

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**“DETERMINACION DEL INDICE DE RUGOSIDAD
INTERNACIONAL DE PAVIMENTOS USANDO EL
PERFILOMETRO ROMDAS Z-250”**

PRESENTADO POR:

**JUAN CARLOS ONOFRE CALDERÓN
JULIO CÉSAR SÁNCHEZ PÉREZ
WALTER SANTIAGO VIANA**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, ABRIL DE 2008

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ

SECRETARIO GENERAL:

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO:

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR:

MSc. ING. FREDY FABRICIO ORELLANA CALDERÓN

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO CIVIL

Título:

**“DETERMINACION DEL INDICE DE RUGOSIDAD
INTERNACIONAL DE PAVIMENTOS USANDO EL
PERFILOMETRO ROMDAS Z-250”**

Presentado por:

**JUAN CARLOS ONOFRE CALDERÓN
JULIO CÉSAR SÁNCHEZ PÉREZ
WALTER SANTIAGO VIANA**

Trabajo de Graduación aprobado por:

Docentes Directores:

**ING. MAURICIO ERNESTO VALENCIA
ING. DILBER ANTONIO SÁNCHEZ VIDES
INGRA. ASTRID KAREN CASTILLO DE VADILLO**

San Salvador, abril de 2008

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores:

ING. MAURICIO ERNESTO VALENCIA

ING. DILBER ANTONIO SÁNCHEZ VIDES

INGRA. ASTRID KAREN CASTILLO DE VADILLO

AGRADECIMIENTOS

Nuestro especial agradecimiento a:

Ing. Mauricio Ernesto Valencia
Coordinador del Trabajo de Graduación

Ing. Dilber Antonio Sánchez Vides
Asesor Interno

Ingra. Astrid Karen Castillo de Vadillo
Asesora Externa

Por darnos toda su especial colaboración y apoyo durante la
realización de este trabajo.

DEDICATORIA:

Dedico este Trabajo de Graduación primeramente a Dios Todo Poderoso por haberme permitido alcanzar este objetivo y poder dar un paso tan decisivo en mi superación profesional y personal, por haberme dado fuerza y perseverancia durante toda mi vida como estudiante. A todas las personas que me rodean y que de alguna forma me han impulsado a culminar mi carrera:

Mi Madre:

Ángela Celia Onofre Hernández, por ser todo apoyo y comprensión, el ser más importante de mi vida, por haberme ayuda en todo momento con sus palabras de aliento.

Mi Padre:

Juan Calderón Valencia, que aunque ya no este físicamente conmigo, siempre lo guardo en mi memoria.

Mi Esposa:

Daysi Carolina Tejada Ramírez, por todo su amor y paciencia en el desarrollo del Trabajo de Graduación.

Mis Hijos:

Por ser la fuerza que me ha impulsado a no decaer en la realización de esta meta y ayudarme con su alegría y pureza en todos los pasos de mi vida.

Mis Hermanos:

Por su cariño incondicional y ayuda en los momentos que lo he necesitado y por ser parte especial de mi existencia.

Mi Profesora de Primaria:

Delmy Arely Santamaría Retana, por ser la persona que más me impulsó a seguir adelante y me dio apoyo moral de forma incondicional sin que yo lo haya solicitado. Mil Gracias.

Juan Carlos Onofre Calderón

DEDICATORIA:

A Dios Todo Poderoso:

Por darme sabiduría, salud, fortaleza y por permitirme compartir con mis seres queridos esta bendición.

A Mi Madre:

Orbelina Sánchez, por todo su amor, su comprensión y cariño, por sus consejos y por darme su aliento en épocas difíciles, por su esfuerzo y por su enorme sacrificio en favor de mi superación, te doy enormes gracias mamá.

A Mi Padre:

Manuel Policarpo Pérez Rivas (Q.D.D.G), tu esfuerzo y sacrificio no fue en vano, cada gota de tu sudor derramada contribuyo para que alcanzara esta meta. Y aunque ya no estés con nosotros papá se que desde el cielo te encuentras muy orgulloso de este logro que también es tuyo. Lo logramos papá.

Mis Hermanos:

Marta Lilian Sánchez (Q.D.D.G), por ser mi inspiración y el ejemplo a seguir te doy gracias, Concepción Marina, Leonor Elizabeth, Manuel Antonio, por su apoyo incondicional, por su ayuda para seguir adelante en la carrera, por todo eso y más les doy infinitas gracias.

Mis sobrinos:

Karla Concepción y Marta Carolina, por su ayuda incondicional y apoyo moral en todo momento, Kenia Melanie, Brenda Lisseth, Nancy Yamileth, por su ternura y sonrisas a los nenes de la casa Héctor Fernando, Justin Joel, Bryan Alberto y Madelin por sus risas y travesuras. A todos mis agradecimientos.

A esa persona especial:

Yolanda Ivonne. A ti que me apoyaste en esas noches de desvelo, por tus atenciones y por tus muestras de cariño. Te doy gracias. Te quiero.

Julio César Sánchez Pérez

DEDICATORIA:

Dedico este trabajo de graduación a **Dios Todopoderoso** por haberme permitido alcanzar esta meta y poder ejercer mi profesión con sabiduría, ética y honradez

Mi Madre

Marta Lilian por haberme enseñado con su ejemplo que los objetivos se logran con dedicación y esfuerzo permanente.

Mi Esposa

Daysi Jennifer por reanimarme en los momentos difíciles y tener todo su apoyo y comprensión durante el tiempo de estudio.

Mis Hijas

Graciela, Vanessa, Olga y Susana por ser mi fuerza de superación y poder ser su apoyo en el futuro.

Mis Hermanos

Reynaldo, Douglas, Elisa y Vilma por sus consejos en mis momentos difíciles

Walter Santiago Viana

INDICE

	PAG.
Introducción	i
CAPITULO I “ANTEPROYECTO”	1
1.0 Antecedentes	2
1.1 Planteamiento del problema	8
1.2 Objetivos	9
1.2.1 Objetivos Generales	9
1.2.2 Objetivos específicos	9
1.3 Alcances	10
1.4 Limitaciones	11
1.5 Justificación	12
CAPITULO II “GENERALIDADES”	13
2.0 Sumario	14
2.1 Comportamiento de un pavimento	14
2.2 Caracterización de la rugosidad de los pavimentos	16
2.3 Índice de rugosidad internacional	17
2.3.1 Desarrollo del concepto de IRI	18
2.3.2 Definición de IRI	19
2.3.3 Aspectos a tomar en cuenta en el calculo del IRI	21
2.4 Métodos y Equipos para evaluar la rugosidad	22
2.4.1 Métodos	22
2.4.2 Equipos	24
CAPITULO III “ DETERMINACION DE LA RUGOSIDAD DE UN PAVIMENTO USANDO EL `PERFILÓMETRO ROMDAS Z-250”	32
3.1 Descripción del perfilómetro ROMDAS Z-250	33
3.2 Ensamblaje inicial y configuración	34
3.2.1 Perfilómetro Z-250	35
3.2.2 Componentes del colector de datos	39
3.2.3 Ensamblando el Z-250	40
3.2.4 Preparando PC de bolsillo colector de datos	40
3.2.5 Conectando el Z-250 al colector de datos	40
3.2.5.1 Conexiones	40
3.2.6 Cargando las baterías del Z-250	41
3.2.6.1 Batería del Z-250	41
3.2.6.2 Batería del colector de datos	44
3.3 Instalando el software del Z-250	45
3.3.1 CD de ROMDAS	45
3.3.1.1 Abriendo el CD de ROMDAS	45
3.3.1.2 Software Z-250	46
3.3.2 Instalando el Software Z-250	47
3.3.3 Actualizando el software	49
3.3.3.1 Reinstalación completa	49
3.3.3.2 Reconfigurar la unidad	49
3.4 Configuración y calibración del software Z-250	49
3.4.1 Iniciando el software	49
3.4.1.1 Localizando el programa	49
3.4.1.2 Pantalla de apertura	50
3.4.2 Configuración del software Z-250	51
3.4.2.1 Opciones	51
3.4.2.2 Mediciones	52
3.4.2.3 Resultados de medición con el Z-250	52
3.4.3 Calibración del Z-250	53
3.4.3.1 Nivelando el Z-250	54
3.4.3.2 Midiendo el factor de calibración	56

3.4.3.3	Actualizando los valores de calibración	60
3.4.4	Probando el Z-250	61
3.4.4.1	Posibles problemas	61
3.4.4.2	Probando el Z-250 con la PC de bolsillo	62
3.4.4.3	Probando el Z-250 con una Notebook o con una PC de Escritorio	63
3.4.4.4	Probando energía del Z-250	67
3.5	Metodología para la toma de datos de campo de un perfil de referencia	69
3.5.1	Generales	69
3.5.2	Preparando el Sitio	70
3.5.2.1	Personal	70
3.5.2.2	Seleccionando el Sitio	71
3.5.2.3	Limpiando el Sitio	72
3.5.2.4	Marcando el Sitio	73
3.5.3	Midiendo el Sitio con el Z-250	74
3.5.3.1	Preparación	74
3.5.3.2	Midiendo	76
3.5.3.3	Finalizando la Medición	84
3.5.3.4	Recuperando e Imprimiendo los datos del Levantamiento	86
3.6	Análisis de datos obtenidos con el Perfilómetro ROMDAS Z-250	88
3.6.1	Analizando los datos del Z-250	88
3.6.2	Visualización y Análisis de perfiles de pavimentos con ProVAL	89
3.6.2.1	ProVAL (Profile Viewing and AnaLysis)	89
3.6.2.2	Funciones de ProVAL	90
3.6.2.3	Formato estándar de archivos que utiliza ProVAL	91
3.6.2.4	Instalando ProVAL	91
3.6.2.5	Usando ProVAL	93
3.6.3	Visualización y Análisis de perfiles de pavimentos con Roadruf	106
3.6.3.1	Roadruf	106
3.6.3.2	Instalando el programa	106
3.6.3.3	Archivos	110
3.6.3.4	Corriendo un análisis	111
3.6.3.5	Análisis de la muestra	111
3.6.4	IRI en tramos de carreteras de El Salvador usando el Perfilómetro ROMDAS Z-250	115
3.6.4.1	Carretera San Salvador – Santa Ana	115
3.6.4.2	Boulevard Luís Poma	124
	CAPITULO IV “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES”	130
4.0	Conclusiones	131
4.1	Recomendaciones	132
	Bibliografía	134
	Anexos	135

INTRODUCCION

El presente trabajo de graduación denominado “**DETERMINACIÓN DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL EN PAVIMENTOS USANDO EL PERFILOMETRO ROMDAS Z-250**”, trata sobre el estudio de la regularidad superficial de los pavimentos, específicamente los de concreto asfáltico; además se profundiza en la nivelación, calibración y puesta en marcha del equipo ROMDAS Z-250, para la recolección de datos que se usarán en la obtención del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), el cual se determinará con la ayuda de programas de análisis de perfiles de rodadura.

Este documento consta de cuatro capítulos, los cuales se desarrollan de la manera siguiente: Capítulo I “Anteproyecto”, contiene información de la serviciabilidad de los pavimentos, planteamiento del problema, objetivos, alcances, limitaciones y justificación.

El Capítulo II “Generalidades” describe aspectos importantes sobre los tipos de perfilómetros y clasificación de los mismos dependiendo de la precisión en la toma de datos. Además trata sobre el inicio y desarrollo del concepto Índice de Rugosidad Internacional.

En Capítulo III “Determinación de la rugosidad de un pavimento” acá se detallan los componentes del sistema ROMDAS Z-250, su ensamblaje y manejo en campo para una adecuada toma de datos, posteriormente se presentan los programas de computación con los que se analizan los perfiles de las carreteras medidas, para luego finalizar con la presentación de los resultados obtenidos en las dos carreteras seleccionadas.

Capítulo IV “Conclusiones y Recomendaciones” .

CAPITULO I “ANTEPROYECTO”

CAPITULO I “ANTEPROYECTO”

1.0 ANTECEDENTES.

Históricamente, la comodidad en las carreteras ha sido definida en términos del confort del viaje percibida por el público. Este confort se considera una función de la rugosidad del pavimento. En los últimos años, se ha invertido una considerable cantidad de esfuerzo y dinero para poder medir la rugosidad de los pavimentos con propósitos de administración de las carreteras.

CONCEPTO DE SERVICIABILIDAD.

La serviciabilidad es la percepción que tienen los usuarios del nivel de servicio del pavimento. Es por ello que la opinión de ellos debe de ser medida para calificar la serviciabilidad.

La medición de la calidad de un pavimento presenta una dificultad conceptual porque depende de la evaluación que se realice, si lo que interesa es la situación estructural, o bien la condición funcional de su superficie. Aunque este se tenga resuelto, si no se utilizan herramientas o metodologías estandarizadas de evaluación, los resultados no serán comparables con las mediciones hechas por otra persona, ni entre un pavimento y otro. Para resolver esta dificultad los investigadores Carey e Irick desarrollaron para la prueba AASHO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales, por sus siglas en inglés y debido a que en aquel entonces no estaba integrado el departamento del transporte de EE.UU. a esta organización).

Estos investigadores desarrollaron en el año 1959 un procedimiento cuyas suposiciones básicas son las siguientes:

- ❖ El pavimento debe proporcionar confort y seguridad al usuario
- ❖ El confort y calidad de rodado es un aspecto subjetivo o de opinión del usuario.
- ❖ La serviciabilidad puede determinarse a partir del promedio de las evaluaciones de todos los usuarios. Este promedio da origen al índice Rango de Serviabilidad Presente (PSR), el cual por naturaleza tiene carácter subjetivo.
- ❖ Hay algunas características físicas del pavimento que pueden medirse objetivamente, entre estas están: Regularidad, agrietamiento, baches, ahuellamiento y que pueden relacionarse con las evaluaciones subjetivas. Este procedimiento permite obtener un Índice de Serviabilidad Presente (PSI).
- ❖ El comportamiento del pavimento puede ser representado por la historia de la serviciabilidad de dicho pavimento.

El procedimiento de medición de la serviciabilidad que se utiliza actualmente en gran parte del mundo fue derivado precisamente de los resultados de la prueba AASHO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales), más otras incorporaciones y modificaciones que se han ido agregando en los últimos 30 años. Se definió una escala de 0 a 5. En ella una evaluación de 5 (cinco) significa una superficie perfecta, mientras que una nota 0 (cero) significa intransitable.

La siguiente tabla muestra la escala de evaluación:

Tabla 1.1 ESCALA DE CALIFICACION DE LA SERVICIABILIDAD SEGÚN AASHO (AASHO 1962).

Calificación Numérica	Condición	Descripción
De 0.0 a 1.0	Muy mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75% o más de la superficie.
De 1.0 a 2.0	Mala	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas. El deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento, ahuellamiento, y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconche de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
De 2.0 a 3.0	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamiento, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos pueden incluir fallas en las juntas, agrietamiento, escalonamiento y bombeo.
De 3.0 a 4.0	Buena	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los "Los Muy Buenos", entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y figuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un leve deterioro superficial, como desconches y fisuras menores.
De 4.0 a 5.0	Muy Buena	Solo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son lo suficientemente suaves y sin deterioro para clasificar dentro de esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasificarán como muy buenos.

Fuente: GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL 2ª Ed. Ampliada, De SOLMINIHAC T., Hernán .Sección 6.1 Pág. 85

CALIFICACION DE LA SERVICIABILIDAD

La metodología consiste en que se selecciona un grupo de personas para formar un panel evaluador, que representa a la población de usuarios. Este panel evalúa un conjunto preseleccionado de tramos de acuerdo a las instrucciones que se les da. Cada miembro de este panel expresa su opinión propia y subjetiva acerca de la calidad de rodado de cada tramo y la expresa en cada cartilla especialmente diseñada. En la prueba AASHO cada evaluación personal es llamada IPSR, (Rango de Serviabilidad Presente Individual) y con el promedio de estos IPSR se obtiene el PSR (Rango de Serviabilidad Presente) de cada tramo.

Adicionalmente se estima de interés el que los miembros del cuerpo calificador den su opinión global en el sentido de encontrar aceptable o no el estado del pavimento, siempre desde el punto de vista de usuario del camino, porque así es posible determinar el umbral de serviabilidad final.

El la figura siguiente se esquematiza el formulario de calificación empleado en la experiencia AASHO.

ACEPTABLE		CALIFICACION
		5...
SI		MUY BUENO
		4...
NO		BUENO
		3...
INDECISO		REGULAR
		2...
		MALO
		1...
		MUY MALO
		0...
Identificación del tramo: _____		
Calificación del tramo: _____		
Fecha : _____		Hora: _____

Figura 1.1 Formato de calificación AASHO, AASHO 1962

Fuente: GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL 2ª Ed. Ampliada, De SOLMINIHAC T., Hernán

Sección 6.1.1 Pág. 86

a) Expresión analítica del índice de serviciabilidad

Las ecuaciones originales del PSI (Índice de Serviciabilidad Presente) para pavimentos de asfalto desarrolladas en la prueba AASHO se muestran en las siguientes ecuaciones (AASHTO. 1993).

$$\text{Asfalto PSI} = 5.03 - 1.91 * \log (1 - SV) - 1.38 * (RD)^2 - 0.01 (C-P)^{1/2}$$

Donde:

SV	=	Varianza de la pendiente longitudinal (Slope Variante)
		medida con un Perfilómetro CHOLOE Rad
RD	=	Ahuellamiento promedio en pavimentos de asfalto. m
C	=	Superficie agrietada $\text{pie}^2 / 1000 \text{ pie}^2$
P	=	Superficie bacheada $\text{pie}^2 / 1000 \text{ pie}^2$

En los años 70`S El Banco Mundial (World Bank) financió diferentes programas de investigación, uno de ellos relacionado con la calidad de las vías y los costos de los usuarios, determinando que los datos de regularidad superficial de diferentes partes del mundo no se podían comparar; debido a que las mediciones fueron realizadas con equipos y métodos que no eran estables en el tiempo.

