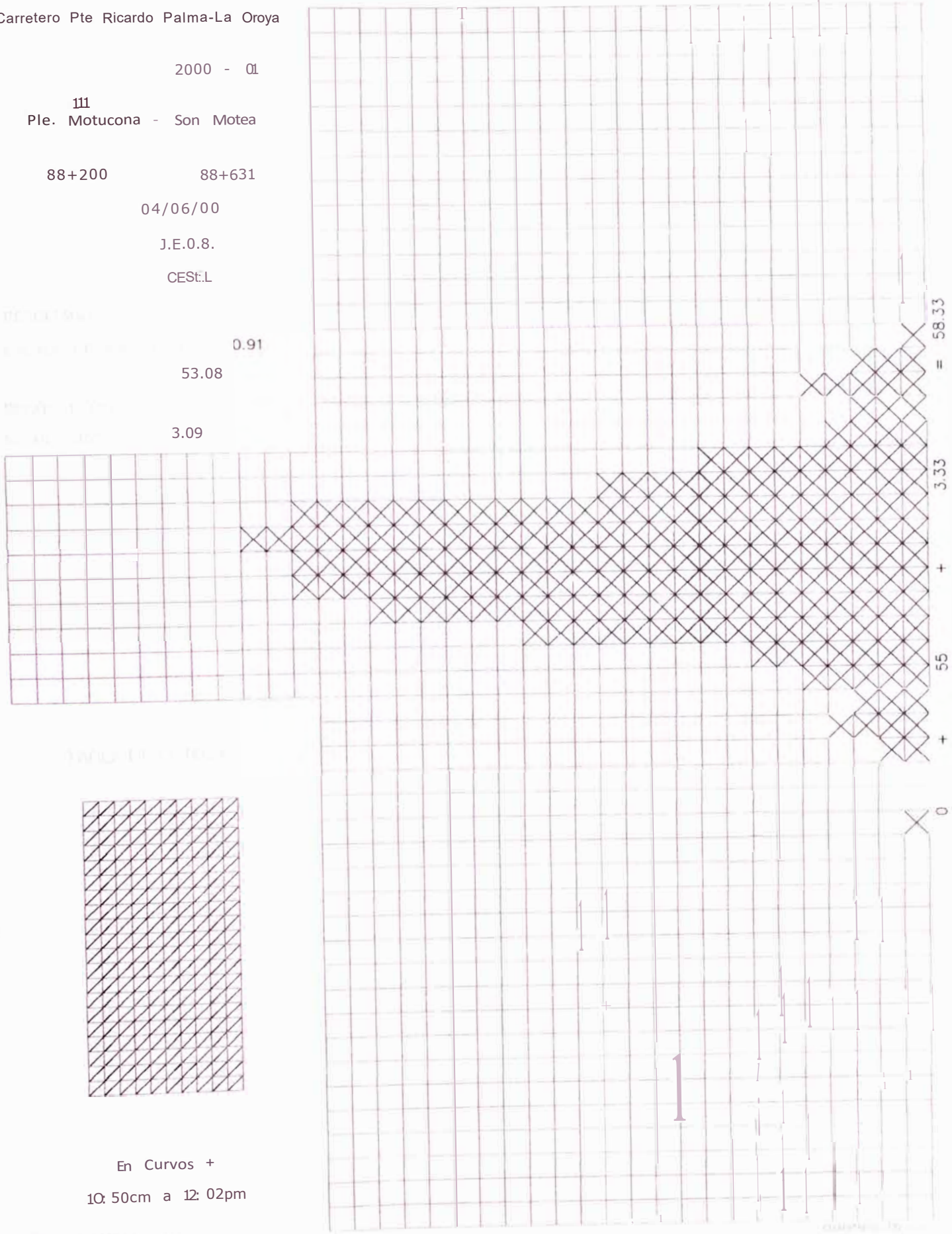
J.E.0.8.

CESt.L

0.91

53.08

3.09



En Curvos +  
10: 50cm a 12: 02pm

Carretera Pte Ricardo Palma-La Oroya

2000 - 01

111  
Pte. Matucana - San Maleo

92+500                      92+070

17/05/00

J.E.0.8.

CESI:L

0.90

67.5

3.77

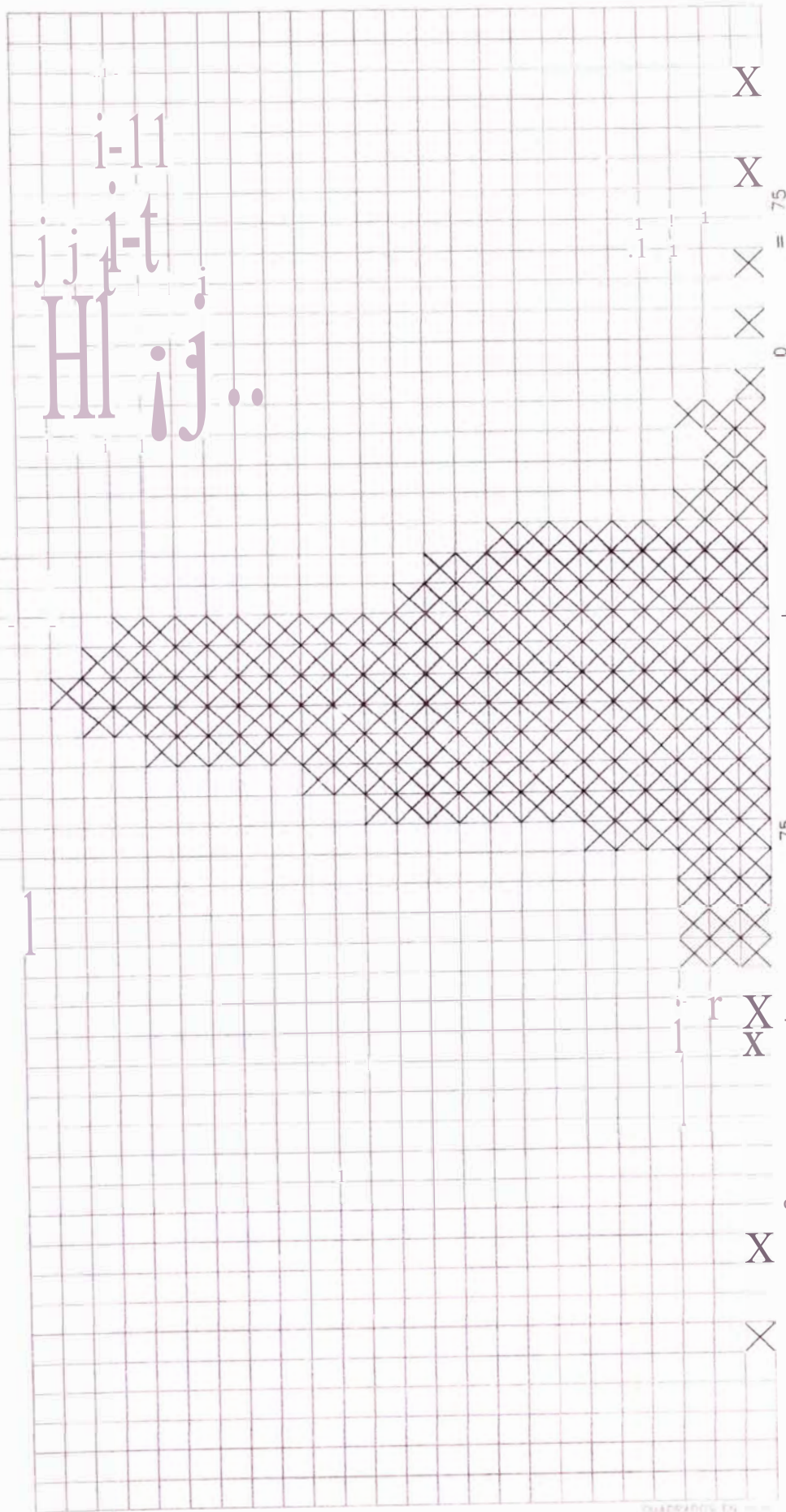
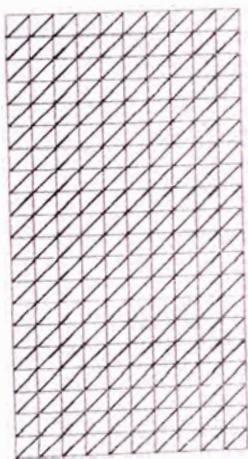


TABLA DE LODO



Lodo Izquierdo

En Curvas -

3: 10pm o 3: 55pm



Carretero Pte Ricardo Palma-La Oroya

2000 - 01

IV  
San Mateo - La Oroya

97+500      97+934

4/06/00

J.E.0.8.