La existencia de dicha situación, motivó al Banco Mundial a desarrollar el proyecto International Road Roughness Experiment (IRRE), en Brasil en el año de 1982, en la cual participaron equipos de investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, Estados Unidos y Bélgica, donde se realizó la medición controlada de la regularidad superficial de pavimentos para un número de vías bajo diferentes condiciones y por una variedad de instrumentos y métodos. A partir de dicho proyecto se seleccionó un parámetro de medición de la regularidad superficial, el cual satisface completamente los criterios de ser estable en el tiempo, transferible y relevante,

denominado “**Índice de Rugosidad Internacional**” (IRI; **International Roughness Index**), por sus siglas en inglés. El IRI se aceptó desde 1986 por el Banco Mundial como estándar de medida de la regularidad superficial de un camino. Dicho índice es la sumatoria en valor absoluto, de los desplazamientos verticales a lo largo de un intervalo de distancia dividido entre la longitud del mismo.

En la actualidad el IRI es uno de los controles de recepción mas importantes, relacionados con el nivel de regularidad de los pavimentos, que se refleja en el nivel de comodidad, seguridad y costos de operación para los usuarios; así como disminución de los efectos dinámicos en el pavimento.

En El Salvador se determina en base a la especificación ASTM E-1926-98, “Standard Practice for Computing Internacional Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements”, dicha especificación indica una serie de parámetros para determinar el IRI los cuales serán tratados en el desarrollo del presente trabajo.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En El Salvador, una de las formas para buscar el crecimiento económico es el desarrollo de las vías de comunicación terrestre, específicamente las carreteras.

Actualmente se lleva en el país una serie de proyectos de esta naturaleza, que incluye el mantenimiento y reconstrucción de carreteras existentes y en muchos casos la apertura de vías. Debido a esto, se hace necesario el uso de tecnología adecuada que permita dar soluciones eficientes en el mejoramiento de las carreteras. Uno de éstos, es el deterioro y deformación de la capa de rodamiento por lo que se desarrollan planes de trabajo, ya sea mantenimiento rutinario o mantenimiento permanente, reconstrucción de la vía y en último caso la construcción de una nueva.

Debido a esto se hace necesario medir el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de los pavimentos asegurando así el buen funcionamiento de la carretera, que brinde el confort necesario para los usuarios y minimizar el daño de los vehículos.

Actualmente se cuenta con equipos de alta tecnología que de una forma rápida determinan el estado de las carreteras, pero dichos equipos son de alto costo para las empresas constructoras; a la fecha en el país solamente la dependencia del Ministerio de Obras Públicas y una empresa privada cuentan con dicho equipo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Obtener el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en pavimentos asfálticos utilizando el perfilómetro ROMDAS Z-250.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- En un tramo de carretera nuevo o recién construido, con superficie de rodadura asfáltica, determinar la rugosidad y relacionarla con el IRI (Índice de Rugosidad Internacional).
- En un tramo de carretera en servicio, con superficie de rodadura asfáltica, determinar la rugosidad y relacionarla con el IRI (Índice de Rugosidad Internacional).

1.3 ALCANCES

- Elaboración de un estudio para determinar el estado de confort de un tramo de carretera con superficie de rodadura asfáltica en El Salvador, mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), que es el parámetro para uniformizar los resultados y compararlos con las especificaciones internacionales para la construcción de carreteras, tales como ASTM E 1926-98
- Implementación del Perfilómetro ROMDAS Z-250 en la obtención del Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

1.4 LIMITACIONES

Para el desarrollo de la presente investigación hay ciertos aspectos que limitan la ejecución de las etapas que conllevan a la realización de la misma. Dentro de estos puntos se puede mencionar los siguientes:

- Falta equipo para señalización.
- Consideración de horas de bajo tráfico vehicular para seguridad de los operadores.
- Esta investigación solo comprende mediciones de rugosidad en pavimentos asfálticos, debido al corto tiempo con el que se cuenta para desarrollar el estudio no se incluirán los pavimentos de concreto hidráulico.
- Longitud de tramos a ensayar de 200 m.

1.5 JUSTIFICACION

El IRI (Índice de Rugosidad Internacional) debe de implementarse en todo el país, ya que es un requisito obligatorio de calidad del pavimento terminado. Existen muchos equipos para calcular el IRI de un pavimento, desde el más sofisticado hasta el más sencillo, encontrándose el ROMDAS Z-250 entre estos, en donde utilizarlo permite obtener las siguientes ventajas:

- ❖ Equipo de alta tecnología
- ❖ Práctico
- ❖ Económico
- ❖ Datos confiables.

Algunas de estas características se encuentran en aparatos sofisticados, que sólo la dependencia estatal del Ministerio de Obras Públicas (UIDV-MOP) posee y una empresa privada que lo utiliza a nivel centroamericano.

Por lo tanto, para hacer de estos tipos de medición algo rutinario y accesible es que se propone el uso de perfilómetros de bajo costo como el ROMDAS Z-250, que permitan cumplir con los estándares internacionales a un costo accesible.

CAPITULO II “GENERALIDADES”

CAPITULO II “GENERALIDADES”

2.0 SUMARIO

La evaluación estructural y funcional del pavimento son actividades distintas pero complementarias, por ejemplo un pavimento puede tener buena capacidad estructural; sin embargo, situaciones como escalonamientos de juntas, puede significar que la capacidad funcional de la vía es deficiente.

También un pavimento puede tener una buena capacidad funcional, pero el hecho de que existan grietas, piel de cocodrilo, representa que la capacidad estructural es deficiente.

En base a lo anterior, se debe destacar que la serviciabilidad de pavimento no corresponde a una evaluación funcional completa, sino que a una parte de ésta, y que actividades como la auscultación de pavimento, la resistencia al deslizamiento también son parte de la evaluación funcional de una vía.

2.1 COMPORTAMIENTO DE UN PAVIMENTO

La evaluación del comportamiento del pavimento implica ineludiblemente estudiar la respuesta funcional de un tramo o sección de camino. Para analizar este comportamiento funcional del pavimento se necesita información de la calidad de rodadura durante el periodo en estudio y de los datos históricos del tránsito que ha estado solicitando el pavimento durante ese periodo.

La historia del deterioro de la calidad de rodadura o nivel de servicio es lo que se define como curva de comportamiento del pavimento. La cual se muestra en al siguiente Figura 2.1

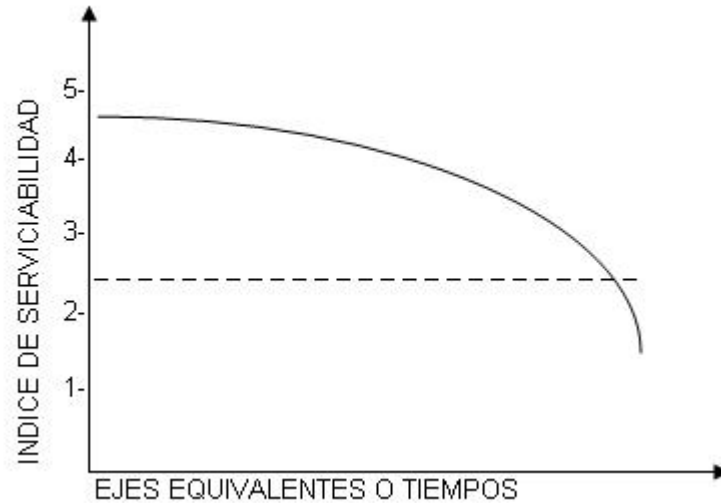


Fig. 2.1 Curva de Comportamiento de un pavimento.

Fuente: GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL 2ª Ed. Ampliada, De SOLMINIHAC T., Hernán

Sección 6.1.3 Pág. 90

El índice de serviciabilidad se registró periódicamente para cada uno de los circuitos de pruebas de la experiencia AASHO, durante todo el tiempo en que ésta se realizó. Este registro constituyó la historia del comportamiento del pavimento desde su puesta en servicio hasta el fin de la prueba, reflejada en un indicador único que incluyendo parámetros del deterioro físico estima el nivel de servicio del usuario en cada momento de la prueba.

Como puede apreciarse, si bien el concepto original de serviciabilidad y su calificación por parte del usuario son claramente subjetivos, es posible pasar luego a la idea de un índice de serviciabilidad que medido en términos cuantitativos, representa esa misma capacidad de servir del pavimento al usuario.

Finalmente es posible determinar una relación que explica la evolución del índice de serviciabilidad en función de las características de diseño de un pavimento y las cargas solicitantes. Esta información empírica forma la base de las ecuaciones de diseño estructural desarrolladas a partir de la prueba AASHO.

2.2 CARACTERIZACION DE LA RUGOSIDAD DE LOS PAVIMENTOS

La rugosidad se define como las irregularidades en la superficie del pavimento que afecta adversamente a la calidad de rodado, seguridad y costo de operación del vehículo. En las ecuaciones para el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI). La medida de rugosidad indicada por la variación de la pendiente SV (Slope Variance), domina los valores estimados de serviciabilidad. En la práctica esto significa que la rugosidad tiene el mayor efecto en la evaluación de los usuarios que califican la calidad de rodado. Por eso aún cuando las ecuaciones contienen términos relacionados con el deterioro visual muchos investigadores y agencias viales relacionan directamente el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), con mediciones de rugosidad. Uno de los problemas con los que se encuentran los técnicos a la hora de valorar la calidad y comodidad de la rodadura de los vehículos y de comparar experiencias entre países, es la gran diversidad de técnicas, equipos e indicadores existentes en cada país.

Como consecuencia de ello se planteó a nivel internacional el interés de desarrollar un índice único y común al que referirse, que fuera independiente de equipo o técnicas de obtención de la geometría del perfil y que además representará significativamente el conjunto de las percepciones de los usuarios circulando en un vehículo a una velocidad media. Estas necesidades dieron lugar a la elaboración del experimento internacional denominado IRRE

(International Road Roughness Experiment). Uno de cuyos frutos fue el desarrollo del concepto, definición y medida de cálculo IRI.

Los diversos métodos existentes para medir la regularidad superficial fueron agrupados en cuatro categorías, clasificando los métodos de evaluación en base a uno a cuán directamente su medición se aproxima al IRI.

2.3 INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL

El IRI es un indicador estadístico de la regularidad superficial del pavimento, al igual que otros indicadores representa la diferencia entre el perfil longitudinal teórico (recta o parábola continua perfecta. $IRI = 0$) y el perfil longitudinal real existente en el instante de la medida.

El perfil real de una carretera recién construida tiene un estado cero, definido por su IRI inicial > 0 , debido a condicionantes constructivos. Una vez puesta en servicio en la geometría del pavimento se modifica lentamente en función del paso del tránsito evolucionando hacia valores más elevados del IRI (mayores irregularidades).

El IRI se determina mediante un cálculo matemático realizado con las coordenadas o cotas de una línea del perfil longitudinal obtenidas por cualquier técnica o equipo de medida del perfil longitudinal.

Las consideraciones más importantes sobre el IRI son:

- ❖ Su principal ventaja está en que el IRI es un modelo matemático cuyo resultado es independiente de la técnica o equipo con el que se haya obtenido el perfil.

- ❖ Para el cálculo del IRI es importante considerar la representatividad de las coordenadas que se introducen, es decir, la confiabilidad de la técnica o equipo con el que se obtiene el perfil y la frecuencia del muestreo del mismo.
- ❖ La precisión de los equipos de medida de la regularidad superficial es uno de los temas más delicados y complejos que decidir y valorar.

En la actualidad como resultados de las investigaciones en Brasil será reemplazado el uso de la varianza de la pendiente longitudinal (SV) como medida de la rugosidad, por el IRI que es ampliamente aceptado y utilizado en todo el mundo.

2.3.1 DESARROLLO DEL CONCEPTO DE IRI

La definición del IRI se establece a partir de conceptos asociados a la mecánica y vibración de sistemas dinámicos; en base a ella un vehículo se puede modelar simplificadaamente, por un conjunto de masas ligadas entre sí y con la superficie de la carretera mediante resortes y amortiguadores.

El movimiento sobre el perfil de la carretera produce deslizamientos, velocidades y aceleraciones en las masas. Todo el sistema queda regido por la 1ª ley de Newton: fuerza = Masa x Aceleración.

La importancia de este concepto va directamente relacionada con el comportamiento del pavimento en su vida útil. En la figura 2.2 se puede observar cómo un pavimento con IRI más bajo puede soportar muchos más vehículos que uno con mayor IRI inicial.

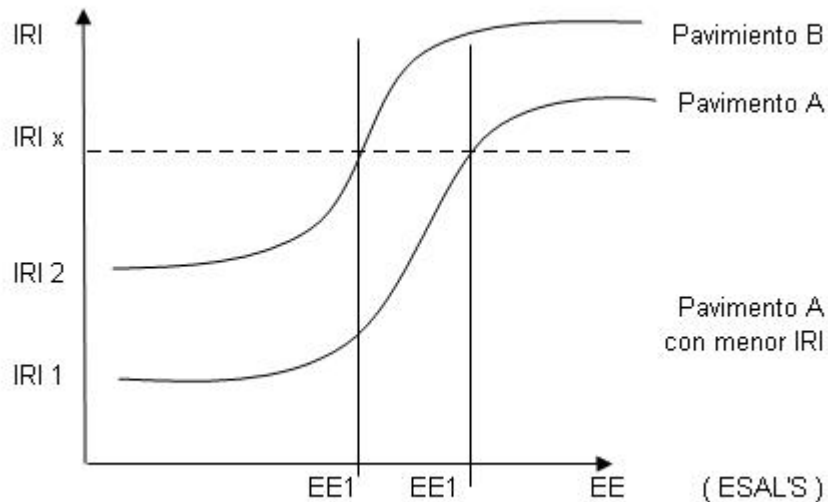


Figura 2.2 Curvas del IRI para pavimentos con IRI inicial distintos

Fuente: GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL 2ª Ed. Ampliada, De SOLMINIHAC T., Hernán

Sección 6.3.1 Pág. 95

2.3.2 DEFINICION DE IRI

Paterson, en 1986, define en IRI como: " El IRI resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie del camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la rugosidad del camino en un auto de pasajeros típicos, esta definido por el valor de referencia de la pendiente promedio rectificadas (RARS80. Reference Average Rectified Slope, razón entre el movimiento acumulado de la suspensión y la distancia recorrida) producto de la simulación del modelo del cuarto del carro, RQCS, (su Reference Quarter Car Simulation), para una velocidad

de desplazamiento de 80 Km/h. Es calculado a partir de las elevaciones de la superficie medidas mediante un levantamiento topográfico o perfilometría".

El IRI es la acumulación del movimiento entre la masa amortiguada y la no amortiguada cuando se simula el paso del modelo del cuarto del carro auténticamente llamado R. T. R. R. M. S. (Response Type Road Roughnes Measuring System), normalizado por el largo del perfil. El IRI también llamado por su nombre técnico RARS₈₀ definido en forma más completa por Sayers en 1995 debe cumplir con las siguientes cinco condiciones:

- ❖ Es calculado a partir de un solo perfil. El intervalo de muestreo del perfil debería ser menor a 300 mm para cálculos precisos. La resolución requerida depende del nivel de rugosidad, necesitándose resoluciones más finas para pavimento más liso. Una resolución de 0.5 mm en la obtención del perfil es apropiada para todas las condiciones.
- ❖ Se asume que el perfil tiene una pendiente constante entre puntos contiguos de elevación.
- ❖ El perfil es primero suavizado mediante el uso de medias móviles cuyo largo base es de 250 mm. Esto es realizado por dos motivos: La idea es simular el comportamiento de la envolvente de los neumáticos y reducir la sensibilidad de la simulación del cuarto de carro al espaciamiento de muestreo del perfil longitudinal.
- ❖ El perfil suavizado es filtrado utilizando la simulación del cuarto de carro RQCS (Reference Quarter Car Simulation), con sus parámetros específicos a una velocidad de 80 km/h.

- ❖ El movimiento de la suspensión simulada es acumulada y dividida por el largo del perfil para así obtener el valor de IRI. Es de esta forma que el IRI es expresado generalmente en unidades m/km o in/mi.

2.3.3 ASPECTOS A TOMAR EN CUENTA EN EL CÁLCULO DEL IRI.

Si se cuenta con el IRI calculado de dos secciones contiguas, el IRI sobre la sección que es la suma de dos es simplemente el promedio de los IRI de cada sección. A una velocidad de simulación de 80 km/h, la inicialización afecta las respuestas del modelo del cuarto de carro. La mejor forma de tratar con este problema es comenzar a medir el perfil 20m antes la sección a evaluar. El cálculo del IRI es linealmente relacionado con las variaciones en el perfil, es decir, si las elevaciones del perfil aumentan al doble el resultado del cálculo del IRI también aumentara al doble.

En IRI está definido como una propiedad de un sólo perfil longitudinal, por lo tanto si se desea establecer un valor por pista se deberían establecer criterios de cuantos perfiles tomar, generalmente se toman los perfiles en ambas huellas de cada pista para así derivar un valor por pista.

Los sitios de prueba utilizados en el desarrollo del concepto de IRI contaban con un largo mínimo de 320m. El IRI puede ser calculado sobre cualquier longitud de camino; sin embargo, los usuarios deben entender que el cálculo del IRI depende altamente sobre qué longitud es acumulado. Es fundamental entender la relación que existe entre variación de rugosidad a lo largo del camino y el largo del camino sobre cuál la rugosidad es promediada.

Dependiendo del tipo de superficie, el perfil cambia con la temperatura por lo cual es recomendable especificar claramente las condiciones para efectuar las medidas e informarlas junto con el valor IRI.

2.4 METODOS Y EQUIPOS PARA EVALUAR LA RUGOSIDAD

2.4.1 METODOS

CLASE 1. PERFILES DE PRECISIÓN.

Esta clase representa los más altos niveles de precisión para medir el IRI. Un método clase uno requiere que el perfil longitudinal de una huella sea medida en forma precisa y que sea definido por medio de una serie de elevaciones en puntos separados a una pequeña distancia.

Los métodos de medición que cumplen con esta clase proporcionan medidas de tan alta calidad que la reproducibilidad del valor numérico del IRI no podría mejorarse. Aunque esta definición parezca a primera vista referirse a un ideal inalcanzable, normalmente hay límites prácticos para la repetitividad que se puede obtener, que se deben a la imposibilidad de medir repetidamente la rugosidad siguiendo exactamente la misma huella de rueda.

Por sus bajos rendimientos y excesiva exactitud, comparada con la incertidumbre de la trayectoria recorrida, los métodos estáticos no se aconsejan como adecuados para grandes auscultaciones sino más bien para calibración de otros equipos. Los perfilómetros dinámicos de esta clase son capaces de obtener medidas de gran calidad y a alta velocidad, sin requerir esfuerzos considerables de calibración y mantenimiento, aunque tiene una desventaja de ser

los sistemas de instrumentos más costosos y complejos y en general requieren operadores que hayan tenido formación técnica apropiada.

CLASE 2. OTROS MÉTODOS PERFILOMÉTRICOS.

Este grupo incluye otros métodos que basan el cálculo del IRI en la medida del perfil longitudinal, pero que no tienen la exactitud de los de clase 1. Esta clase también comprende medidas tanto con perfilómetros de alta velocidad como con métodos estáticos que no satisfacen los criterios de precisión y exactitud como para ser considerados de clase uno.

En la actualidad existen en el mercado perfilómetros clase uno y clase dos que tienen convalidada su eficiencia en toda la gama de irregularidades y longitudes de onda requeridos para medir IRI.

CLASE 3. ESTIMACIONES DEL IRI MEDIANTE CORRELACIONES.

Las medidas obtenidas con los aparatos de este tipo dependían fuertemente de las características dinámicas de cada vehículo y era necesario transformar las medidas recogidas por estos sistemas para obtener coeficientes comparables con el IRI. Así los valores de la pendiente media rectificadora obtenida debían ser corregidos y convertidos a la escala IRI mediante ecuaciones de correlación que se conseguían calibrando experimentalmente cada uno de los aparatos con algunos de los sistemas de las clases 1 o 2.

CLASE 4. VALORACIONES SUBJETIVAS Y MEDIDA SIN CALIBRAR.

Hay ocasiones en las que por condiciones económicas o de otro tipo sólo se necesita conocer aproximadamente el estado de la uniformidad superficial de un pavimento. A pesar de ello es deseable relacionar la medida de la regularidad superficial a la escala del IRI. En estos casos se puede utilizar un aparato tipo respuesta sin calibrar para tener una estimación del estado del camino, o bien se puede valorar este estado mediante las sensaciones del confort y seguridad que experimenta una persona experta en la materia a circular por dicho camino.

La conversión de estas observaciones a la escala IRI se limita a una equivalencia aproximada que se asocia a unas descripciones estándar del estado del pavimento en función del valor IRI. Estas medidas u observaciones se consideran de clase 4.

2.4.2 EQUIPOS

Existen dos grupos principales de perfilómetros: los dinámicos y los estáticos.

- ❖ Los perfilómetros dinámicos proporcionan perfiles a gran velocidad que aunque no son réplica exacta del perfil longitudinal del camino (filtran las componentes del perfil con longitudes de onda inferiores y superiores a ciertos valores) si son exactos en la zona de longitudes de onda que influyen en la regularidad superficial.

- ❖ Los sistemas estáticos de precisión consiguen las medidas más exactas del perfil longitudinal. Sin embargo su bajo rendimiento los hace inadecuados para estudios que no sean muy especiales, como los de investigación o en países en que la mano de

obra será muy barata. Los métodos pseudo-estáticos no suelen ser mucho más rápidos que los anteriores y además producen medidas que no son muy indicativas del perfil longitudinal.

A continuación se describen brevemente algunos equipos que se utilizan en la medición del perfil, separados en sus diferentes categorías.

a) EQUIPO DINÁMICOS.

Perfilógrafos: Han sido ampliamente utilizados en la evaluación de la regularidad o lisura de pavimentos de hormigón durante la construcción. Existen muchos diseños de estos equipos operando bajo el mismo principio. El aparato consiste en un conjunto de patines con una rueda al centro que posee libertad de movimiento vertical. Dicho movimiento vertical, relativo a las ruedas, queda registrado en una planilla continua los Perfilógrafos (Figura 2.3) han sido desarrollados por los departamentos de carretera de California y Texas y por el laboratorio de investigaciones de caminos en Inglaterra. El número y ordenamiento de los patines así como el largo del equipo son las principales diferencias de diseño entre unos y otros. Las ventajas de los Perfilógrafos incluyen su bajo costo inicial, simplicidad de operación y una buena repetir repetitividad. Sus desventajas son su baja velocidad de operación y su incapacidad para medir rugosidad en longitudes de onda iguales a múltiplos del largo del patín.



Figura 2. 3 Perfilógrafo California Modelo CS8500H

Perfilómetro inercial APL: El analizador de perfiles longitudes (APL) del Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) de Francia ha sido preconcebido para hacer evaluaciones continuas con gran velocidad de 100 a 300 km de carretera al día. El APL consiste en un remolque especial con una rueda de bicicleta, un chasis con lastre y un péndulo inercial especial de baja frecuencia que sirve como referencia pseudohorizontal (Figura. 2.4) el remolque se ha diseñado de manera que sea insensible a los movimientos debidos a la tracción del vehículo y sólo detecta el perfil de la trayectoria recorrida por la rueda en una banda de frecuencia comprendida entre 0.5 y 20 Hz.

Cuando se remolca el instrumento una velocidad constante entre 50 y 100 km/h detectan la rugosidad en todos los valores de longitud de onda que requiere el IRI. La banda real de longitudes de onda detectada por el remolque APL depende de la velocidad de avance: puede detectar longitudes de onda de hasta 100m cuando se le remolca a 150 km/h. O están reducidas como 0.3m cuando se lo remolca a 21.6 km/h. El remolque APL es el único perfil o metros de alta velocidad que ha demostrado su capacidad para medir el IRI en toda la gama de rugosidad, incluso en caminos sin pavimentar.



Figura 2.4 El Analizador de Perfiles Longitudinales (APL)

Fuente: <http://revistaing.uniandes.edu.co/pdf>

Perfilómetros inerciales: Estos perfilómetros son la versión moderna del perfil o metro inercial tipo G. M. R. (de General Motor Research) producido en la década de los 60. Consiste en un furgón o Van con instrumentos que miden los perfiles en ambas huellas de rodadura al conducirse a lo largo de un camino. La referencia inercial se consigue con acelerómetros verticales. La distancia hasta la superficie, determinada en un principio mediante un sistema mecánico con ruedas de seguimiento se hace actualmente con sensores sin contacto con el pavimento (ópticos, acústicos o láser, según el modelo) las señales del acelerómetro se integran dos veces para determinar la oposición del cuerpo del perfilómetro. Cuando esta señal se añade a la señal de posición del seguidor de carretera, se obtiene el perfil. A continuación se muestra un perfil o metro láser de última generación (Figura 2.5).



Figura 2.5 Perfilómetro Láser.

b) EQUIPOS DE MEDICIÓN ESTÁTICOS.

Levantamientos con miras a nivel: el método más conocido para medir perfil es el que emplea el equipo tradicional de topografía. Consiste en una mira de precisión marcada en unidades convenientes, un nivel de anteojo que se utiliza para establecer la cota horizontal de referencia y una cinta usada para marcar la distancia longitudinal a lo largo de la huella de la rueda. Es un equipo que se consigue fácilmente a bajo costo, pero requiere muchas horas hombre y en general es mejor usarlo sólo cuando se deben medirse unos pocos perfiles.



Figura 2.6 Levantamientos con miras a nivel.

Perfilómetros de barra del TRRL:

Es un perfilómetro de barra automático desarrollado por el Transport and Road Research Laboratory (TRRL) que pueden reducir considerablemente el trabajo de levantamientos requerido para la medición del perfil. Dos personas pueden medir alturas con intervalos de 100mm sobre dos huellas de rodadura de 320m de longitud en unas dos horas aproximadamente 25,000 cotas de altura en un día de ocho horas. El instrumento fue proyectado teniendo presente el medio de trabajo en los países en desarrollo por lo cual se ha hecho hincapié en hacerlo portátil sólido y totalmente integrado.

Consiste en una barra de aluminio de 3 m de longitud apoyada en cada extremo sobre trípodes ajustables usados para la nivelación. Un carro que se desliza sobre la barra hace contacto con el suelo mediante una rueda seguidora de 250mm de diámetro mientras recorre la barra en toda la longitud. Los instrumentos de medida instalados en el carro detectan los desplazamientos verticales, los mínimos y transforman las medidas en valores digitales con 1 mm de resolución y registran los valores numéricos a intervalos constantes. Para obtener un perfil continuo de la huella de la rueda, la barra se reubica sucesivamente sobre segmentos consecutivos. El instrumento contiene un microprocesador que almacena los datos que cinta magnética y calcula automáticamente un índice de rugosidad.

Face Dipstick: originalmente desarrollado para medir irregularidades particulares en losas de edificios. Consiste en un acelerómetro montado en una estructura con pequeños apoyos separados 300mm. Posee un mango que permite hacer " caminar " al Dipstick a lo largo de la huella a medida que pivotea en cada uno de sus pequeños apoyos y va rotando en 180 grados. Un microprocesador incorporado al Dipstick graba y permite calcular resúmenes estadísticos de

la rugosidad. Un acelerómetro mide la inclinación del aparato. Conociendo la inclinación y la separación entre los apoyos, es posible determinar la diferencia de altura entre ellos.

El rendimiento de las mediciones del Dipstick puede sobrepasar los 250m por hora en una sola huella. Las ventajas de este dispositivo son su bajo costo inicial y su simplicidad de operación. Aunque es más rápido que medir con mira y nivel de principales despertadas sigue siendo la lentitud. El Dipstick es aplicable especialmente para la evaluación de secciones cortas de pavimento o para la calibración de aparatos tipo respuesta.



FIGURA 2.7 FACEDIPSTICK

MERLIN (Machine for Evaluating Roughness using Low cost Instrumentation)

Consiste de una estructura metálica de 1.8m de longitud, con una rueda al frente, un pie de apoyos fijo atrás y un apoyo central oscilante (Fig. 2.8). Este último mide las desviaciones de cota de un punto respecto en la rasante que definen los otros dos puntos.

El apoyo central unido a un brazo que en su extremo superior posee un puntero que permite registrar estas desviaciones en una planilla de papel.



Fig. 2.8 MERLIN (Machine for Evaluating Roughness using Low cost Instrumentation)

CAPITULO III

**“DETERMINACION DE LA RUGOSIDAD DE UN
PAVIMENTO USANDO EL PERFILÓMETRO
ROMDAS Z-250”**

CAPITULO III “DETERMINACION DE LA RUGOSIDAD DE UN PAVIMENTO USANDO EL PERFILÓMETRO ROMDAS Z-250”

3.1 DESCRIPCION DEL PERFILOMETRO ROMDAS Z-250.

El Perfilómetro ROMDAS Z-250 ha sido desarrollado por Data Collection Ltd (DCL) para medir perfiles de referencia exactos en pavimentos, por el Ing. Paul Hunter en Nueva Zelanda . Estos perfiles se analizan para establecer la rugosidad en IRI m/km. El Z-250 lo forman la unidad de medición y una PC Portátil de Bolsillo, que funciona como el Colector de Datos (Data Logger). La unidad de la medición contiene una batería y un inclinómetro de precisión junto con circuito de carga y encendido. El inclinómetro hace salir una señal en serie que es registrada y procesada por el Colector de Datos o Data Logger.

Se almacenan los datos y, opcionalmente, se pueden descargar a una PC para el análisis adicional usando el software **ProVAL** o el **Roadruf**.



Fig. 3.1 Perfilómetro Z-250 con Colector de Datos.

3.2 ENSAMBLAJE INICIAL Y CONFIGURACION.

El Z-250 esta compuesto de dos elementos: Sistema Z-250 y Colector de datos o datos logger los cuales se muestran a continuación en las siguientes figuras.

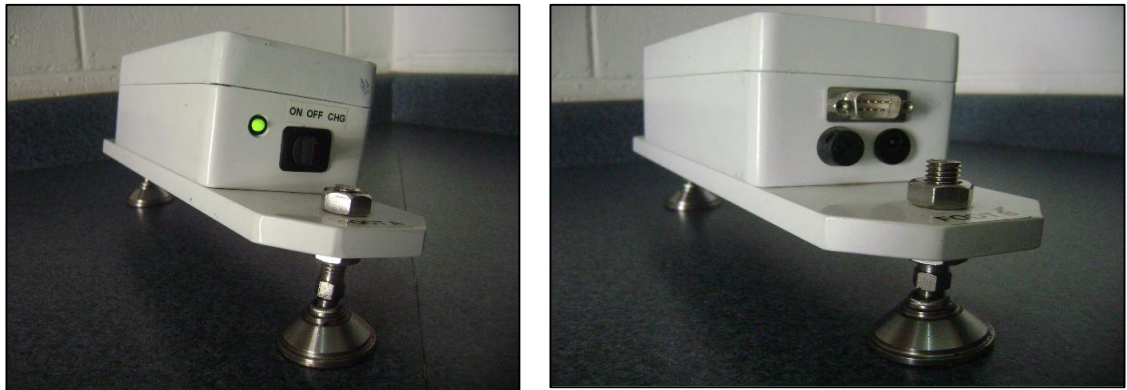


Fig. 3.2 Sistema Z-250



Fig.3.3 Colector de Datos o Data Logger.

Componentes del Sistema Z-250. Cada uno de ellos se describe a continuación.

3.2.1 PERFILÓMETRO Z-250

Los siguientes componentes deben ser provistos con el Z-250:



Fig. 3.4 Compartimiento



Fig. 3.5 Manual Z- 250 (Portada)



Fig. 3.6 Unidad Z-250

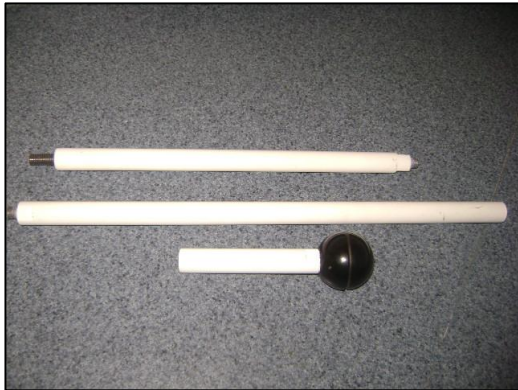


Fig. 3.7 Manecilla Z-250 en tres piezas

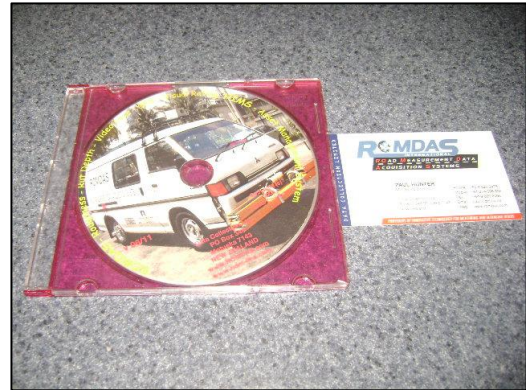


Fig. 3.8 Software Z-250.