CESEL

0.82

33.68

2.18

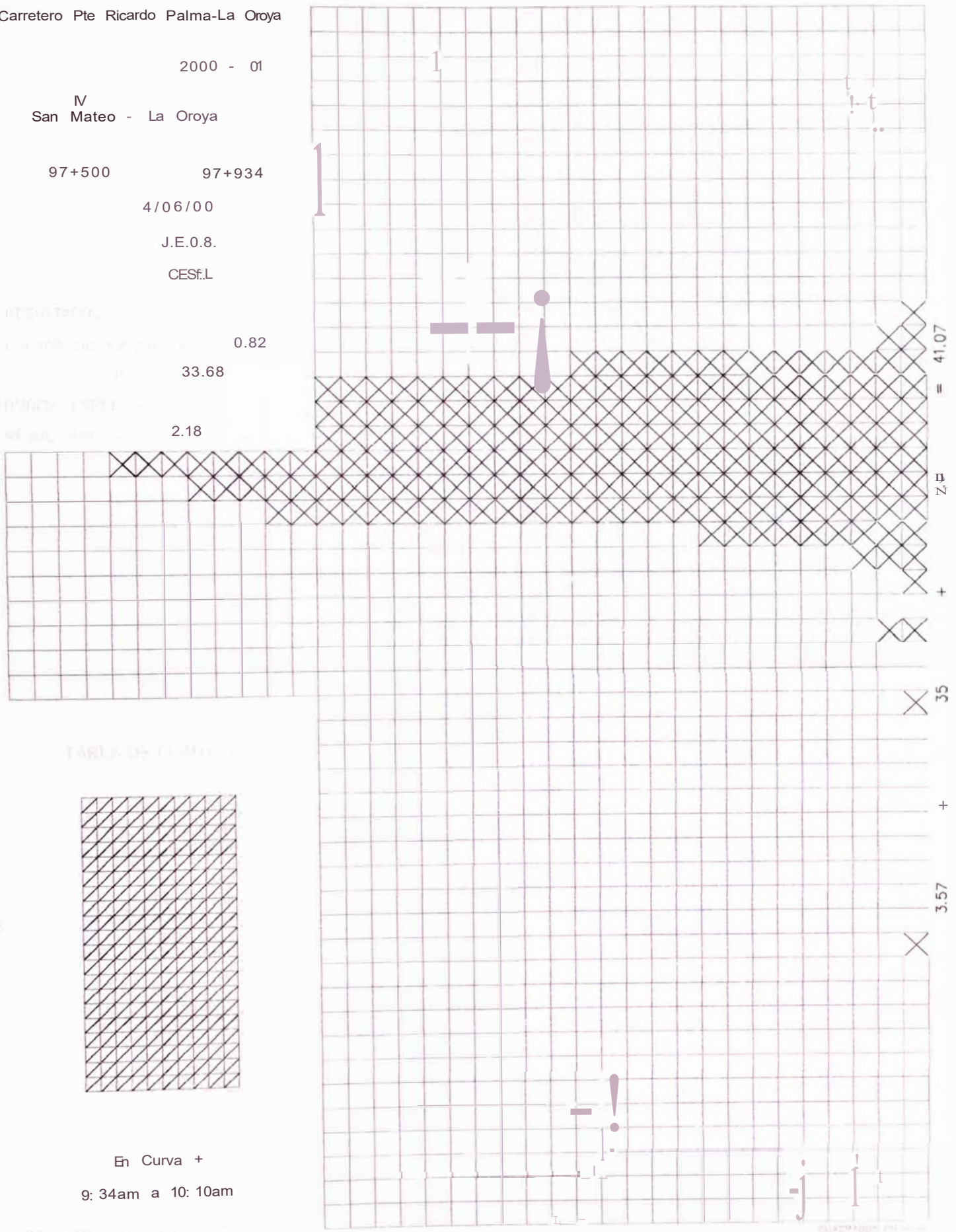
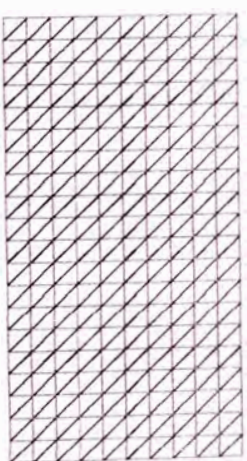


TABLA DE CURVA



En Curva +  
9: 34am a 10: 10am



Carretero Pte Ricardo Palmo-Lo Oroya

2000 - 01

IV  
Son Moteo - Lo Oroya

101+700                  101+267

18/05/00

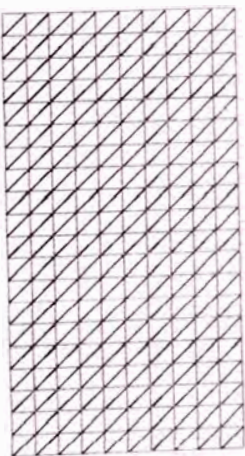
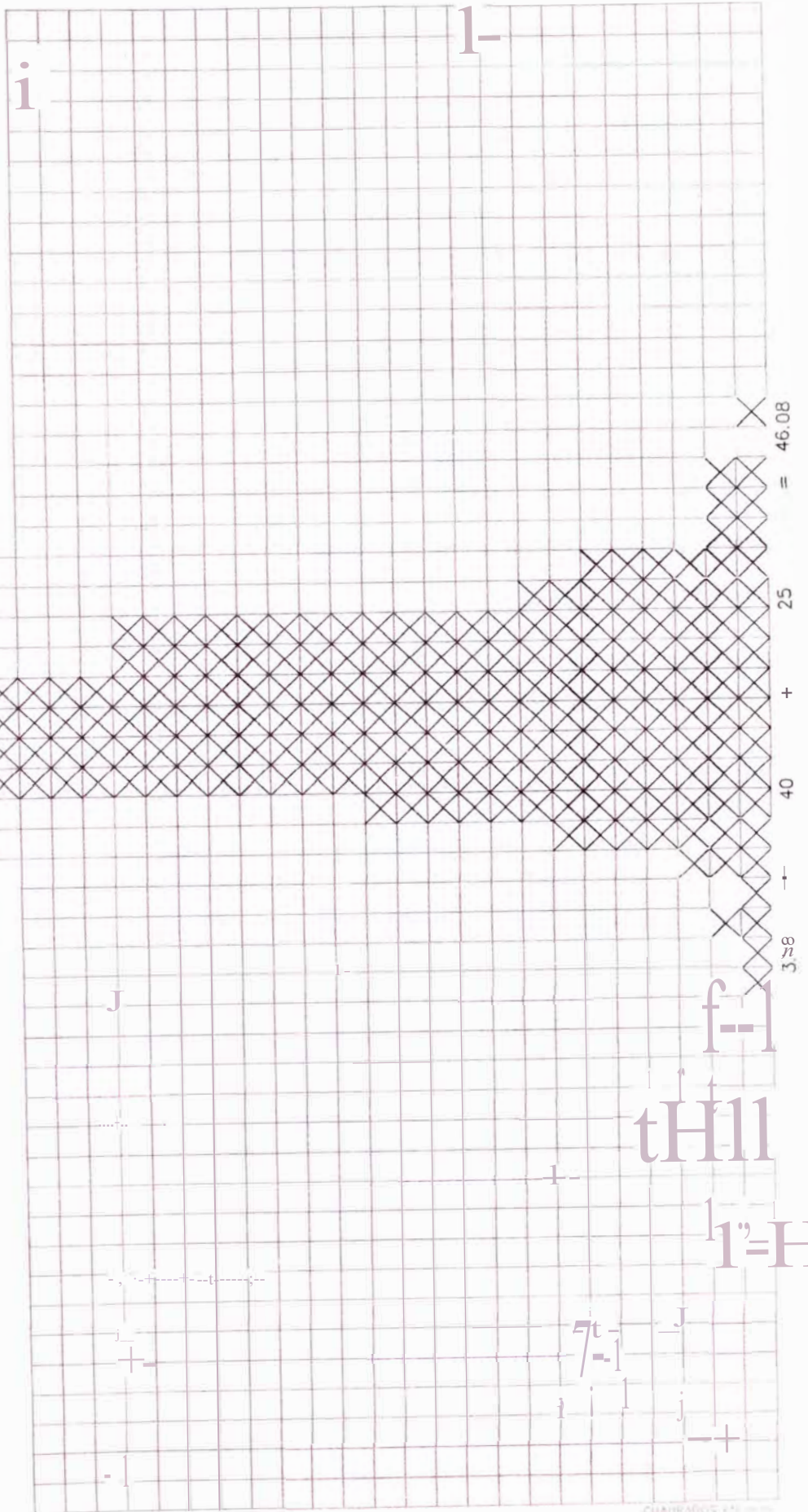
J.E.0.8.

CESEL

0.83

38.24

2.39



Lodo Izquierdo

En Curvas Peligrosa

& 35cm o 9. 15am

Carretero Ple Ricardo Palmo-Lo Oroya

2000 - 01

IV  
San Mateo - La Oroya

105+000      105+430

18/05/00

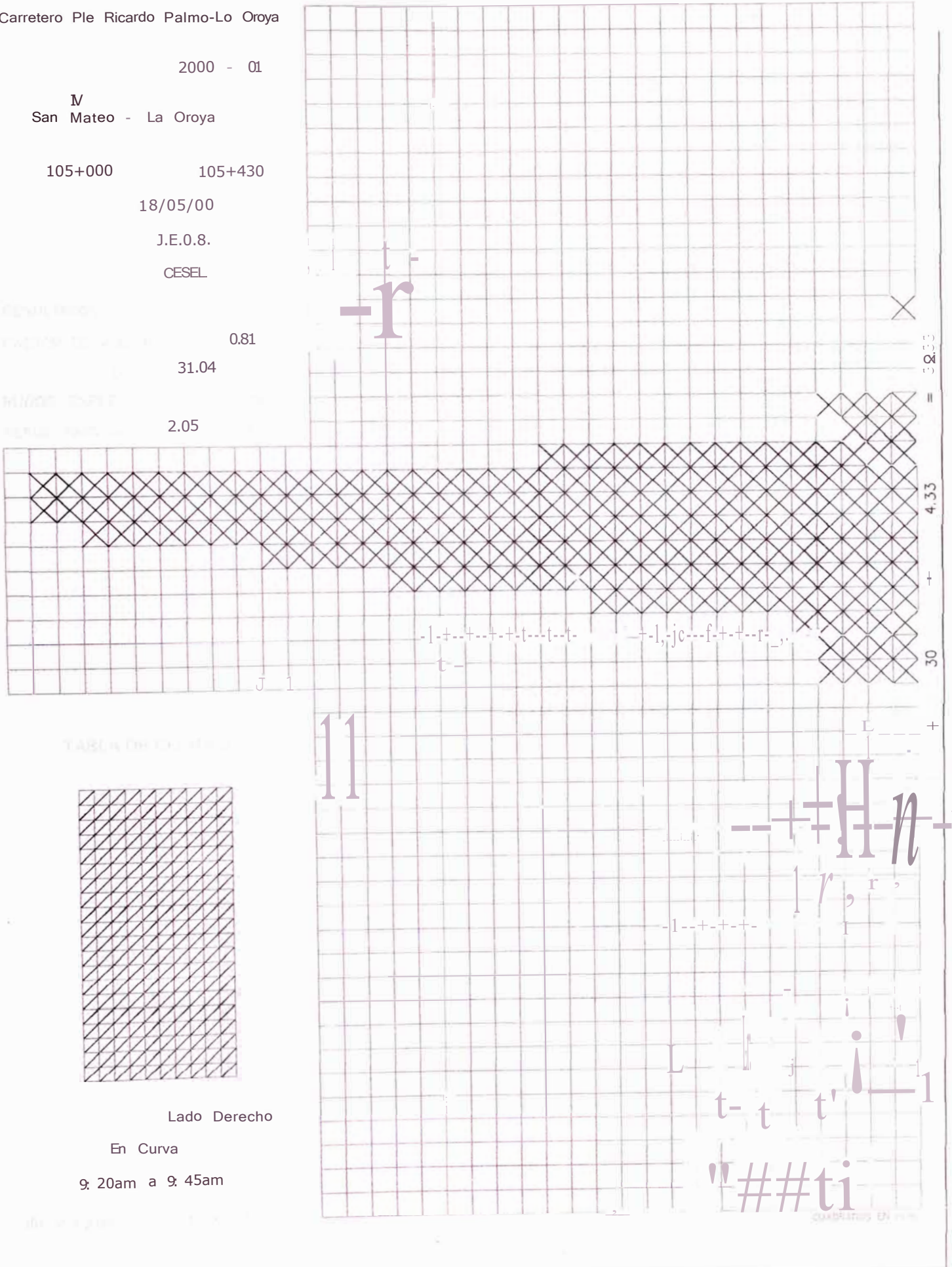
J.E.O.8.

CESEL

0.81

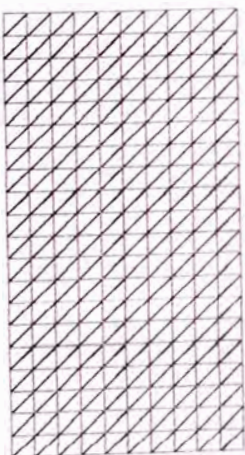
31.04

2.05



4.33  
30  
5.2.0.0

TABLA (Continúa)



Lado Derecho

En Curva

9: 20am a 9: 45am



Carretero Pte Ricardo Palma-Lo Oroya

2000 - 01

IV  
Son Moteo - Lo Oroya

109+900      109+470

18/05/00

J.E.0.8.

CESEL

PERÍMETRO

FACTOR DE CORRECCIÓN      0.87

54.53

RIGIDEZ ESPESOR

3.16

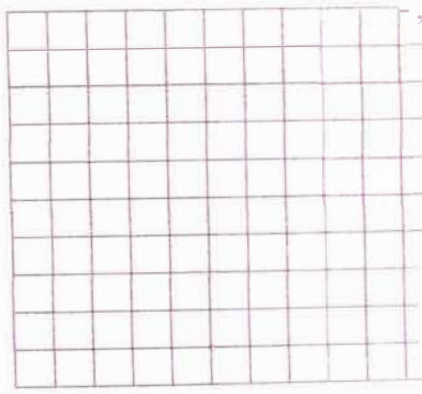
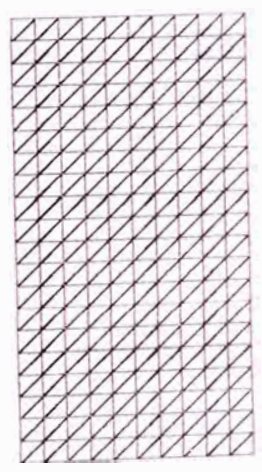
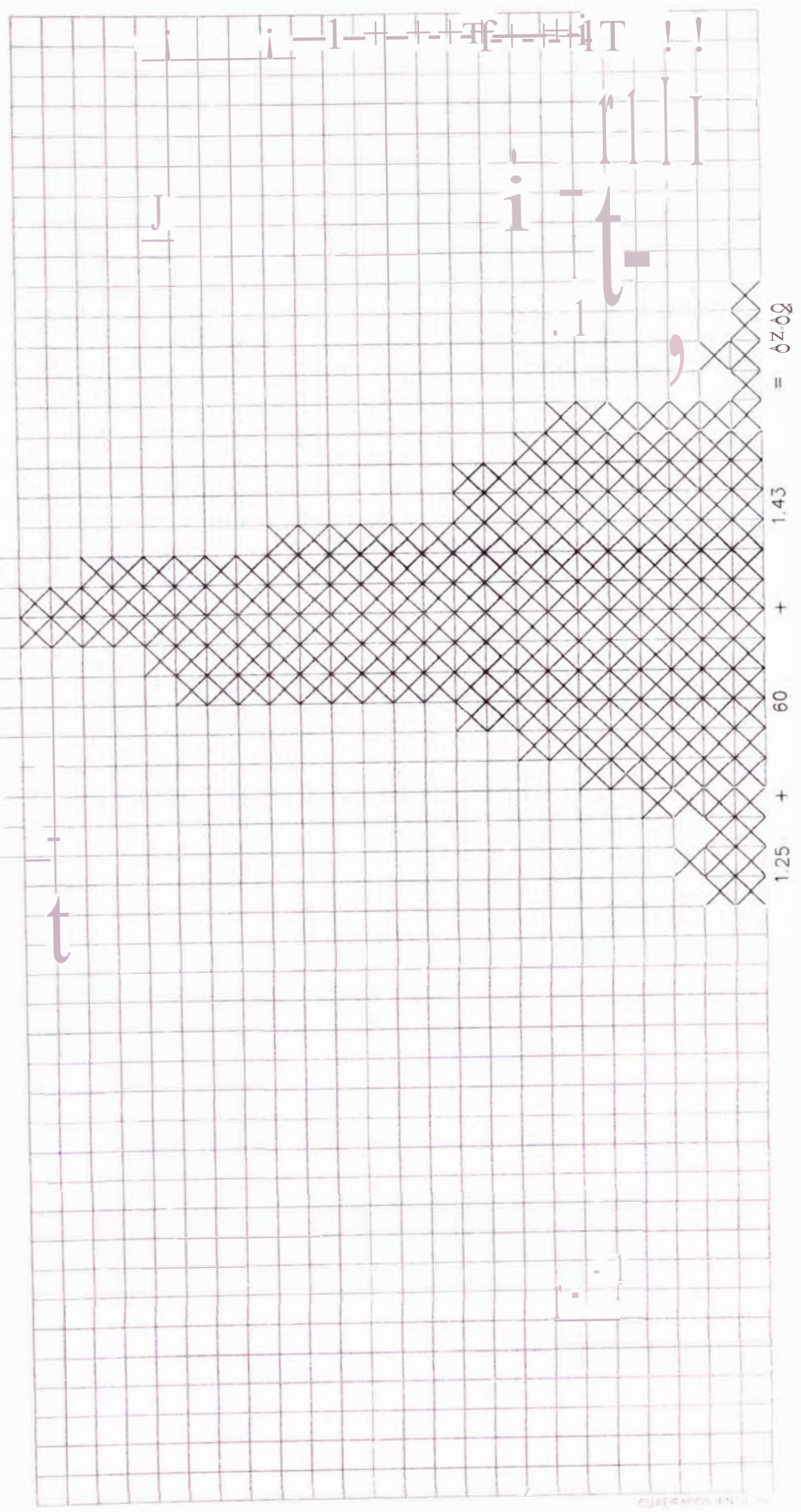


TABLA DE LODO



Lodo Izquierdo

1Q 00m a 1Q 38om



Carretera Pte Ricardo Palma-Lo Oroya

2000 - 01

IV  
Son Moteo - Lo Oroya

115+000 115+430

18/05/00

J.E.O.B.