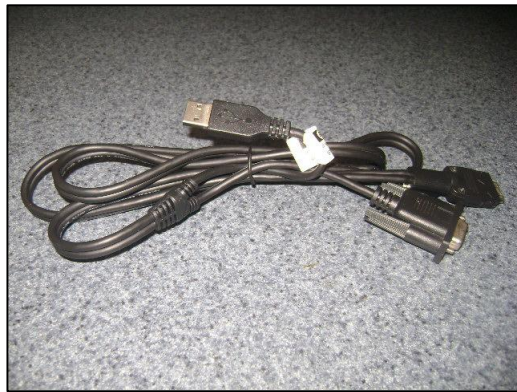


Fig.3.9 Cable de Comunicación desde el Z-250 hacia el Colector de Datos (Autosync Cable)

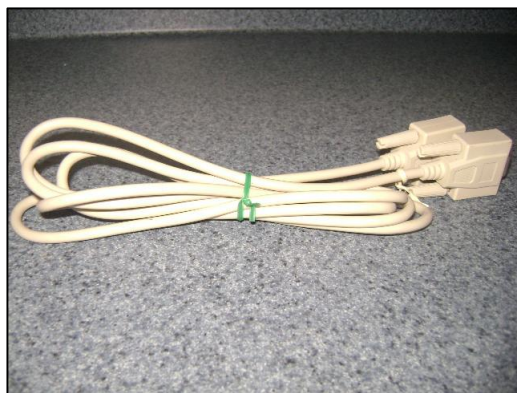


Fig. 3.10 Cable de Comunicación desde el Z-250 hacia la PC (Null Módem Cable)



Fig. 3.11 Cargador de Batería 12 Voltios (Con adaptador para cargar en un vehículo)

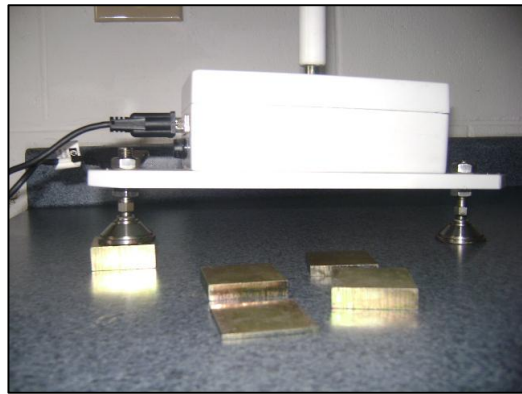
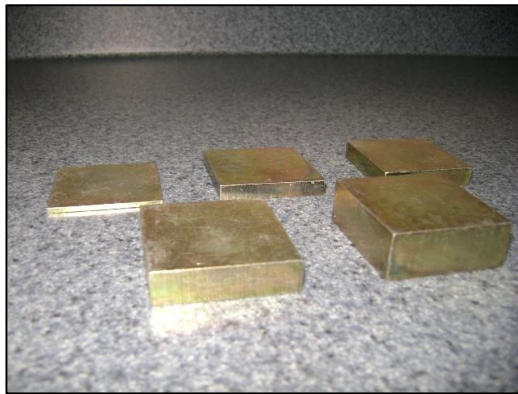


Fig. 3.12 Calzas de Calibración

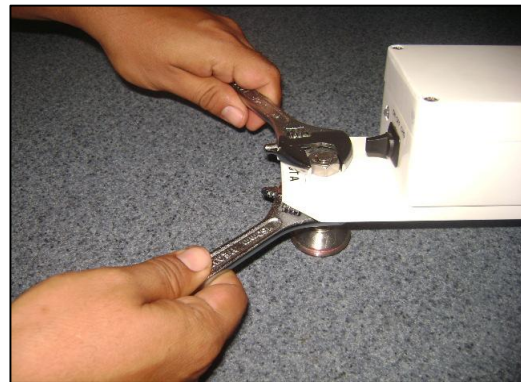


Fig. 3.13 Llaves para ajustes de pies



Fig. 3.14 Multímetro (Multitester)



Fig. 3.15 Aceitera para lubricación de pies



Fig. 3.16 Audífonos para escuchar las señales emitidas por el Z-250 en el campo.



Fig. 3.17 Nivel de Burbuja.

Además:

- ❖ Papel adhesivo para fricción de pies
- ❖ Chaleco de seguridad de alta visibilidad

3.2.2 COMPONENTES DEL COLECTOR DE DATOS.

El Z-250 usa una PC de bolsillo como colector de datos. El Z-250 funcionaría con una variedad de PC de bolsillo, pero el Sistema suministra una HP iPAQ. Lo siguiente debería estar incluido con el Colector de Datos:

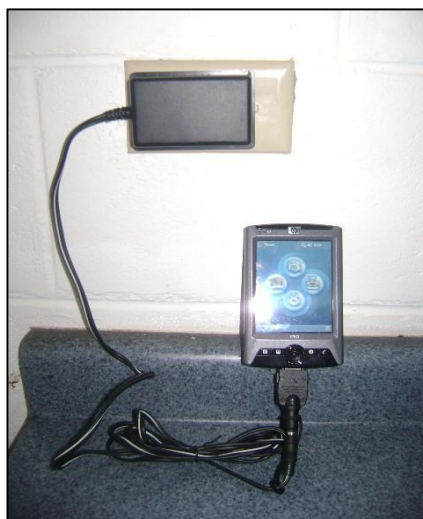


Fig. 3.18 Colector de Datos iPAQ



Fig. 3.19 Base con conexión RS-232 y USB

Además:

- ❖ Adaptador para energía AC
- ❖ Adaptador de 12 Voltios, para automóvil
- ❖ Software para la PC de bolsillo

3.2.3 ENSAMBLANDO EL Z-250.

La unidad Z-250 es ensamblada, probada y calibrada por DCL antes del embarque. Contiene una batería y un inclinómetro de precisión. El único ensamblaje requerido para empezar una toma de datos, es conectar la manecilla con la unidad principal.

La batería puede requerir de una recarga antes de iniciar con su uso.

3.2.4 PREPARANDO PC DE BOLSILLO COLECTOR DE DATOS.

La PC de Bolsillo o Colector de Datos tendría que haber sido probada con el Z-250 antes del embarque del sistema. Como sea, es posible que la batería del Z-250 se haya descargado y en tal caso será necesario reinstalarle el software como se describe en la sección 3.3

Es necesario instalar el software Microsoft **ActiveSync** para conectar los datos de la PC de bolsillo a la computadora. Para más información refiérase a la ayuda de **ActiveSync**.

3.2.5 CONECTANDO EL Z-250 AL COLECTOR DE DATOS

3.2.5.1 CONEXIONES.

El Z-250 tiene un adaptador RS-232 macho de 9 pines en uno de sus costados para conectar al cable serial iPAQ (Para conectar a una PC para propósitos de depuración el cable cambiador de género para el módem, que es suministrado, puede ser usado de femenino a femenino).



Fig. 3.20 Perfilómetro Z-250 con Colector de Datos.

- ❖ Conecte el cable de Comunicación Z250, el cual fue suministrado con el sistema, al enchufe RS-232 en el Z250 (vea figura arriba)

- ❖ Conecte el enchufe iPAQ en el cargador del Colector de Datos / Puerto de Comunicaciones.

3.2.6 CARGANDO LAS BATERÍAS DEL Z-250

El cargador de baterías suministrado con el Z-250 es el HiTec CG-340. El uso de este cargador es explicada abajo. El cargador de baterías Z-250 necesita un conector de 12V desde un encendedor de cigarrillos de vehículo. DCL no suministra un cargador de batería AC para el Z - 250.

3.2.6.1 BATERÍA DEL Z-250

El Z-250 puede ser cargado con el interruptor ON-OFF -CHG (EL CUAL SE MUEVE A LA POSICION DE CARGA) para cargar la batería interna Z-250 Ni-Cd 7.2V.



FIG. 3.21 Perfilómetro Z-250 con Interruptor de 3 Posiciones.

- ❖ Conecte el enchufe de la bayoneta del cargador de batería al enchufe hembra para carga en el Z-250.
- ❖ En el anterior Z-250's con interruptor de poder de tres posiciones (On/Off/Charge) mover a la posición de carga (CHG). En el Z250 con el interruptor de 2 posiciones puede ser cargado en cualquiera de las posiciones ON / OFF.

HITEC CG-340



FIG. 3.22 Cargador hitec cg-340 del Perfilómetro Z-250.

Deberá moverse a la posición de configuración de etiquetas del Z-250 como sigue:

- ❖ Ponga el interruptor de tres posiciones **Battery Mode** en la posición del medio **6- 16 Cell NiCd**.
- ❖ Ponga la perilla **Charge Rate Adjustment** a aproximadamente 1.7A en la escala de color negro (6- 16 Cell NiCd)
- ❖ No ajuste esta perilla después de los primeros 6 minutos de un ciclo de carga.
- ❖ Conecte a la fuente de poder de 12V, el **Encendido (Power On)** LED brillará con un color rojo sólido.
- ❖ Oprima el botón de **Inicio (Start)**. El Estado de Carga (**Charging Status**) LED brillará con un color verde sólido.
- ❖ El cargador puede calentarse bastante bajo condiciones normales de carga.
- ❖ Cuando la batería NiCd esta completamente cargada, el cargador automáticamente deja de funcionar. El **Estado de Carga** LED brillará con un color verde indicando que el proceso de carga está completo y el cargador cambiará a modo de carga lenta. La batería Z250 está ya lista para usar.

Tenga cuidado de no poner a cargar baterías que estén completamente cargadas de nuevo, con el cargador CG-340; porque el circuito que determina que la batería esta cargada completamente tarda seis minutos en detectar y disparar el mecanismo y la batería puede ser sobrecargada.

No use el Z-250 para medir por al menos 30 minutos después que la batería ha sido recargada para dejar que el calor interno generado durante la carga se disipe.

3.2.6.2 BATERÍA DEL COLECTOR DE DATOS

La batería de la PC de Bolsillo iPAQ necesita estar cargada completamente antes de empezar la medición. La batería de la PC de Bolsillo iPAQ bien cargada le dará 14 horas de uso. Tanto el Adaptador de Energía AC y un Adaptador de 12 V de automóvil son provistos para cargar el Colector de Datos iPAQ.



FIG. 3.23 Cargador Hitec cg-340 del Perfilómetro Z-250.

Una de las terminales del Adaptador de 12V de automóvil conecta en la PC de Bolsillo iPAQ y la otra Terminal conecta en el encendedor de cigarrillos del Vehículo.

El colector de datos PC de bolsillo tiene un acople que asegura que la batería interna del colector de datos esta siempre recargada. Es **ESENCIAL** que el Colector de Datos este conectado a la estación de acople siempre aunque el sistema no esté en uso. Al no hacer esto se corre el riesgo que la batería se descargue y que la configuración del Z-250 se pierda.

Para asegurar un uso prolongado de la batería de la PC de bolsillo iPAQ, debe hacerse lo siguiente:

- Bluetooth y WiFi deberían ser inhabilitados si están activos.
- Ajuste el nivel de brillo contraluz de la batería a un nivel mas bajo.

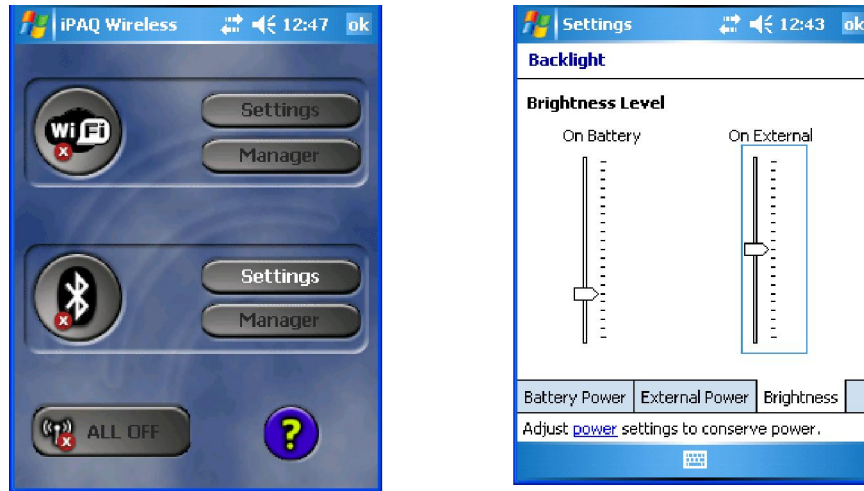


FIG. 3.24 Menu de la PC de Bolsillo Ipaq

3.3 INSTALANDO EL SOFTWARE DEL Z-250

3.3.1 CD DE ROMDAS

3.3.1.1 ABRIENDO EL CD DE ROMDAS

El CD ROMDAS contiene el software y la documentación para el Z-250, y también de los otros productos ROMDAS disponibles. Inserte el CD y debería abrirse automáticamente desplegando el siguiente menú:



FIG. 3.25 MENU DEL SOFTWARE ROMDAS Z-250.

Si el CD no abre automáticamente, haga lo siguiente:

- ❖ Abra el Explorador de Windows
- ❖ Localice la unidad de disco que contiene el CD ROMDAS
- ❖ Elija el archivo **MenuEng.exe**

Presione dos veces el botón izquierdo del ratón para abrir el menú

3.3.1.2 SOFTWARE Z-250

Encontrando el Software Z-250:

- ❖ Seleccione **ROMDAS Road Measurement Data Acquisition System**
- ❖ Seleccione **ROMDAS Software**

Seleccione **ROMDAS Z-250 Reference Profiler**

La pantalla siguiente será mostrada:



FIG. 3.26 Menú del Software Romdas Z-250.

3.3.2 INSTALANDO EL SOFTWARE Z-250

Procedimiento

Conecte el colector de datos a la PC y asegúrese que existe una conexión **ActiveSync**.

Seleccione **Install Z-250 Software**. La instalación iniciará como se muestra en la siguiente

imagen:

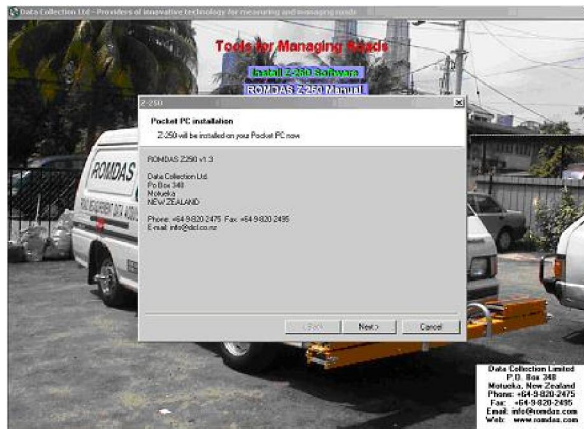


FIG. 3.27 Instalación del software del ROMDAS Z-250.

- ❖ Elija **Next (Siguiente)** en la primera pantalla.
- ❖ El programa mostrará la siguiente pantalla intentando conectar con el Colector de Datos.
- ❖ Si el sistema no puede conectar es necesario revisar la conexión ActiveSync con la PC

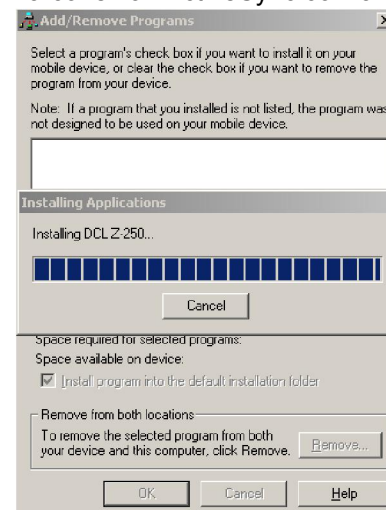


FIG. 3.28 Instalación del software del ROMDAS Z-250.

El Software será instalado en la carpeta **Z-250** en la carpeta **Archivos de Programas** en el Colector de Datos.

Con las versiones de software Windows Mobile después de Windows Mobile 2003 usted obtendrá el mensaje de precaución que se muestra mas adelante. Presione **OK** para este

mensaje (El programa Z250 desplegará apropiadamente con las nuevas versiones del Software Windows Mobile software).

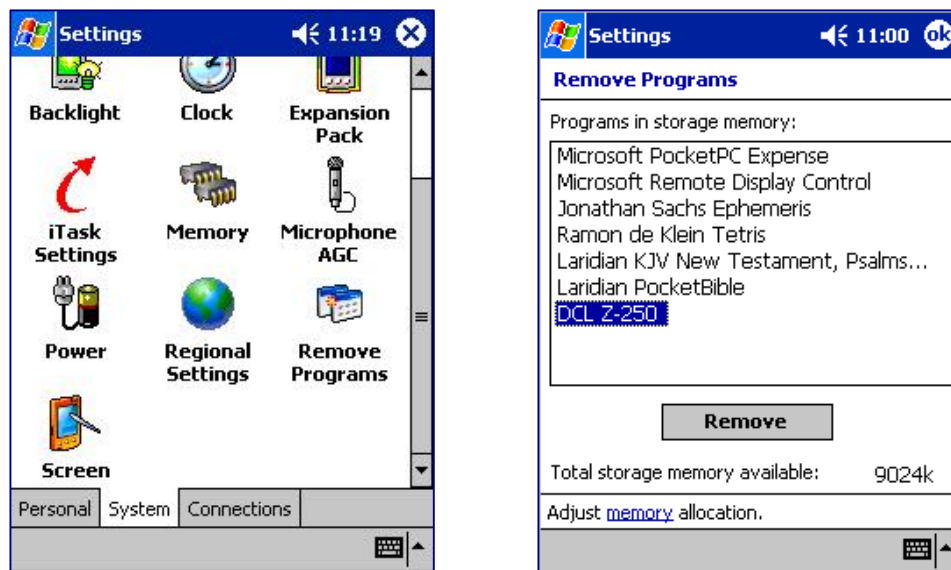


FIG. 3.29 Menu del Software ROMDAS Z-250.

Los siguientes programas serán instalados en el Colector de Datos:

- ❖ **Z-250.exe:** Este es el programa principal para recolectar datos para el Z-250

- ❖ **mfcce*.dll:** Esta es una librería tipo **.dll** en la carpeta de Windows. La versión de **.dll** varía dependiendo de los datos y del sistema operativo.

3.3.3 ACTUALIZANDO EL SOFTWARE Z-250

3.3.3.1 REINSTALACIÓN COMPLETA

La reinstalación completa se hace usando el mismo procedimiento descrito en la Sección 3.3.2. Como sea, es importante que el software previo sea desinstalado primero. Esto se hace para localizar el ícono de **Remoción de Programas (Remove Programas)** y luego escoger el programa **DCL Z-250** para eliminarlo. Las pantallas abajo muestran como se hace esto con el Sistema Operativo de la PC de Bolsillo.

3.3.3.2 RECONFIGURAR LA UNIDAD

Cada vez que el Software haya sido mejorado usted debería hacer una reconfiguración completa del Sistema. En la iPAQ esto se hace presionando con la aguja, el botón en la parte inferior derecha de la unidad. Para otros sistemas por favor vea el Manual de Referencia del Propietario.

3.4 CONFIGURACION Y CALIBRACION DEL SOFTWARE Z-250

3.4.1 INICIANDO EL SOFTWARE

3.4.1.1 LOCALIZANDO EL PROGRAMA.

Dependiendo del Sistema Operativo el software Z-250 puede ser iniciado de diferentes maneras.