CESEL

0.86

45.15

2.72

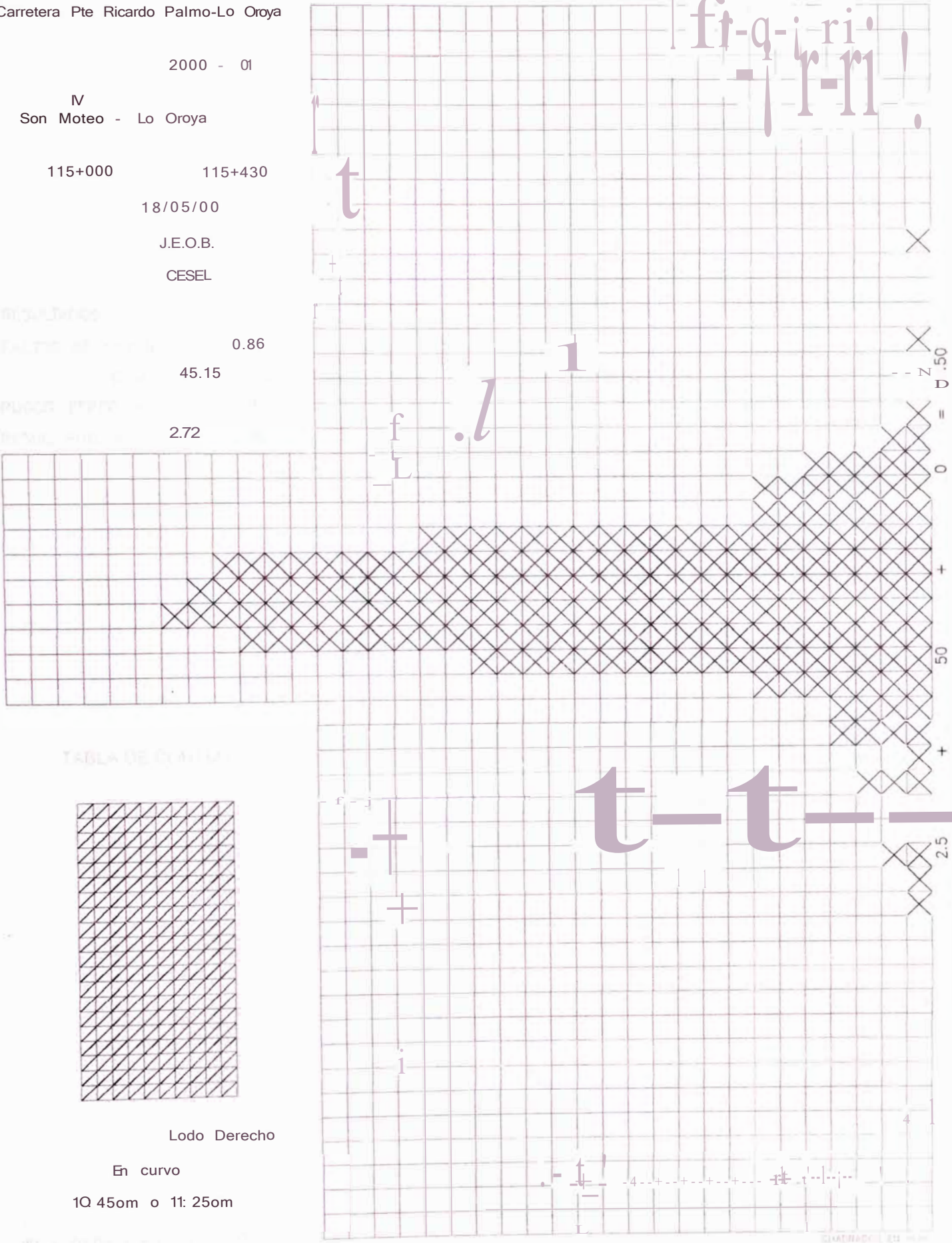
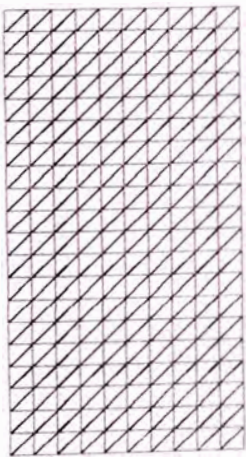


TABLA DE CANTOS



Lodo Derecho

En curvo

1Q 45om o 11: 25om



Carretero Pte Ricardo Palma-Lo Oroya

2000 - 01

IV  
San Mateo - La Oroya

121+000      120+572

18/05/00

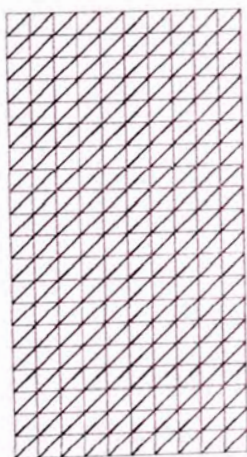
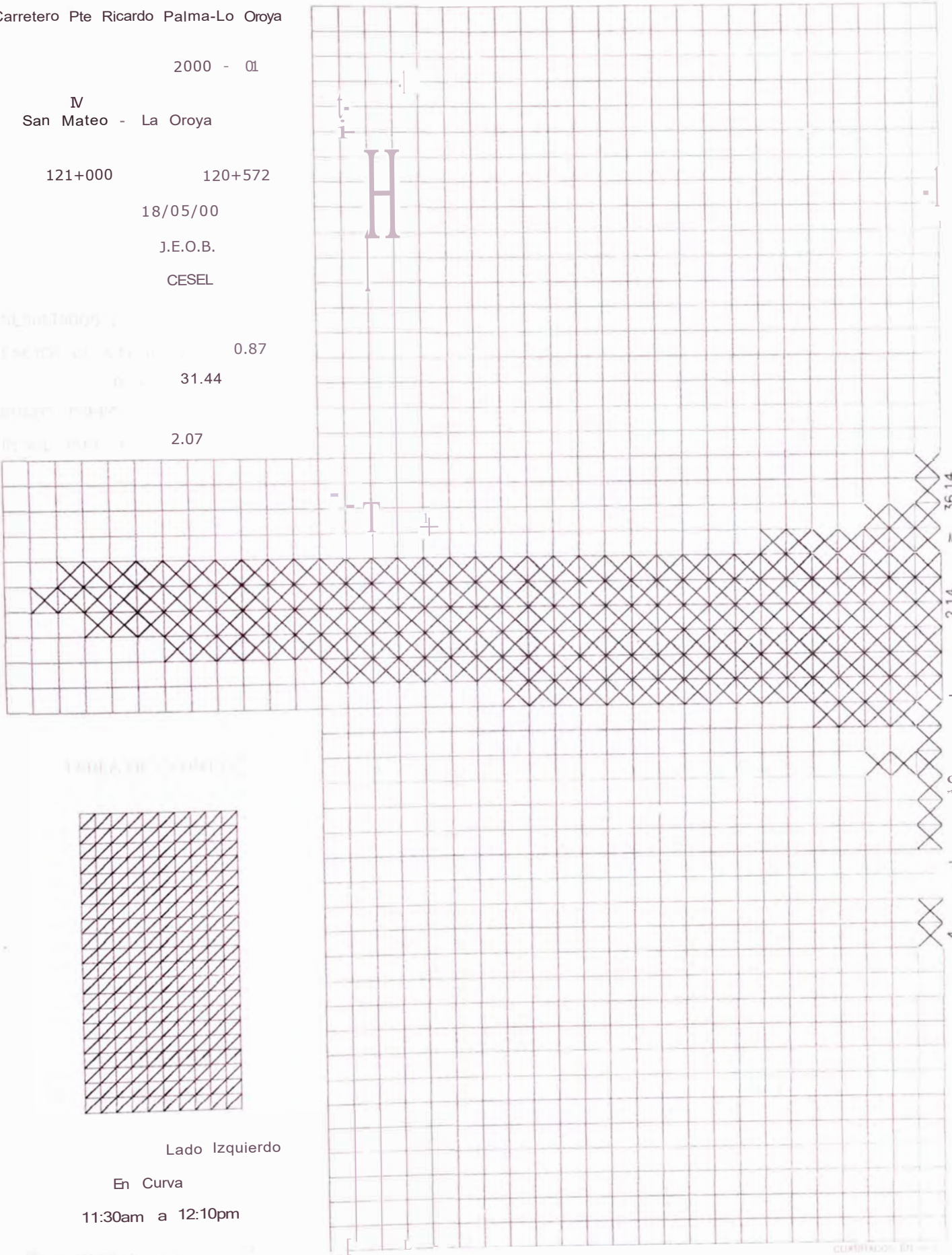
J.E.O.B.

CESEL

0.87

31.44

2.07



Lado Izquierdo

En Curva

11:30am a 12:10pm

Carretero Pte Ricardo Palma-Lo Oroya

2000 - 01

IV  
Son Mateo - La Oroya

125+500      125+935

18/05/00

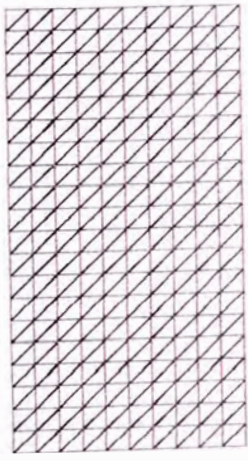
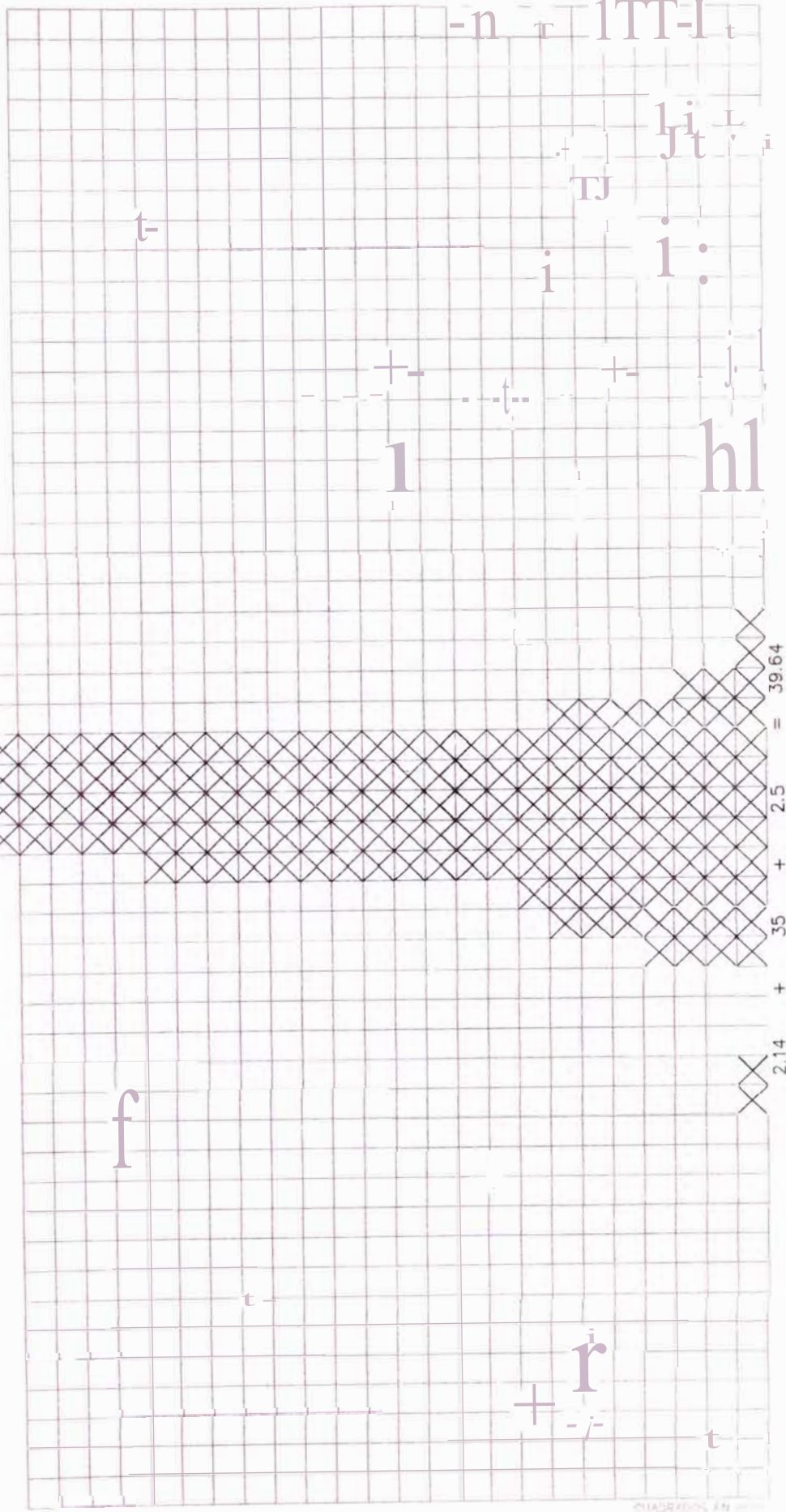
J.E.O.B.

CESEL

0.81

32.11

2.11



Lado Derecho

En Curva

t 30pm a t 40pm



Carretera Pte Ricardo Palma-La Oroya

2000 - 01

IV  
Son Moteo - Lo Oroya

131+500      131+073

18/05/00

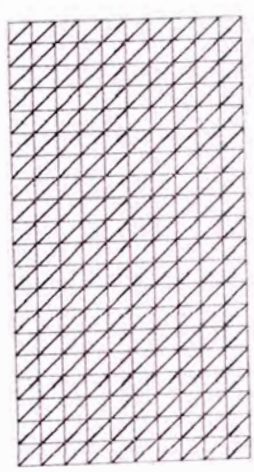
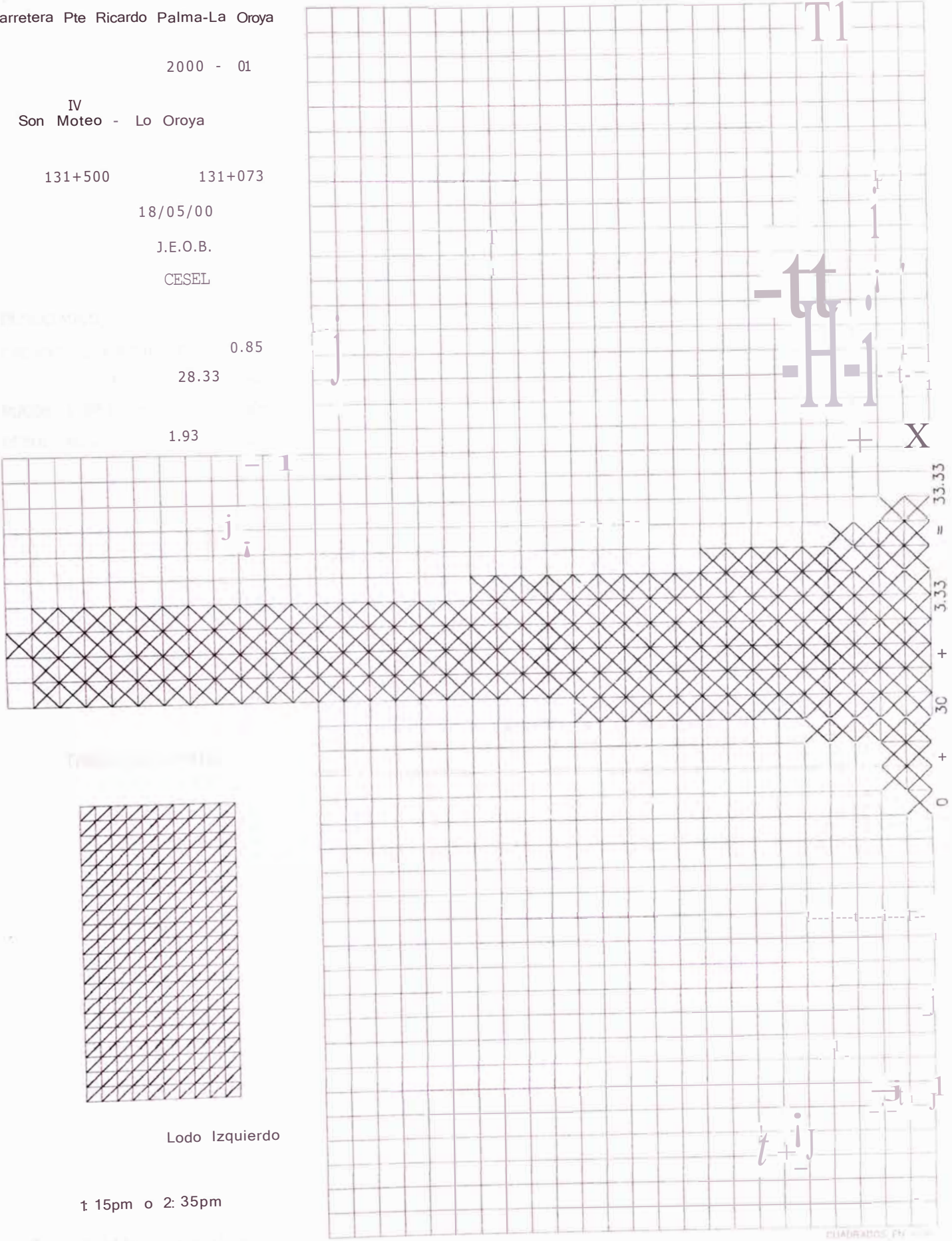
J.E.O.B.

CESEL

0.85

28.33

1.93



Lodo Izquierdo

t 15pm o 2: 35pm

Carretero Pte Ricardo Palmo-Lo Oroya

2000 - 01

IV  
Son Moteo - Lo Oroya

135+ 700      136+133

18/05/00

J.E.O.B.