Con el software de la PC de Bolsillo el Z-250 es instalado al menú de inicio como se muestra a continuación:



FIG. 3.30 Menú de Inicio de la PC de Bolsillo

3.4.1.2 Pantalla de Apertura

Una vez que el software es iniciado la pantalla de la siguiente es desplegada. Esta tiene cuatro botones con los cuales se controla la configuración del software.



FIG. 3.31 Pantalla de Apertura




	Configuración. Define la configuración del Z-250
	Conexión. Muestra el estatus de la conexión Active-Sync.
	Imprimir. Imprime un archivo Z-250 y despliega el IRI

FIG. 3.32 Iconos para Configuración del Software de la PC de Bolsillo

El nombre del archivo actual es desplegado en la ventana. El nombre por defecto es yymmddnn.txt, donde yy es el año, mm el mes, dd el día y nn el número de la medición. El nombre de abajo es del 31 Enero 2002, medición número 2.

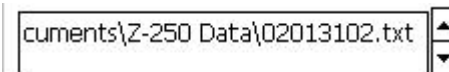


FIG. 3.33 Nombre del Archivo Actual

3.4.2 CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE Z-250

3.4.2.1 OPCIONES

Cuando selecciona la pantalla de Configuración le da cuatro opciones:

- ❖ **Measurements.** Configuración de las mediciones.
- ❖ **Calibrate.** Calibrar el Z-250
- ❖ **Level.** Auto nivelar el Z250
- ❖ **Test.** Prueba la conexión entre el Colector de Datos y la unidad Z-250.

Perfilómetro y mediciones son discutidas aquí; calibrar y probar continúan.

3.4.2.2 MEDICIONES

La ventana **Measurements** le da las opciones de configuración de mediciones.

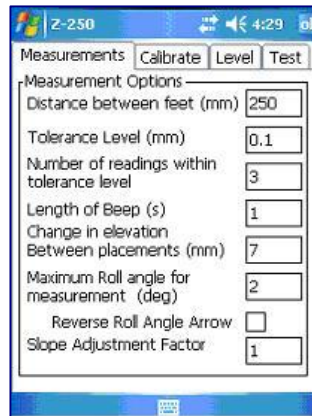


FIG. 3.34 Ventana Measurements

- ❖ **Distance between feet (mm) [Distancia entre pies (mm)]**. Esta es la distancia en mm entre los apoyos o pies del Z-250. Por defecto es de 250 mm.
- ❖ **Tolerance Level (mm) [Nivel de Tolerancia (mm)]**. La tolerancia es usada para determinar si o no las lecturas son satisfactorias. Como es ilustrado en la figura de abajo, cuando el Z-250 se mueve, las lecturas de elevación cambian y fluctúan marcadamente.

3.4.2.3 RESULTADOS DE MEDICION CON EL Z-250

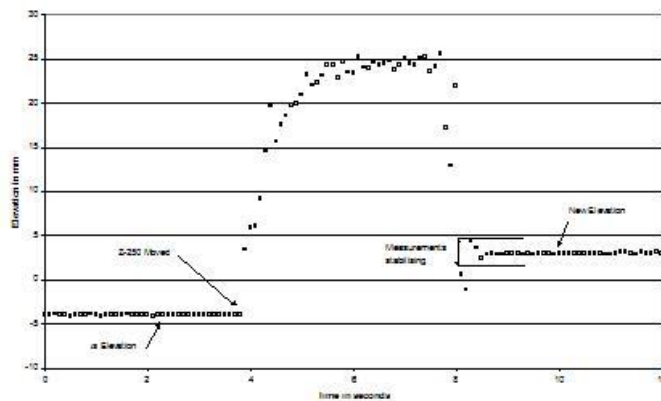


FIG. 3.35 Resultados de Medición

Una vez que el Z-250 es colocado en el suelo se estabiliza rápidamente. La tolerancia es usada para indicar en que punto las lecturas han sido estabilizadas suficientemente par mover hacia el siguiente lugar. Es usado con el numero de lecturas (vea abajo) para proveer la elevación de la siguiente ubicación.

- ❑ **Número de Lecturas dentro del Nivel de Tolerancia.** Esta configuración indica justo cuantas medidas deben ser dentro del nivel de tolerancia para que los datos sean considerados aceptables. Si la configuración **Lecturas Promedio** está activado, la elevación reportada será el promedio de lecturas grabadas aquí. Alternativamente, la lectura final será usada.
- ❑ **Duración de la Alarma (Beep).** Este es el lapso de tiempo (en segundos) que el sonido del colector de Datos emitirá después que las lecturas sean almacenadas.
- ❑ **Cambio de Elevación entre Sitios.** La siguiente lectura no empezará a ser tomada hasta que el Z-250 detecte que el pie trasero ha cambiado elevación para esta cantidad.
- ❑ **Máximo Angulo de Rodado para Mediciones.** El Z-250 necesita ser ubicado lo más vertical posible. Esta configuración es el máximo ángulo desde la vertical en que el Z-250 tomará una lectura. Si configura a 0 grados, el ángulo de inclinación es ignorado y las mediciones son tomadas en todas las inclinaciones del Z-250. **NOTA:** Habrá errores en las mediciones si el Z-250 no es puesto vertical, así que no se recomienda que el ángulo de rodado sea cambiado a 0.
- ❑ **Flecha del Angulo de Rodado en Reversa.** Si la indicación del ángulo de rodado en reversa esta en el lado equivocado puede ser corregido aquí.

3.4.3 CALIBRACION DEL Z-250

Como cualquier instrumento de precisión para medir, el Z-250 debe ser calibrado para asegurarse que las medidas son validas. Hay tres pasos para la calibración:

- ❖ Nivelando el Z-250
- ❖ Midiendo el factor de calibración
- ❖ Actualizando el factor de calibración en el software Z-250

3.4.3.1 NIVELANDO EL Z-250

El Z-250 debería ser nivelado cada día antes de su uso:



FIG. 3.36 Pantalla de Nivelación en la PC de Bolsillo

- ❖ Encienda el Z-250 deje calentar por un período de 10 minutos
- ❖ Coloque la unidad Z-250 en la superficie elegida
- ❖ Inicie el software Z-250 y seleccione el botón **Setup** y luego el botón **Level**. Seleccione el botón **Start auto level**.
- ❖ Posicione el nivel de burbuja en la parte superior del Z-250 para que el nivel de rodaje pueda ser medido.
- ❖ Dibuje un círculo alrededor de cada pie, para ayudar al posicionamiento cuando cambia la posición del pie.



FIG. 3.37 Nivel de Burbuja para Nivelación

Siga los pasos que se muestran en la pantalla a través del auxiliar de nivelación.

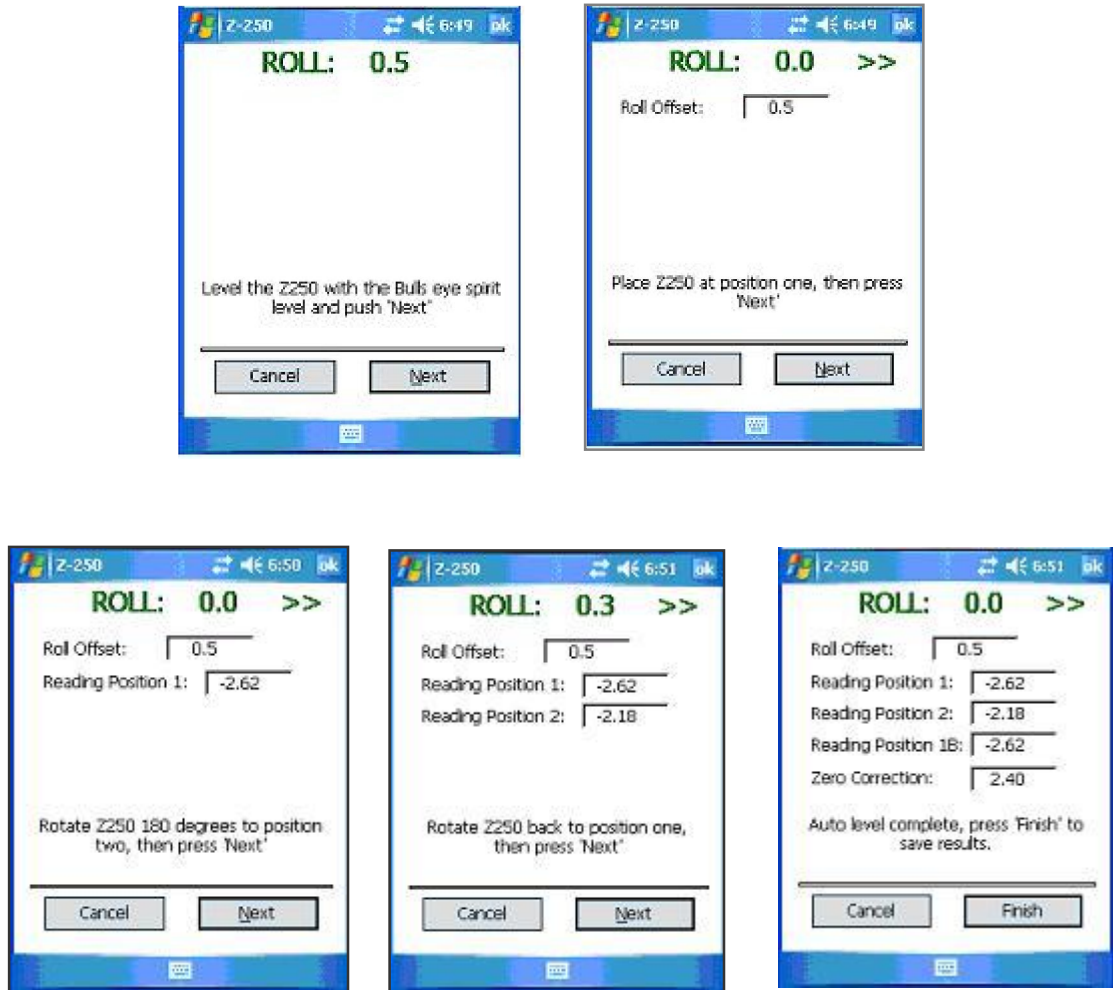


FIG. 3.38 Pasos a Seguir para Nivelación del Z-250

3.4.3.2 MIDIENDO EL FACTOR DE CALIBRACIÓN

Las mediciones de calibración son tomadas usando la pestaña **Calibrate** en el software Z-250. Esto debería **hacerse solamente** una vez que la unidad ha sido nivelada. El procedimiento es como sigue:

- ❑ Conecte el colector de datos a la unidad Z-250
- ❑ Ensamble las calzas de calibración
- ❑ Encienda el Z-250 y deje que caliente por un periodo de 15-20 minutos
- ❑ Coloque el Z-250 en una superficie nivelada y estable (ej. Arriba de una banca)
- ❑ Inicie el programa Z-250 y seleccione la pestaña **Calibrate**.
- ❑ Seleccione **Start Calibrating (Inicio de Calibración)**

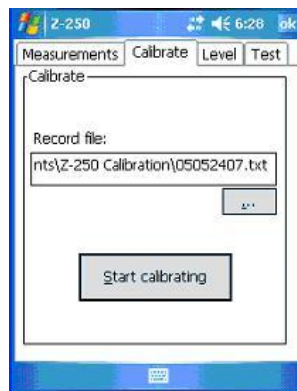


FIG. 3.39 Menú de Calibración en la PC de Bolsillo

Cuando el Z-250 inicia la calibración la pantalla de la derecha debe ser mostrada. Esta da la elevación entre los dos pies en el Z-250. Hay dos botones los cuales están activos:

- **Pause (Pausa):** Pausa la medida.
- **End (Final):** Finaliza la grabación.

La caja **Slope Adjust (Ajuste de Pendiente)** es usada para aplicar un **Factor de Ajuste de Pendiente** existente. Por ejemplo, si el valor desplegado fue 8.68 mm y el factor configurado en la pestaña que indica **Measurement (Mediciones)** fue 0.90 lo desplegado debería haber cambiado a 7.81 mm, ya que 8.68×0.90 .



FIG. 3.40 Pantalla de Inicio de Calibración

Con el Z-250 son suministradas las siguientes calzas de calibración: 2, 6, 8, 10 y 15 mm. de espesor. La calibración es hecha usando éstas calzas bajo los pies del Z-250 y grabando la elevación del Z-250 contra la elevación de las calzas. Una ecuación de regresión es entonces establecida partiendo de los datos para proveer la elevación calibrada.

Una plantilla en Excel es provista para ayudar con la calibración. Es localizada en el menú del CD ROMDAS en:

ROMDAS Road Measurement Data Acquisition System|ROMDAS Software|Excel Templates|Z-250 Calibration Excel Template

La pantalla abajo muestra los componentes de la entrada de datos de la plantilla. Los datos de calibración son ingresados en las casillas BLANCAS y consiste en:

- ✓ Elevación inicial del Z-250 en la superficie de calibración
- ✓ Los datos desplegados en el Z-250 durante la calibración.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2						Z-250 Start Elevation:	0.04	0.43	0.56	0.48				
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														

Shim Placements				Elevation (mm)											
Foot A	Foot B	Shim	Mean Elevation	Test 1		Test 2		Test 3		Test 4		Test 5			
				Display	Corrected	Display	Corrected	Display	Corrected	Display	Corrected				
2	-	2	1.85	1.91	1.87	2.25	1.82	2.30	1.74	2.43	1.95				
10	6	4	3.66	4.03	3.99	3.86	3.43	4.16	3.60	4.08	3.60				
6	-	6	5.71	5.94	5.90	6.07	5.64	6.16	5.60	6.16	5.68				
8	-	8	7.76	7.90	7.86	8.11	7.68	8.29	7.73	8.24	7.76				
10	-	10	9.85	9.94	9.90	10.24	9.81	10.38	9.82	10.33	9.85				
15	-	15	15.83	15.64	15.60	15.95	15.52	16.34	15.78	16.91	16.43				
-	2	-2	-1.79	-1.78	-1.82	-1.34	-1.77	-1.21	-1.77	-1.30	-1.78				
6	10	-4	-3.46	-3.55	-3.59	-3.16	-3.59	-2.81	-3.37	-2.81	-3.29				
-	6	-6	-5.32	-5.32	-5.36	-5.06	-5.49	-4.33	-4.89	-5.06	-5.54				
-	8	-8	-7.16	-7.05	-7.09	-6.66	-7.09	-6.66	-7.22	-6.74	-7.22				
-	10	-10	-8.76	-8.17	-8.21	-8.64	-9.07	-8.34	-8.90	-8.38	-8.86				
-	15	-15	-13.04	-12.34	-12.38	-12.90	-13.33	-12.77	-13.33	-12.65	-13.13				

Instructions:

1. Enter the Z-250 start elevation with no shims under the front or rear feet
2. Place shims under the feet as shown above and record the Z-250 display elevation in white cells
3. Repeat for 10 tests with different start elevations
4. Change to 'Elevation Equation Chart'
5. Delete the existing trendline
6. Right click and select 'Add Trendline'
7. Select the linear series under 'Type'
8. Select 'Options'
9. Select 'Display Equation ...' and 'Display R-squared ...' (see right)
10. Select OK
11. Record the equation. If the $R^2 < 0.98$ repeat tests

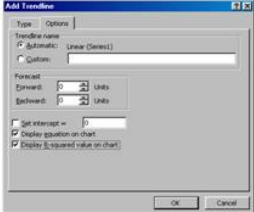


FIG. 3.41 Plantilla de hoja de cálculo para Calibración del ROMDAS Z-250

La calibración es hecha como sigue:

- ❖ Coloque la unidad Z-250 en una superficie plana
- ❖ Dibuje dos círculos alrededor de los pies
- ❖ Inicie el software de calibración
- ❖ Seleccione **Start Calibrating (Inicio de Calibración)**

- ❖ Asegúrese que la entrada **Slope Adjust (Ajuste de Pendiente)** no está activada (*Ej.* La configuración debe ser como se muestra arriba)
- ❖ Asegúrese que la unidad esta a nivel para grabar la elevación antes y después de rotar la unidad 180 grados. Las elevaciones deberían ser de signos opuestos y dentro de ± 0.1 mm. una de la otra. Si no es así nivele la unidad como se describió antes.
- ❖ Grabe la **Elevación de Inicio del Z-250 (Z-250 Start Elevation)** sin las calzas bajo los pies
- ❖ Ingrese este valor en la parte superior de la **hoja de cálculo** de calibración
- ❖ Coloque la calza de 2 mm. bajo el pie A.
- ❖ Grabe los datos desplegados por el Z-250 en la primera columna de la Hoja de Calculo donde corresponde a la calza 2 mm.
- ❖ Repita para proveer las elevaciones de 4, 6, 8, 10 y 15 mm. En cada ubicación grave la elevación en la hoja de calculo de calibración. No hay una calza de 4mm pero esta puede ser medida poniendo la de 10mm y la de 6mm bajo los pies como se indica en la hoja de calibración
- ❖ Retire todas las calzas de calibración
- ❖ Asegúrese que la Elevación de Inicio del Z-250 es aun la misma
- ❖ Coloque la calza de 2 mm. bajo el Pie B
- ❖ Grabe lo que despliega el Z-250, en la hoja de cálculo de calibración en la casilla que corresponde a la calza de -2 mm.
- ❖ Repita para proveer las elevaciones -4, -6, -8, -10 y -15 mm. En cada ubicación grave la elevación en la hoja de cálculo de calibración.
- ❖ Retire todas las calzas de calibración
- ❖ Asegúrese que la Elevación de Inicio del Z-250 es aun la misma

Una regresión lineal es representada para establecer la ecuación de calibración del Z-250. El libro de calibración contiene instrucciones de como debe hacerse esto.