CESEL

0.84

68.60

3.82

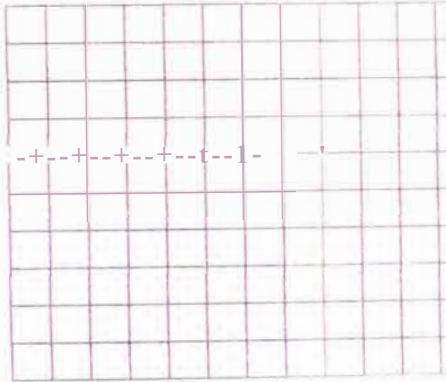
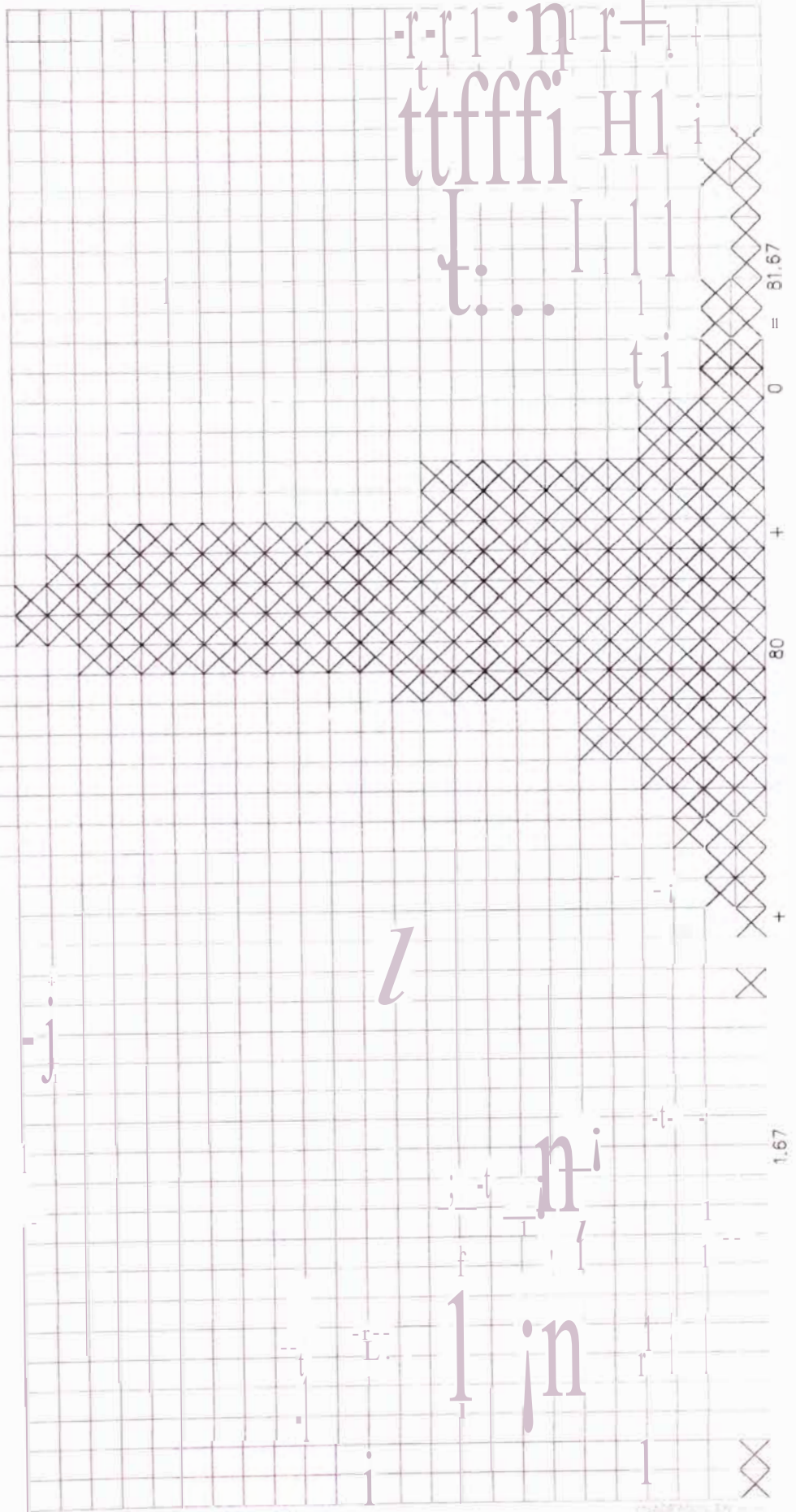
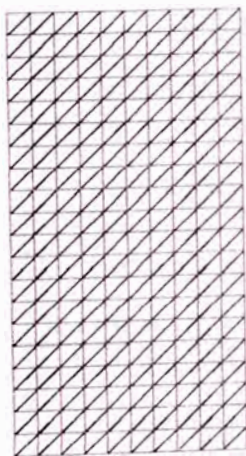


TABLA DE...



Lodo Derecho

3 00pm o 3 45pm



Carretera Pte Ricardo Palma-La Oroya

2000 - 01

IV  
Son Moteo - Lo Oroya

140+100      139+668

19/05/00

J.E.0.8.

CESEL

0.87

37.08

2.34

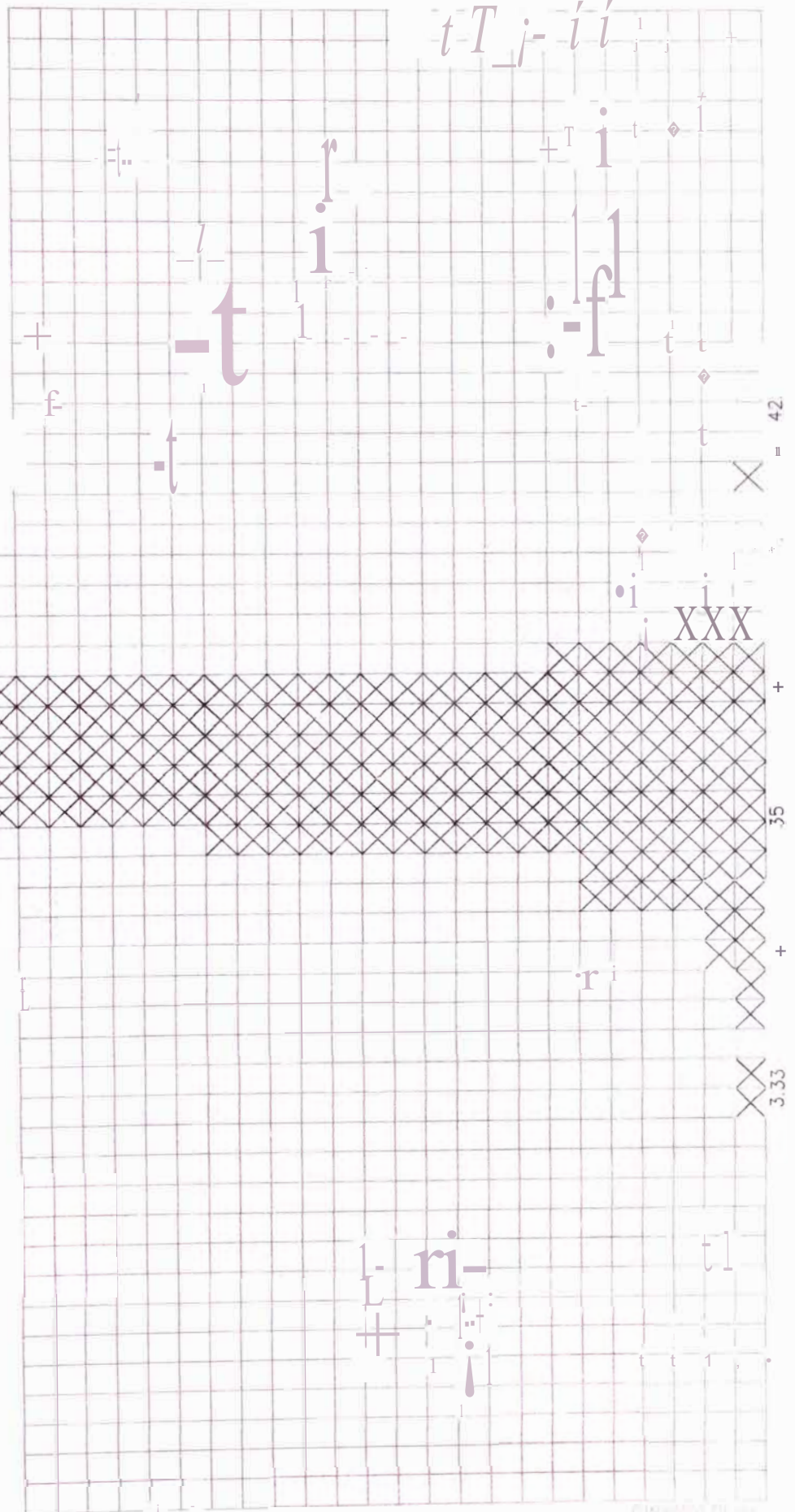
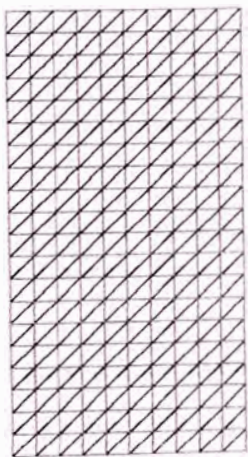