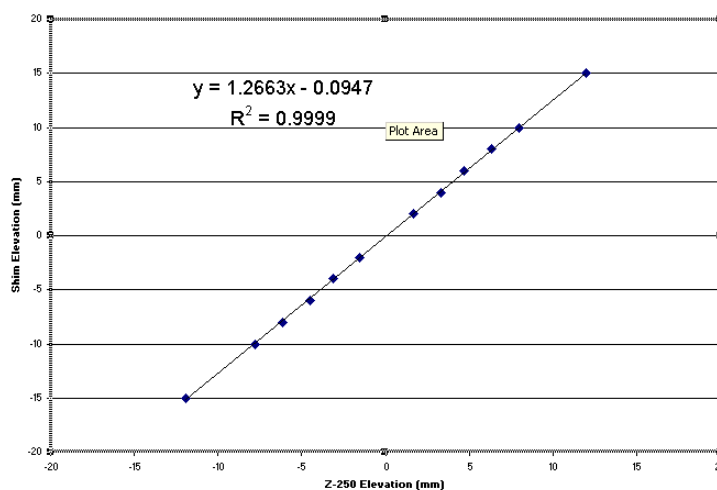


FIG. 3.42 Gráfico de Regresión lineal para Establecer Ecuación de Calibración

3.4.3.3 ACTUALIZANDO LOS VALORES DE CALIBRACIÓN

El factor de ajuste de pendiente de la hoja de trabajo de la ecuación de Calibración – Elevación del Z-250 necesita ser ingresado en la hoja **Measurement (Mediciones)** (1.2663 arriba). Esto se hace como sigue:

- ❖ Con el lápiz del Colector de Datos elija la opción **Slope Adjustment Factor (Factor de Ajuste de Pendiente)** (Vea abajo, izquierda).
- ❖ Borre los datos. Cómo se hace esto depende del sistema operativo. Por ejemplo, con el sistema de la PC de Bolsillo, uno activa el teclado que se despliega en la pantalla y usa la tecla de retroceso (Vea abajo, en medio).
- ❖ Ingrese el valor correcto (Vea abajo, derecha) y cierre la ventana.

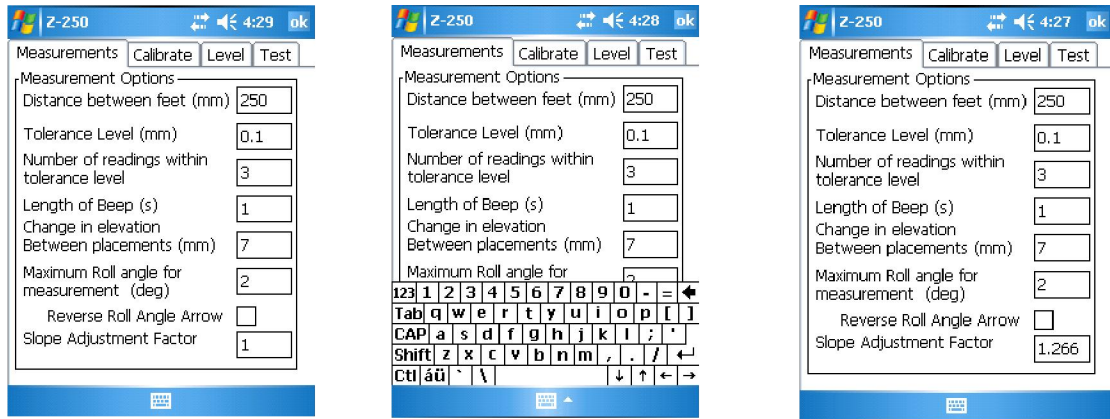


FIG. 3.43 Menú de Hoja Mediciones (Measurement)

3.4.4 PROBANDO EL Z-250

3.4.4.1 POSIBLES PROBLEMAS

Lo primero que se debe hacer es reconfigurar la PC de bolsillo. En el iPAQ esto se hace usando el lápiz y presionando el pequeño agujero que se encuentra en el lado derecho de la parte inferior de la unidad. Para otro sistema chequear el manual del propietario.

Si después de configurar la PC de bolsillo, esta aun no establece comunicación con el Z-250, es debido a uno de los siguientes problemas:

- ❖ **Problema con el cable o configuración de la PC de bolsillo:** Esto se puede comprobar ejecutando el software Z-250 en la opción de prueba (Test option) y si esto falla pruebe en una computadora de escritorio o en una notebook.
- ❖ **Problema de energía:** No llega energía o es insuficiente en inclinómetro del Z-250. Estos es causado por una batería descargada, cable roto, o daño al circuito de energía.

- ❖ **Cable roto:** Hay una rotura en la conexión en serie entre el inclinómetro y la PC de bolsillo o la PC de escritorio, o
- ❖ **Fallo electrónico:** El inclinómetro ha fallado.

3.4.4.2 PROBANDO EL Z-250 CON LA PC DE BOLSILLO

La etiqueta **Prueba** (Test) del Z-250 es usada para confirmar el enlace de comunicación entre el Z-250 y la unidad de bolsillo. Esto usa un protocolo diferente para el software de registros y desplegará los datos sin clasificar desde el inclinómetro Z-250.

El menú de prueba es mostrado abajo (izquierda). A lo largo de la configuración de prueba (derecha). Esta configuración se debe usar para comunicarse satisfactoriamente con el inclinómetro. Una vez la configuración esta definida seleccione **Comenzar (Start)** para iniciar el registro.

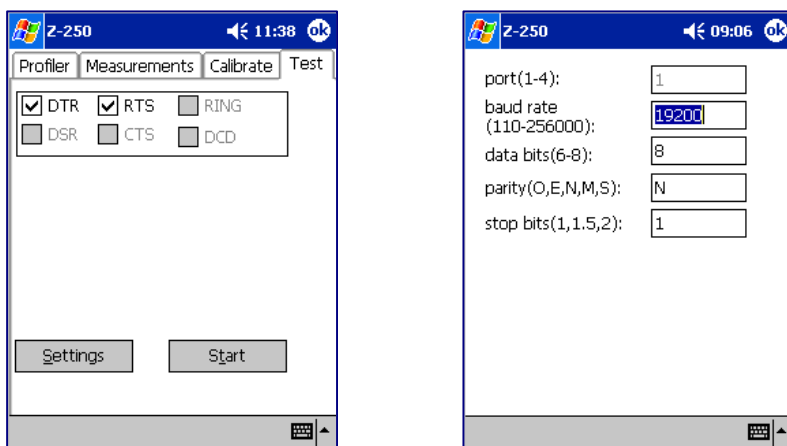


FIG. 3.44 Menú de Prueba y de Configuración para Confirmación de Enlace con el Inclinómetro

La pantalla siguiente es un ejemplo de lo que se despliega. Hay dos columnas de datos transmitidos por el Z-250, el registro y la inclinación. Si los datos son desplegados, el enlace

con la PC de bolsillo esta funcionando. Si no es desplegado por favor contacte con DCL para asesoría.

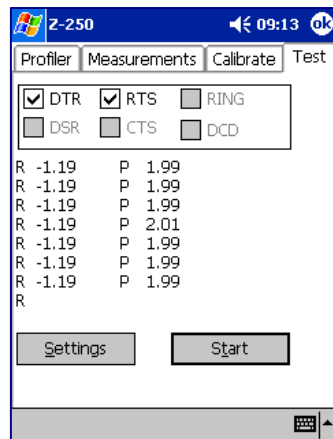


FIG. 3.45 Pantalla de Despliegue de Datos Transmitidos por el Z-250

3.4.4.3 PROBANDO EL Z-250 CON UNA NOTEBOOK O CON UNA PC DE ESCRITORIO.

Si el sistema no trabaja con la PC de Bolsillo es necesario confirmar si el problema es con la PC de Bolsillo o con la unidad Z-250. Esto es realizado probando el sistema con una notebook estándar o una PC de escritorio usando el programa **HyperTerminal** el cual es provisto por Windows.

- ❖ Conecte el cable MODEM incluido PC RS-232 entre el Z-250 y la computadora.

- ❖ Inicie el programa HyperTerminal. Con Windows 98 esto se hace desde **Start| Programs/ accessories| Communications| Hyperterminal**

La ventana que aparece abajo se abrirá. Doble clic sobre **Hypertrm.exe** para iniciar la aplicación.

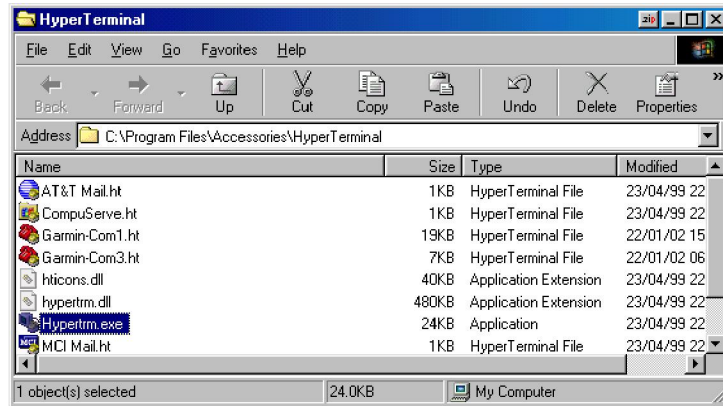


FIG. 3.46 Menú de pantalla de programa hyperterminal

- ❖ En la entrada “Descripción de la Conexión” (Connection Description) defina el nombre como **Z-250 Reference Profiler** (abajo, izquierda)
- ❖ Seleccione **OK**
- ❖ Seleccione el Puerto al cual el cable RS-232 esta conectado. Abajo a la derecha esta definido como **Direct to Com1**.

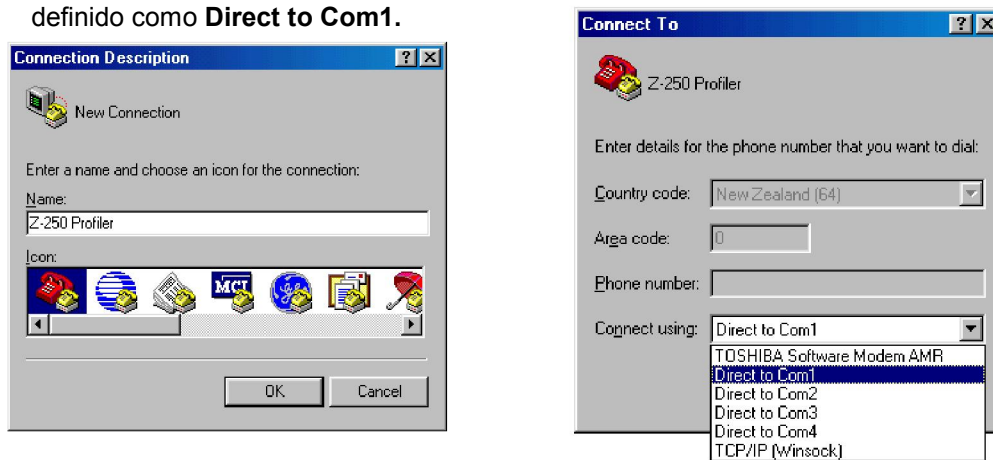


FIG. 3.47 Menús de Pantalla para Prueba

- ❖ Seleccione **OK**
- ❖ Elija la configuración que se muestra a la derecha:
- ❖ **19200** bits por segundo
- ❖ **8** bits de datos
- ❖ **None** paridad
- ❖ bit de parada
- ❖ **None** control de flujo
- ❖ Seleccione **OK**

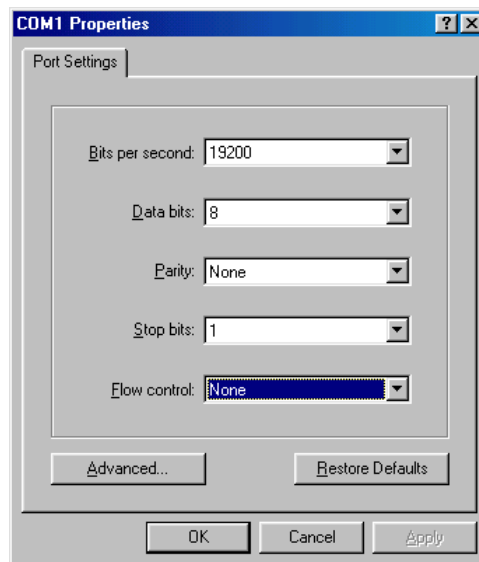



FIG. 3.48 Pantalla de propiedades com1

- ❖ Seleccione la conexión 
- ❖ **ENCIENDA** o **APAGUE** con el Z-250
- ❖ La pantalla de abajo puede ser mostrada:

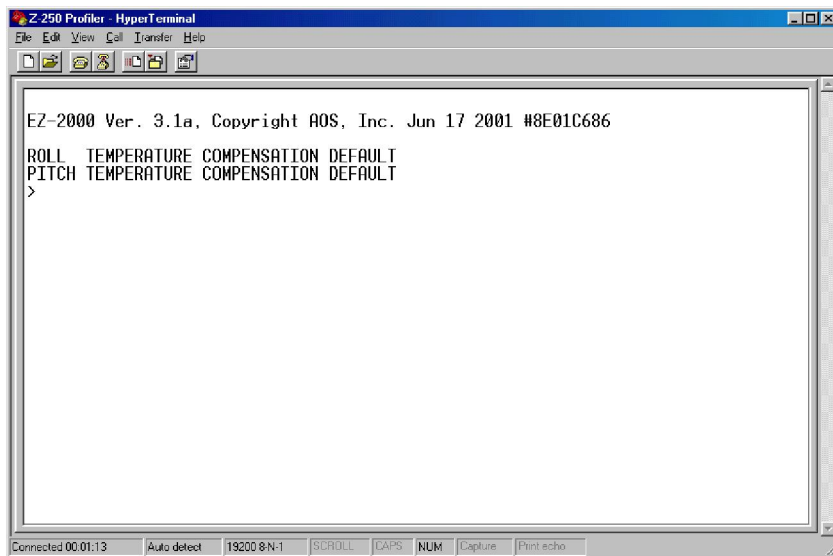


FIG. 3.49 Pantalla de propiedades com1

Teclee **GO** y la pantalla debería mostrar que los datos se están recibiendo como se ejemplifica abajo:

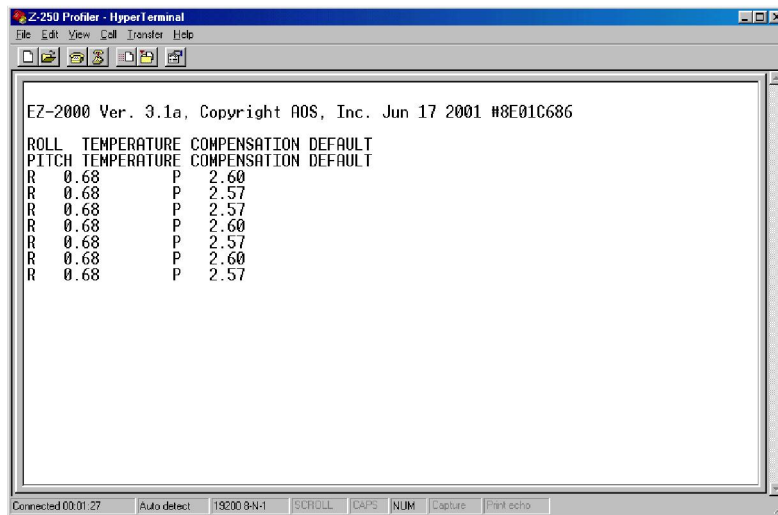


FIG. 3.50 Pantalla de propiedades com1

- ❖ Si hay alguna indicación en la pantalla, esto significa que hay un problema con la comunicación entre el Z-250 y la PC de Bolsillo.

- ❖ Si no hay tal indicación, esto indica que hay un problema con la unidad Z-250. Que no hay entrada de energía o que el inclinómetro ha fallado. La sección que sigue describe como probar esto

3.4.4.4 PROBANDO ENERGÍA DEL Z-250

Esto requiere que la unidad Z-250 sea abierta.

- ❖ Retire los tornillos de la parte **SUPERIOR** de la unidad.
- ❖ Con la manecilla instalada, cuidadosamente levante la tapa de la unidad.
- ❖ Levante y retire la batería, **sin desconectarla**

La primera prueba consiste en asegurarse que la batería tiene el voltaje correcto. Usando el Multímetro suministrado con el Z-250, chequee el voltaje configurando el medidor a voltaje y poniéndolo a través de las terminales. El voltaje debería ser el mismo que en la batería. Si esta muy bajo, recargue la batería y pruebe nuevamente.

Si la batería esta bien, el próximo paso es probar que llega energía al inclinómetro.

El inclinómetro se muestra abajo, con el conector (JP2) identificado con la flecha. Hay un enchufe con seis terminales, con cinco de las terminales conectadas a cables.



FIG. 3.51 Batería del inclinómetro Z-250

Las conexiones son como sigue:

- ❖ Pin 1 RS-232 Receptor de datos (RXD)
- ❖ Pin 2 RS-232 Transmisor de datos (TXD)
- ❖ Pin 3 Energía (+)
- ❖ Pin 4 Energía (-)
- ❖ Pin 5 RS-232 a tierra.

Coloque el Multímetro con una configuración de voltaje a través de los pines 3 y 4. Si el medidor esta leyendo un voltaje de al menos 5 voltios entonces hay suficiente energía hacia el inclinómetro.