TABLA DE MANTENIMIENTO



Lodo Izquierdo

En curva

9.00am o 9.40am





Carretera Pte Ricardo Palmo-Lo Oroya

2000 - 01

N

Son Moteo - Lo Oroya

151+500

151+071

19/05/00

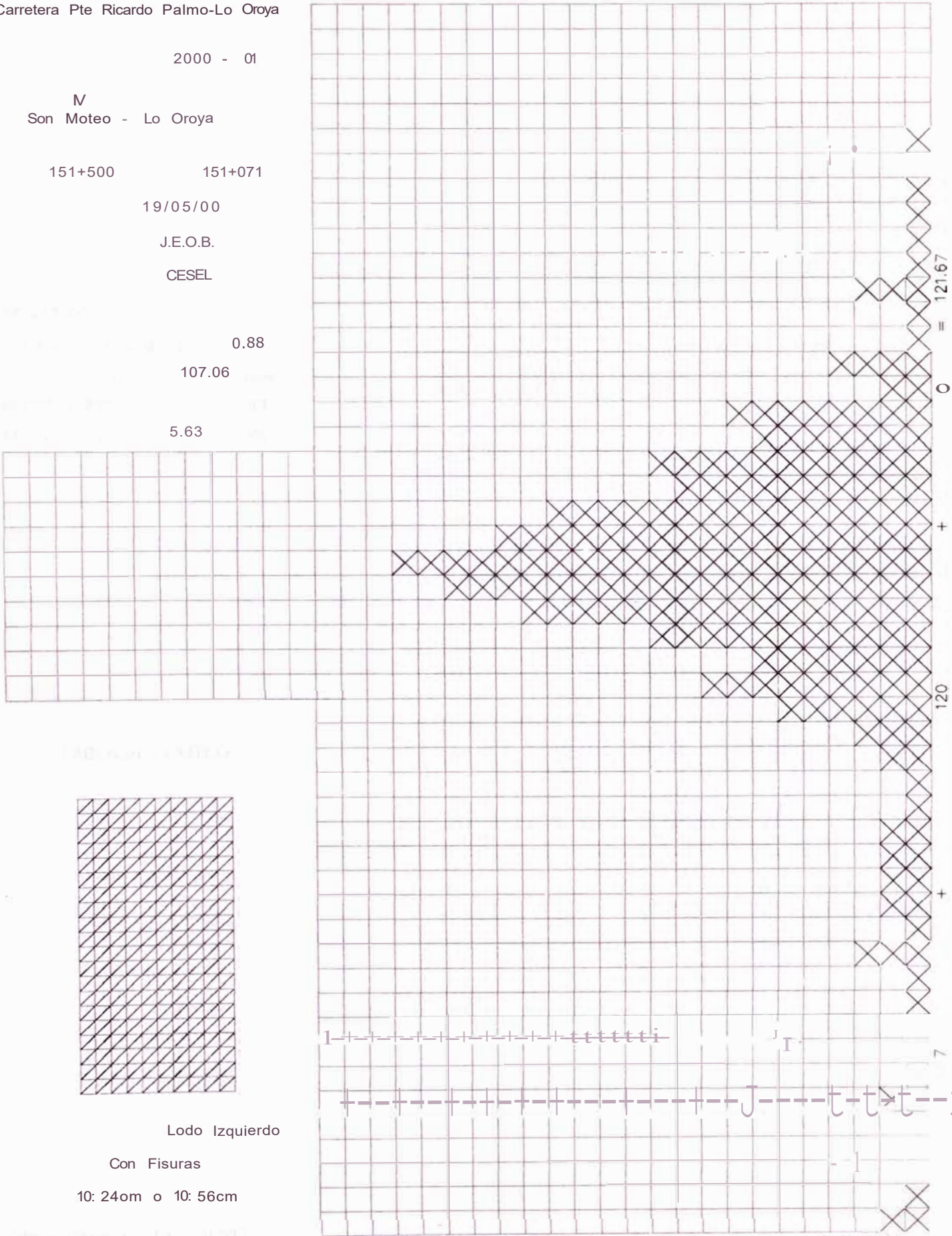
J.E.O.B.

CESEL

0.88

107.06

5.63



121.67

0

+

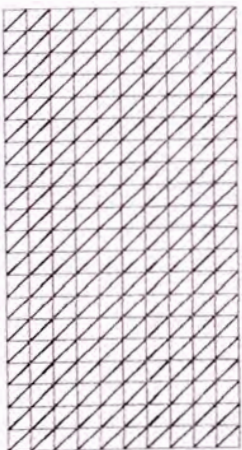
120

+

7

1

CUADROS EN



Lodo Izquierdo

Con Fisuras

10: 24om o 10: 56cm



Carretera Pte Ricardo Palma-La Oroya

2000 - 01

IV  
San Mateo - Lo Oroya

156+000      156+430

19/05/00

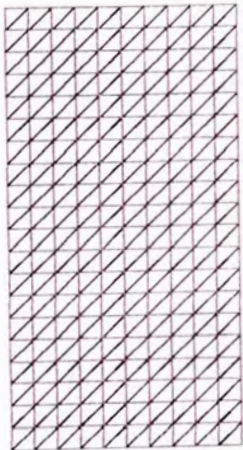
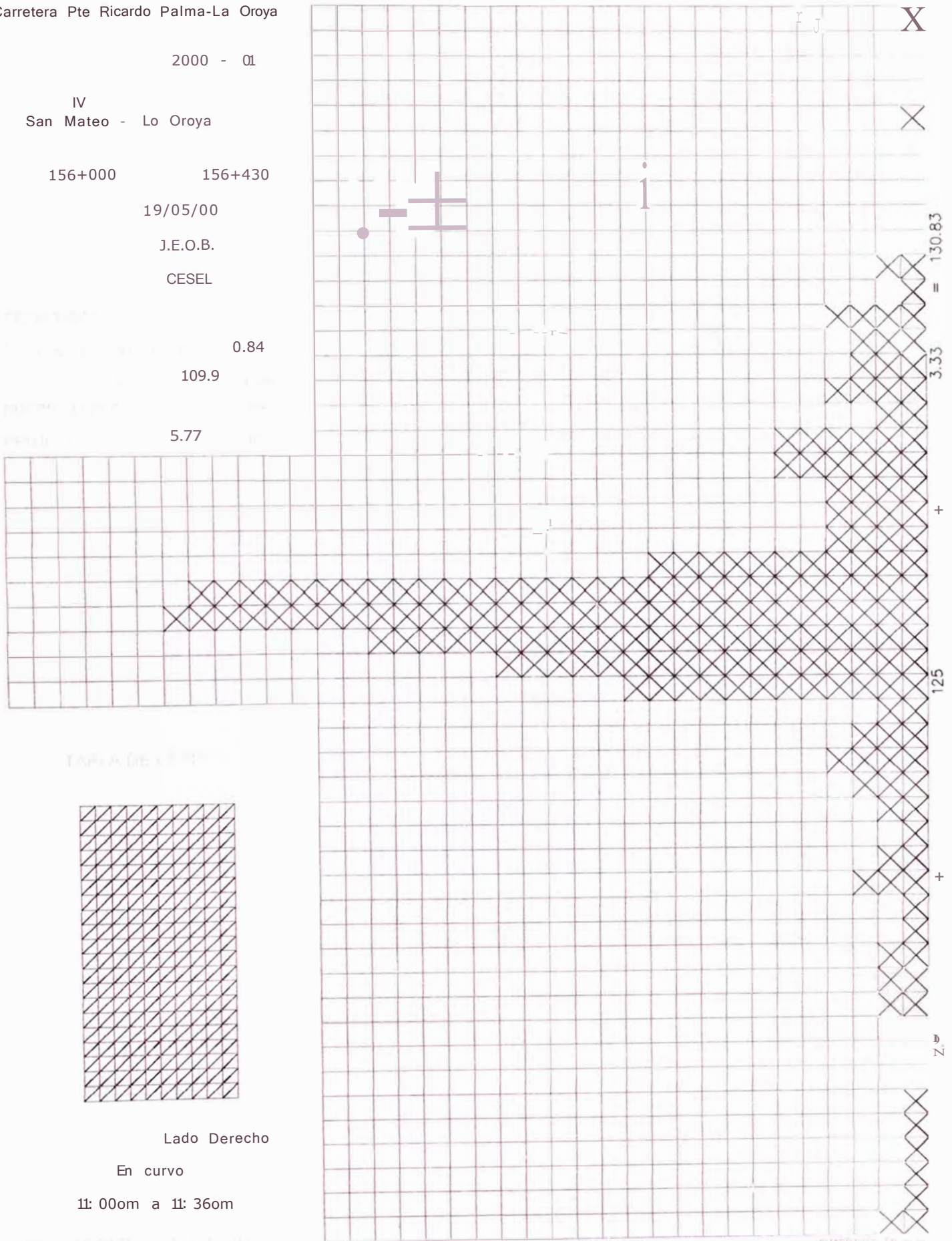
J.E.O.B.