3.5 METODOLOGIA PARA LA TOMA DE DATOS DE CAMPO DE UN PERFIL DE REFERENCIA.

3.5.1 GENERALES

La recolección de Datos de un Perfil de Referencia es con frecuencia para:

- ❖ Calibrar o validar un sistema de medición de rugosidad (ej. El ROMDAS bump integrator)

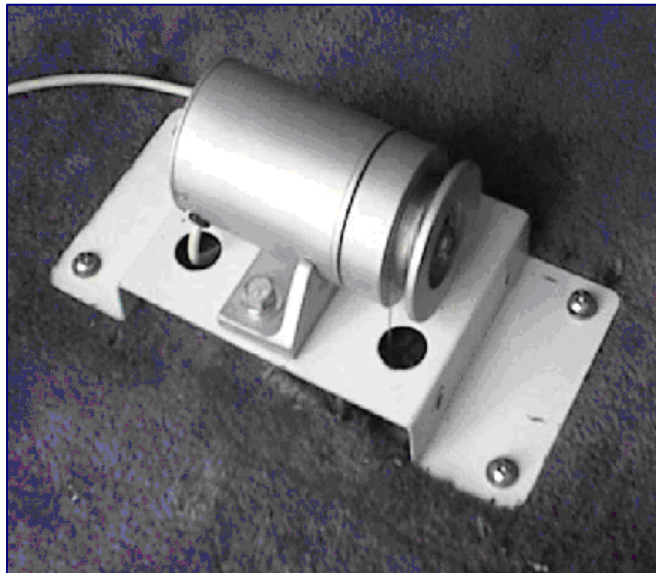


Figura 3.52 Bump Integrator

- ❖ Control de Calidad en las Construcciones.
- ❖ Recolección de Datos con Propósitos de Investigación.

3.5.2 PREPARACIÓN DEL SITIO.

3.5.2.1 PERSONAL

Normalmente, un mínimo de dos personas pueden hacer una medición:

- Operador del Z-250
- Asistente.



Figura 3.53 Personal para la toma de datos, operador del Z-250 y asistente.

Aunque el Z-250 es operado por una sola persona, es aconsejable tener un asistente en caso de dificultades o para relevar al operador.

Adicionalmente más personal puede requerirse para propósitos de control de tráfico, aun así esto depende del sitio seleccionado, el volumen de tráfico, requerimientos locales, etc.

Para seguridad, el chaleco de Alta Visibilidad deberá ser usado por el operador cada vez que este operando el Z-250 en la carretera.

3.5.2.2 SELECCIONANDO EL SITIO.

El objetivo de la calibración de una sección de perfiles es obtener una representación precisa del Perfil del Camino. Es necesario identificar secciones de calibración que cubran el rango completo de rugosidades que se esperen encontrar con esta medición¹. Estas secciones deberían tener las siguientes características:



Figura 3.54 Seleccionando el sitio

- ❖ Las secciones deben ser de 200-300 m de extensión con adecuada geometría antes y después de la sección para asegurar que pueden ser transitados a una velocidad constante;

¹ Esto puede ser hecho usando un medidor de rugosidad no calibrado para diferenciar entre secciones con distintos niveles de rugosidad.

- ❖ La rugosidad debería estar bastante uniforme a lo largo de toda la longitud por cuanto que no hay sub-secciones cortas con rugosidades altas intercaladas con sub-secciones conteniendo rugosidades bajas;
- ❖ La superficie no debe estar rota (ej. hoyos o depresiones) para que con el levantamiento del perfil pueda obtenerse un perfil verdadero;
- ❖ Debería elegirse un volumen de tráfico bajo, puesto que la rugosidad no cambia significativamente de la noche a la mañana y así se corre menos peligro durante la toma de datos.
- ❖ No debe haber en la sección combinación de pavimento rígido y flexible, o pavimento puesto con máquina y puesto a mano, pues las secciones pueden tener diferentes propiedades de rugosidad, aunque esto no es siempre posible en algunos países si uno quiere cubrir el rango total de rugosidades; y
- ❖ El inicio y el final de las secciones y la rodadura deben poder ser marcadas claramente.

La cantidad de secciones de prueba requeridas, es calculada dividiendo 4500 entre la longitud del sitio en m, con un mínimo de 8 (Sayers, et al., 1986)². Por ejemplo, con secciones de prueba de 300 m, 15 sitios deben ser requeridos.

3.5.2.3 LIMPIANDO EL SITIO

Es útil caminar el sitio y limpiarlo de piedras sueltas o escombros que puedan causar que los pies del Z-250 tropiecen. Es particularmente importante asegurarse que no hay agua en la sección porque esta puede afectar los componentes electrónicos del Z-250.

² Sayers, M.W., Gillespie, T.D. and Paterson, W.D.O. (1986). *Guidelines for the Conduct and Calibration of Road Roughness Measurements*. World Bank Technical Paper No. 46, The World Bank, Washington, D.C.



Figura 3.55 Limpiando el sitio

3.5.2.4 MARCANDO EL SITIO

El inicio y el final del sitio deben ser marcados con clavos o con alguna otra forma de marca permanente. Esto permitirá a los medidores estar dentro de la sección. Alternativamente, una raya pintada a través del pavimento será suficiente.

Es necesario marcar la rodadura para asegurarse que las medidas hechas con el Z-250 sigan esta franja. Si las líneas de la rodadura son claramente identificables es más fácil. Cuando no están claras es necesario adoptar una regla consistente para localizar la rodadura. Por ejemplo, el estudio LTPP (Programa de desempeño de pavimentos a largo plazo) identifica el centro del carril y localiza la rodadura a 0.826 m a cada lado de esta línea central.

Use una tiza de yeso para marcar una línea en cada una de las rodaduras. Alternativamente, ponga una cuerda a lo largo de la rodadura y pinte marcas a intervalos regulares.



Figura 3.56 Marcando el sitio

3.5.3 MIDIENDO EL SITIO CON EL Z-250

3.5.3.1 PREPARACIÓN

- ❖ asegurar que ambos, batería interna del z-250 y batería del colector de datos ipaq están completamente recargadas. la luz de encendido del z-250 debe estar verde.
- ❖ deje un periodo de 10 minutos de calentamiento antes de empezar con la recolección de datos.



Figura 3.57 Preparando el Z-250

- ❖ Limpie y lubrique las juntas de los pies del Z-250 con la máquina de aceite provista con el equipo para asegurarse una acción de pivoteo suave.
- ❖ Coloque el Z-250 en el inicio de la sección, comenzando con el Pie A por delante.
- ❖ Inicie el Software Z-250
- ❖ Si el nombre de archivo seleccionado automáticamente no le resulta apropiado, cámbielo haciendo click en el ícono de teclado e ingresando un nuevo nombre.

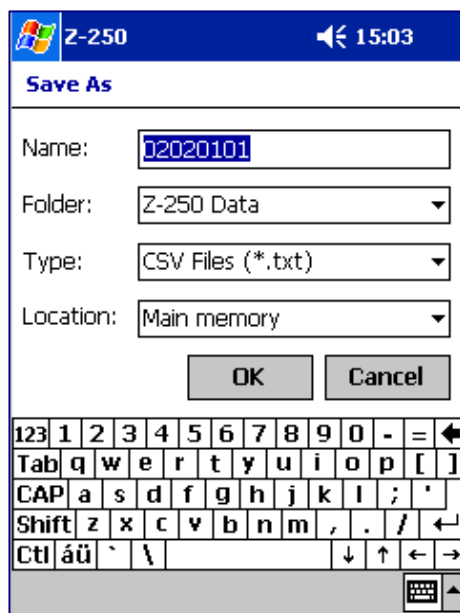


FIG. 3.58 Menú de pantalla para nombrar archivo de medición

- ❖ Sostenga la manecilla vertical del Z-250 y seleccione el botón **Start Data Logging**. El Z-250 tomará una lectura y se escuchara un pitido cuando se haya realizado.

3.5.3.2 MIDIENDO



Figura 3.59 Midiendo el sitio

La medición debe ser hecha siempre iniciando con el **Pie A** del Z-250 por delante en la dirección de la medición. El indicador de colocación de pie del Z-250 mostrará entonces la forma correcta de colocación del pie en cada paso.

El Z-250 esta listo para empezar a medir . Como se muestra en la figura de abajo, esto consiste en rotar el Z-250 alrededor de su pie guía (El Z250 puede ser rotado en ambas direcciones). Esto resulta en una toma de medidas de elevación entre cada colocación.

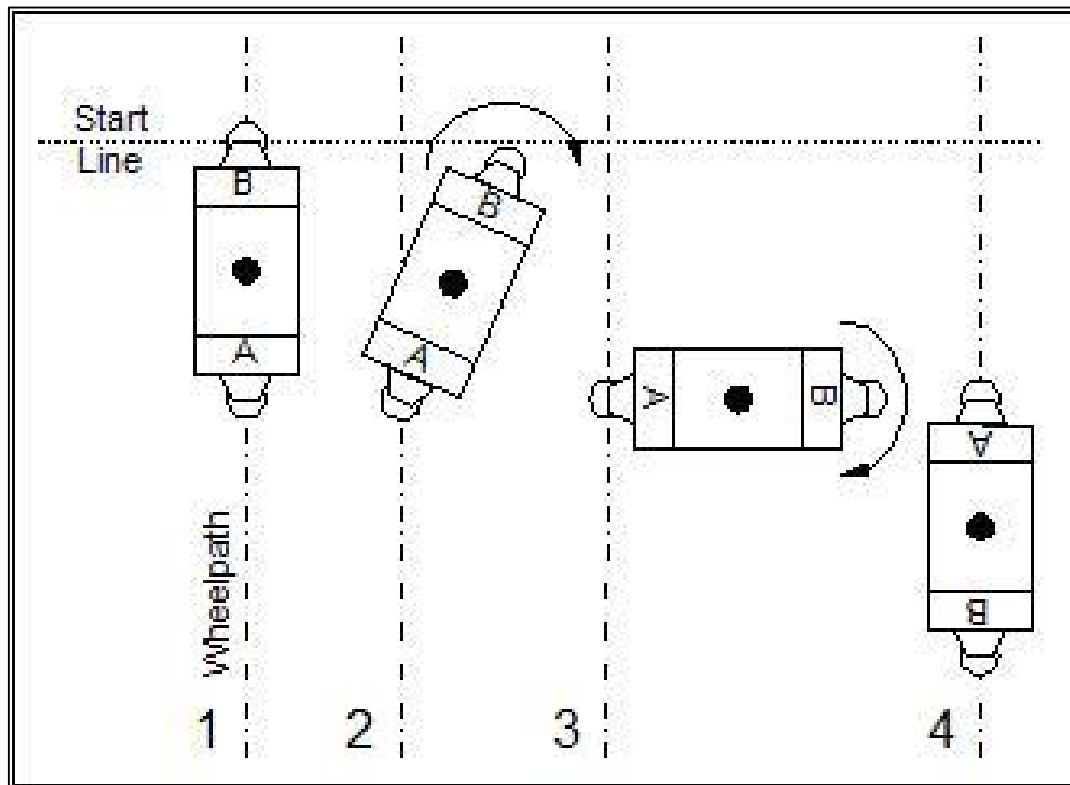


fig. 3.60 Movimiento del Z-250 para inicio de toma de datos

La bola y empalme giratorio en los pies tienen un ángulo de articulación de 20 grados. Si el Z-250 está inclinado de modo que éste ángulo está rebasado mientras gira el Z-250 (equivalente a que el otro pie sea levantado 89mm sobre una superficie nivelada), el pie cazará en el empalme y el deslizamiento en el cojinete del pie es muy probable que ocurra. Para evitar esto, debe tenerse el cuidado, que mientras el Z-250 rota, el pie debe mantenerse lo más cerca posible del suelo.

Los empalmes de bola deben ser lubricados sino pueden trabarse también causando deslizamiento del pie en la superficie del camino.

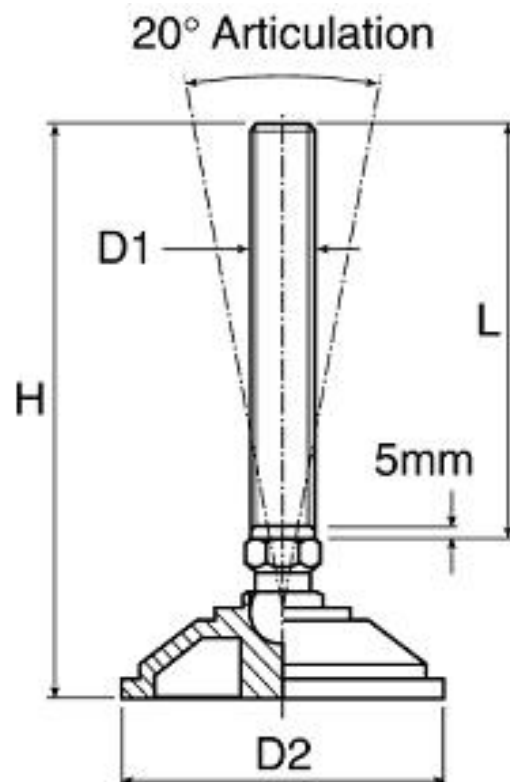


FIG. 3.61 Sección pies del ROMDAS Z-250

Durante la medición el Z-250 despliega la Distancia a lo largo de la sección (en m) así como la Elevación (en mm.)

Hay un mensaje de estatus en la parte de abajo de la pantalla, el cuál puede ser:

- ❖ **Measuring (Midiendo)...** Esto indica que el ángulo de rodadura esta dentro de la tolerancia y el Z-250 esta grabando las mediciones. El operador en este momento sólo debe sostener suavemente la manecilla y no debe ejercer ninguna presión hacia delante o hacia abajo en el Z-250 lo cual puede afectar la medición. Tan pronto como el número de medidas requeridas este dentro de la tolerancia, la medición será tomada. Cuando la medición es tomada el mensaje cambiara a:

- ❖ **Waiting for next placement (Esperando por la próxima posición)...** El Z-250 empezara a medir de nuevo cuando detecte que un pie ha cambiado de elevación. Si usted ha movido el Z-250 a la siguiente posición pero el mensaje de estatus no cambia a Measuring (Midiendo) entonces el Z250 puede que no haya detectado que un pie ha sido movido y la unidad debe simplemente ladearse hacia atrás porque el pie delantero esta despegado del suelo y luego puesto en el mismo lugar.

- ❖ **WRONG Foot is being moved (El pie EQUIVOCADO esta siendo movido)...** Si el pie equivocado es detectado que ha sido movido entonces el Z250 emitirá un sonido de alerta continuo y se verá este mensaje en color rojo. Usualmente esto es porque el operador ha movido el Z250 a la siguiente posición pero el lugar no ha sido detectado por el Z250. Entonces el operador asume que la medida ha sido tomada. (aun cuando no ha sonado el bip de aviso y la pantalla aun muestra el mensaje **Waiting for next placement (Esperando por la próxima ubicación)...**) y está tratando de mover al

siguiente lugar de medición. Usualmente el Z250 debe ser ladeado hacia atrás como en el anterior punto.

Un audífono ha sido provisto con el Z-250 para ayudar al operador durante la medición. Cuando una lectura es tomada, el Z-250 emite un bip el cuál le dice al operador que debe moverse hacia la siguiente posición. Para asegurar que el sonido puede oírse, el control de volumen del iPAQ puede ser usado para ajustar el volumen de dicho sonido.

Los pies del Z-250 han sido etiquetados Pie A y Pie B. *El Indicador de Posición del Pie (Foot Placement Indication)* en la pantalla indica la posición de los pies en cada paso.

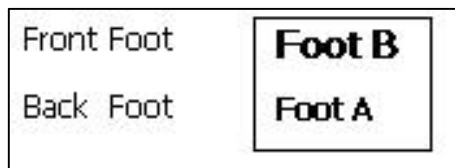


FIG. 3.62 Menú de pantalla para indicador de pie durante la medición

La colocación de los pies dependerá del **Mensaje de Estatus (status message)**. Cuando el mensaje **“Waiting for next placement (Esperando por la próxima posición)...”** es desplegado, el Pie Trasero debe ser movido a la posición frontal. La etiqueta Pie Frontal (Front Foot) estará en negritas y destellando y este pie debe ser movido al frente. Cuando el mensaje de estatus es **“Measuring(Midiendo) ...”** los pies deben de estar en la dirección indicada y la etiqueta Pie Frontal cambiará de texto en negritas a texto normal.

Los ejemplos siguientes muestran la secuencia de eventos entre lecturas y como el **Indicador de Posición de Pie (Foot Placement Indication)** cambia.



FIG. 3.63 Secuencia de eventos entre lecturas e indicador de posición de pie

Pie B debe ser movido de la posición posterior a la posición frontal para la próxima lectura.

El Z-250 esta ahora midiendo. Los pies deben estar posicionados con el Pie B al frente.

El sistema emitira un sonido indicando que es tiempo de mover a la siguiente posición. **Pie A** debe ser movido de la posición posterior a la posición frontal.

Para que el **Indicador de Posición de Pie (Foot Placement Indication)** valide la medición debe ser iniciada con el Pie A hacia adelante.

Si el mensaje **Máximo Angulo de Rodaje para Medición (Maximum Roll Angle For Measurement)** ha sido puesto para un valor distinto a cero el Z-250 necesitara ser movido a una inclinación en la cuál el ángulo de rodaje este dentro de los valores permitidos (+/- 2 grados por defecto) antes de empezar la medición. Si el Z-250 está dentro del rango especificado, dicho Angulo de Rodaje (Roll Angle) será desplegado en color verde. Si es mayor

que el ángulo especificado, el Angulo de Rodaje será desplegado en rojo y destellando, y el Z-250 no procesara ninguna lectura hasta que se rectifique el ángulo de rodaje dentro del rango aceptable.

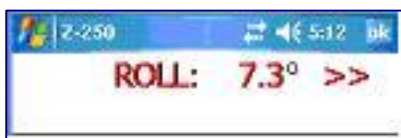


fig. 3.64 Indicador de ángulo de rodaje

Esto es hecho moviendo la manecilla del Z-250 a la izquierda y derecha como indican las flechas de dirección de rodaje. Las flechas de dirección de rodaje solamente estarán correctas si el **Indicador de Posición de Pie (Foot Placement Indication)** concuerda con la posición actual del Z-250³.