CESEL

0.84

109.9

5.77



Lado Derecho

En curvo

11: 00om a 11: 36om



IV

162+000

161+571

19/05/00

J.E.0 B

CESEL

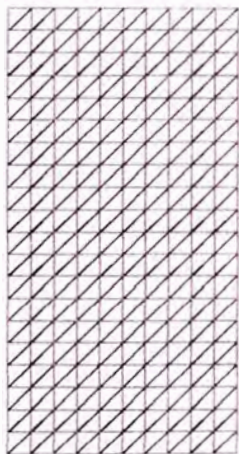
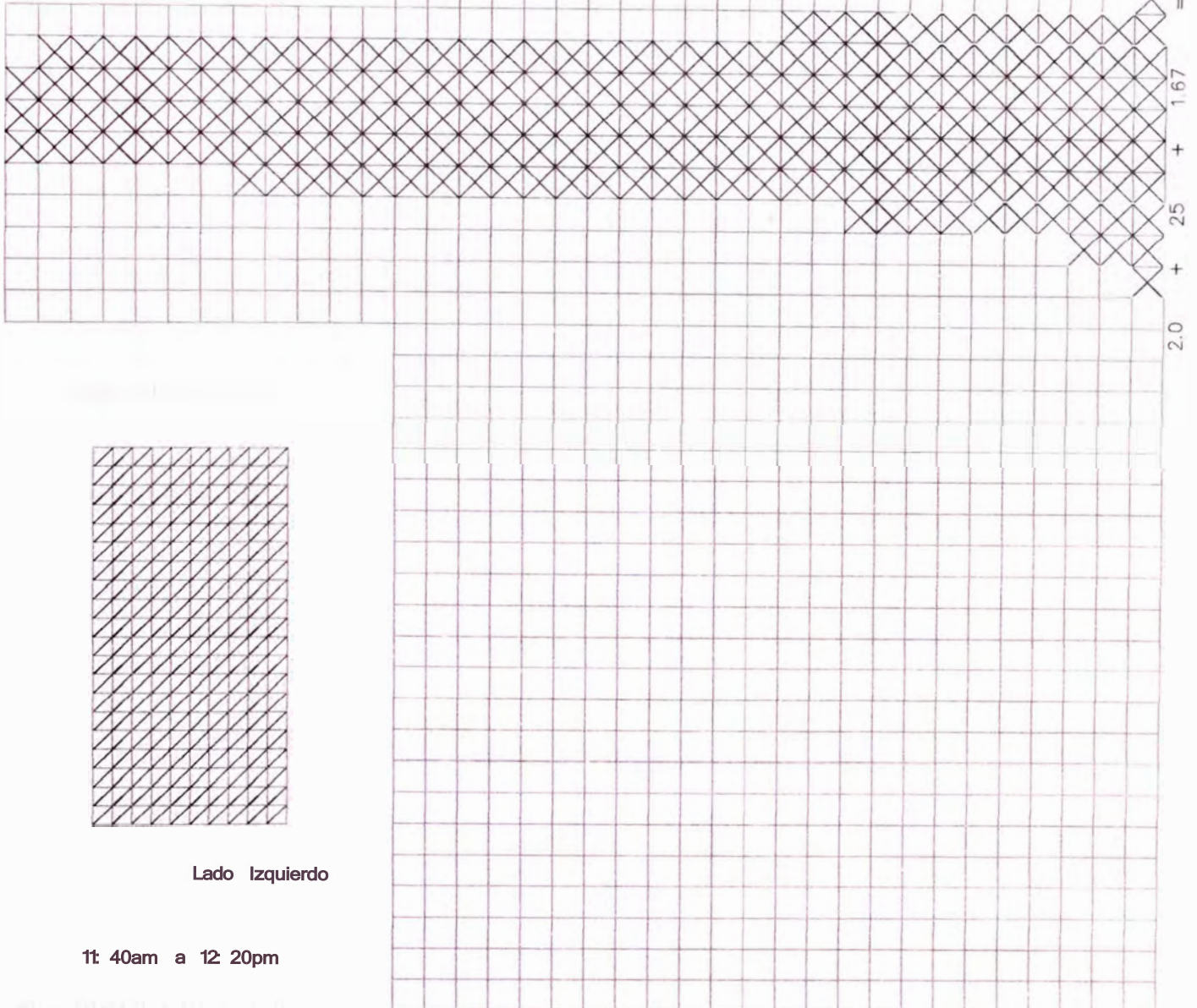
0.84

24.08

1.73

r. r 1:1

++11



Lado Izquierdo

1t 40am a 12 20pm

Carretero Pte Ricardo Palmo-Lo Oroya

2000 - 01

IV  
Son Mateo - Lo Oroya

167+100

167+531

19/05/00

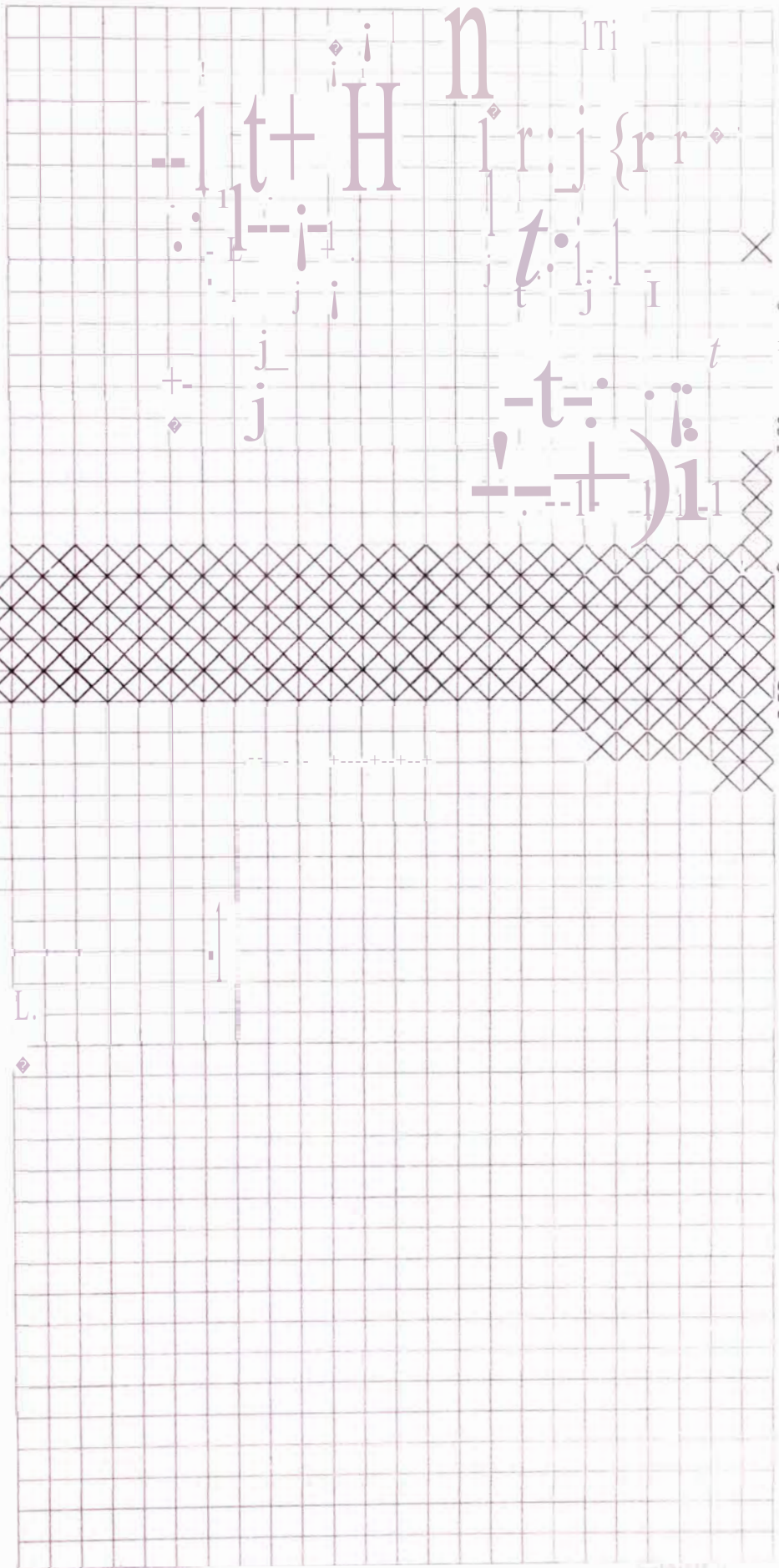
J.E.O.B.

CESEL

0.85

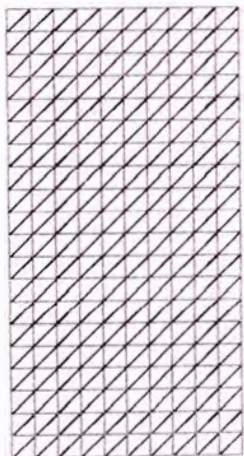
23.34

1.69



3.57 +  
3.89 = Z  
+ 20

TABLA DE CANTOS



Lodo Derecho

Ciudad

12: 20pm o 12: 56pm