Algunas veces es necesario hacer una pausa en la medición, por ejemplo para permitir un cambio de operario o por causa de las condiciones del trafico. En este caso el botón **Pause** debe ser utilizado para detener el colector de datos hasta que el botón **Resume** sea oprimido (abajo, izquierda).

Los errores suceden y estos deben ser manejados seleccionando el botón **Error**. Como se muestra abajo (derecha) esto permite que el operador repita las tres ultimas mediciones. Los datos son marcados en el archivo y pueden ser removidos manualmente.

³ Si la Flecha de la Dirección de Rodamiento esta incorrecta cuando el Indicador de Colocación de Pie este bien, entonces los parámetros de la Flecha del Angulo de Rodamiento Reverso necesitan ser cambiados ver Sección 0 - 3.4.2 CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE **Z-250**

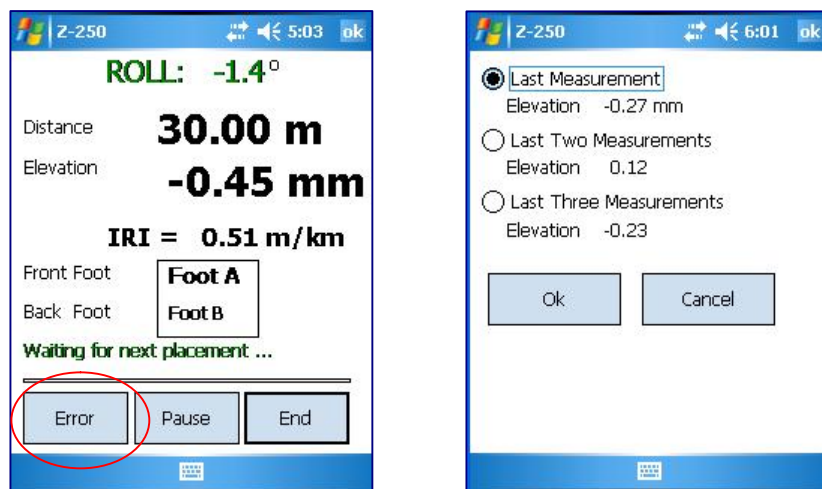


FIG. 3.65 Menú del botón de selección de error

El tiempo real para mostrar el IRI en pantalla iniciara una vez el Z-250 haya avanzado 30 metros del recorrido. El algoritmo del IRI no presenta datos relevantes sino después de 30m.

La luz de encendido del Z-250 se debe mantener de color verde. Si cambia a rojo (lo que hará cuando el voltaje de la batería del Z250 haya bajado a 6V) el Z250 se puede continuar usando por aproximadamente una hora. Si el levantamiento no puede finalizarse en este tiempo, se debe hacer una pausa y las baterías del Z-250 deben ser recargadas como se indica en la Sección **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**(Error! Fuente de Referencia no encontrada).

3.5.3.3 FINALIZANDO LA MEDICIÓN

Al final del levantamiento presionar el botón de terminación **End**.

Una caja de diálogo aparecerá preguntando si realmente se finaliza el levantamiento. Se escoger **No** y continuar con la medición o **Sí (Yes)** para confirmar la finalización del levantamiento.



Fig. 3.66 Caja de diálogo para finalización de medición

La rugosidad en IRI m/km será desplegada (abajo, izquierda) y opcionalmente, un gráfico (abajo, derecha).

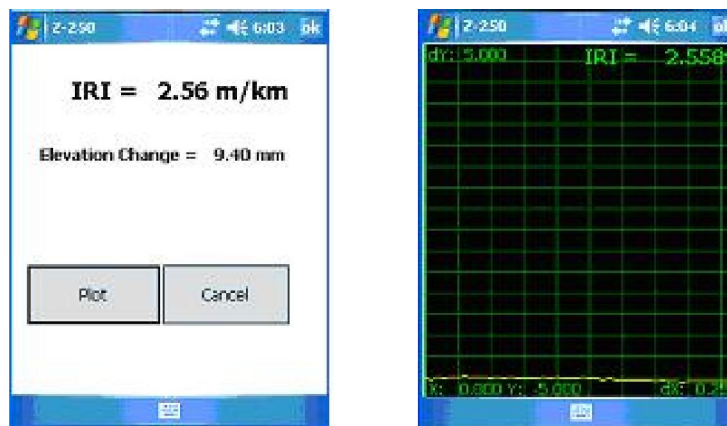


FIG. 3.67 Despliegue de valor de IRI y su respectivo gráfico

Dos archivos son guardados por cada levantamiento:

- ❖ **Text File (Archivo de Texto):** Un archivo de texto el cual contiene 3 columnas – la distancia, los datos de elevación recolectada y el resumen o los datos del perfil longitudinal.

- ❖ **Archivo RoadRuf .erd:** Un archivo erd, el cuál tiene la información de encabezado necesario para permitir que el archivo sea importado al programa RoadRuf para mayor análisis.

Estos archivos pueden ser copiados a una PC para mayor análisis. Esto se hace como sigue:

- ❖ Conecte el colector de datos a la pc
- ❖ Asegúrese que la conexión activesync está abierta
- ❖ Inicie **windows explorer**
- ❖ Abra el **mobile device (dispositivo móvil)**
- ❖ Localice **z-250 data directory (directorio de datos del z-250)**
- ❖ Seleccione los archivos apropiados
- ❖ Click derecho y seleccione **copy (copiar)**
- ❖ Pegue los archivos (paste) a la carpeta apropiada en la PC

La pantalla siguiente es un ejemplo de esto.

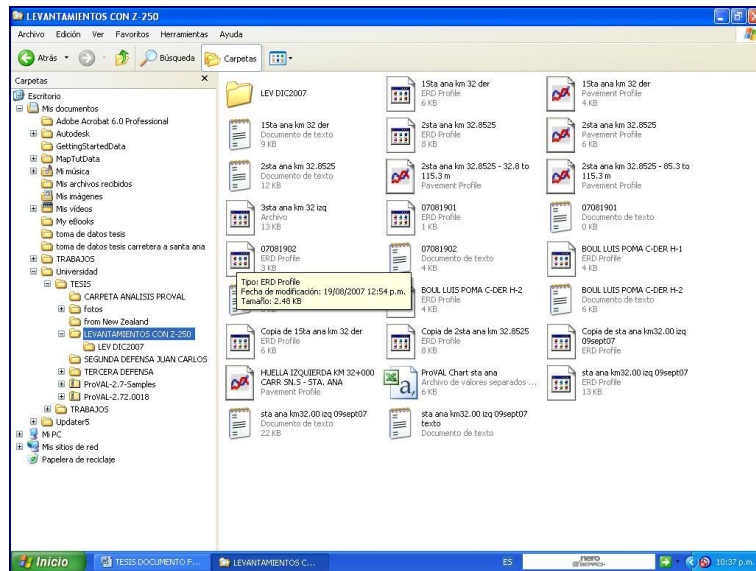


FIG. 3.68 Pantalla de directorio de datos

3.5.3.4 RECUPERANDO E IMPRIMIENDO LOS DATOS DEL LEVANTAMIENTO

El valor del IRI o imágenes de cualquier levantamiento puede ser recuperado usando el botón Plot.

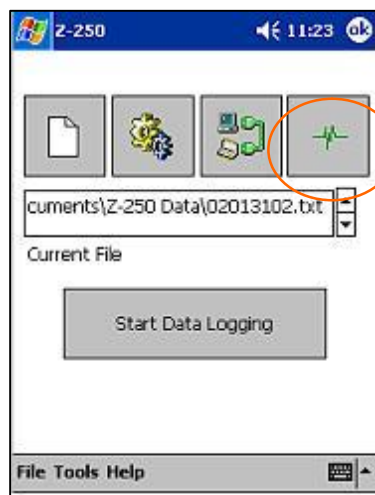


FIG. 3.69 Pantalla para imprimir valores de IRI obtenidos

La carpeta Z-250 necesita ser seleccionada de la lista de carpetas. Los archivos de datos Z-250 pueden ser seleccionados y puede ser visto el valor del IRI.

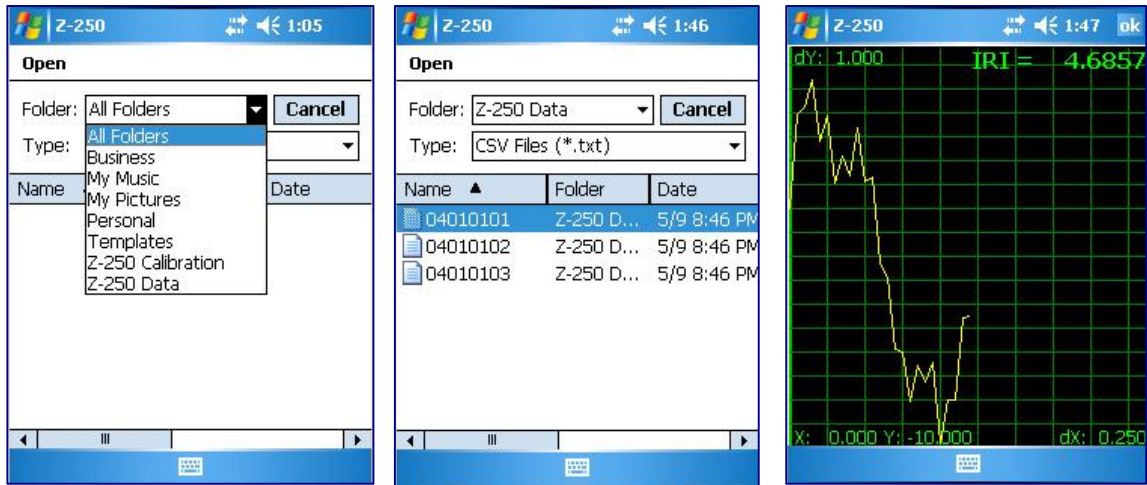


FIG. 3.70 Pantalla para recuperar e imprimir valores de iri obtenidos

3.6 ANALISIS DE DATOS OBTENIDOS CON EL PERFILOMETRO ROMDAS Z-250

3.6.1 ANALIZANDO LOS DATOS DEL Z-250.

Al hacer una medición con el Perfilómetro Romdas Z-250 se generan dos archivos: uno tipo texto con extensión *.txt y el segundo que es un archivo tipo Engineering Research Division con extensión *.erd, desarrollado por el Instituto de investigación del Transporte de la Universidad de Michigan (University of Michigan Transport Research Institute).

A continuación se presenta un ejemplo de los datos del archivo tipo texto generado, el cual tiene el siguiente formato: cada fila contiene tres valores que están separadas entre si por una coma.

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
0.000	0.000000	0.000000
0.250	-0.000296	-0.000296
0.500	-0.001249	-0.001546
0.750	-0.001465	-0.003011
1.000	-0.000166	-0.002845
1.250	0.000094	-0.002751
1.500	0.000007	-0.002744
1.75	0.000484	-0.002260
2.000	0.000209	-0.002050

Fig. 3.71 Cuadro de datos de archivo tipo texto.

El primero corresponde a la distancia recorrida acumulada, en metros (cada 0.25 metros) por el Perfilómetro. El segundo dato representa la elevación del pie delantero con respecto al pie trasero, la cual puede ser positiva o negativa, dependiendo esto si la cota es superior o inferior.

El tercer dato es la acumulación de la elevación del perfil, obteniéndose por medio de una suma algebraica acumulada.

Los archivos *.erd se importan a los programas de análisis que son **ProVal (Profile Viewing and AnaLysis = Análisis y Visualización de Perfiles)** y **RoadRuf** los cuales son recomendados por los creadores de los equipos ROMDAS, DCL (Data Collection Limited).

3.6.2 VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE PERFILES DE PAVIMENTOS CON ProVAL

3.6.2.1 ProVAL (PROFILE VIEWING AND ANALYSIS)

ProVAL, es un software de ingeniería que permite visualizar y analizar perfiles de pavimentos de diversas maneras. Es fácil de usar y aún muy eficaz para diversos análisis de perfiles.

ProVAL es un producto patrocinado por:

- El Departamento de Transporte de los Estados Unidos
- La Administración Federal de Carreteras (FHWA) y el
- Programa de desempeño de pavimentos a largo plazo (LTPP)

ProVAL se descarga gratis la versión más reciente en el siguiente sitio web www.roadprofile.com o de www.romdas.com.

Este sitio contiene toda la información actualizada acerca de ProVAL.

También puede ser descargado de Internet en la página web del Instituto de Investigación del Transporte de la Universidad de Michigan (University of Michigan Transport Research Institute - UMTRI): <http://www.umtri.umich.edu/erd/roughness/index.html>

3.6.2.2 FUNCIONES DE ProVAL

Los usuarios pueden importar perfiles de varios formatos de archivo y guardarlos en el tipo estándar de perfil del pavimento. Datos de todo el proyecto pueden ser salvados para posterior análisis.

Después de que se haya realizado los análisis, se puede imprimir un informe de los perfiles originales y los resultados de cualquier análisis que se han hecho.

A continuación se presenta un listado de las funciones de ProVAL.

1. Estadísticas estándar de recorrido tales como el Índice Internacional de Rugosidad IRI), Índice de rugosidad de auto medio (HRI), Índice de rugosidad promedio (MRI), número de recorrido pretransformado (PTRN) y número de recorrido (RN).
2. Estadísticas de recorrido de intervalo fijo.
3. Estadísticas de recorrido continuo.
4. Filtramiento butterworth (enfoque en el rango de longitud de onda o frecuencia de interés).
5. Densidad espectral de poder (PSD).
6. Simulación Perfilográfica (para simular rastros del perfilógrafo).
7. Simulación de regla giratoria.
8. Identificación de rugosidad localizada (basado en la especificación de TEXAS - Tex-1001-S).
9. Correlación cruzada para sincronizar perfiles y determinar su repetibilidad; ASTM E 950 precisión and Bias (para clasificación de perfilógrafos, y Smoothness Assurance Module (SAM) (FHWA Bumpfinder) para proporcionar reportes de la calidad/confort del manejo, y

10. Simular mejoras a la rugosidad superficial que pueden ser logradas a través del fresado.

3.6.2.3 FORMATO ESTÁNDAR DE ARCHIVO QUE UTILIZA ProVAL

ProVAL trabaja en formato PPF (Pavement Profile Standard File), formato binario creado para ProVAL. Este formato es eficiente, portable, estable y mantenible, y puede importar perfiles en otros formatos como UMTRI (.erd, .bin); TxDOT (.txt,.dat,.pro);KL law (.a*,.p*) y Dynatest (.rsp). Una vez se guarda el proyecto en ProVAL, los archivos importados se convertirán automáticamente en formato PPF. Estos archivos convertidos son usualmente más compactos y eficientes en especial si originalmente eran texto (ASCII)

3.6.2.4 INSTALANDO ProVAL

Al empezar a ejecutarse el disco, de la siguiente pantalla elegimos **Additional Software**:



Fig. 3.72 Pantalla de selección de Additional Software

Luego se selecciona **Roughness Analysis**



Fig. 3.73 Pantalla de selección de Roughness Analysis

Después elegir **Proval Software**



Fig. 3.74 Pantalla de selección de ProVAL Software

3.6.2.5 USANDO ProVAL

Iniciando el Análisis. Entiéndase en este caso por Análisis, el proceso por medio del cual se obtienen los resultados de las mediciones hechas con el Perfilómetro ROMDAS Z-250, acá se genera un archivo con extensión .erd que se utiliza en Proval, los resultados son obtenidos en gráficos, textos y cuadros imprimibles, que se pueden exportar a una hoja electrónica de Excel o copiar a programas de manejo de texto como Word para una mejor presentación de los reportes.

Al iniciar el programa ProVal la siguiente pantalla será mostrada.

Se abre el archivo “*.erd”. de levantamiento del perfil, medido con el Romdas Z-250.

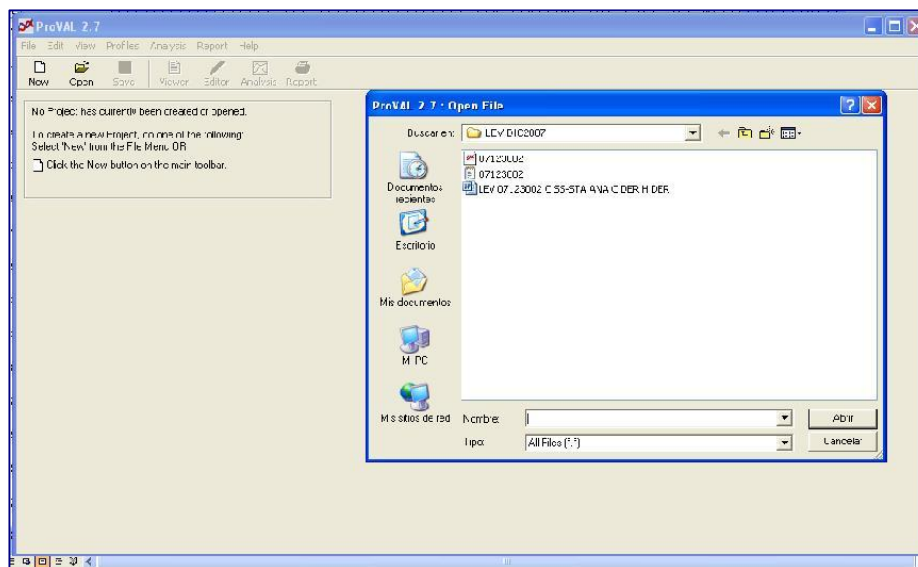



Fig. 3.75 Pantalla de inicio del programa ProVal

De la barra de herramientas, elegir el icono “Viewer”  para ver el gráfico de Elevación / Distancia.

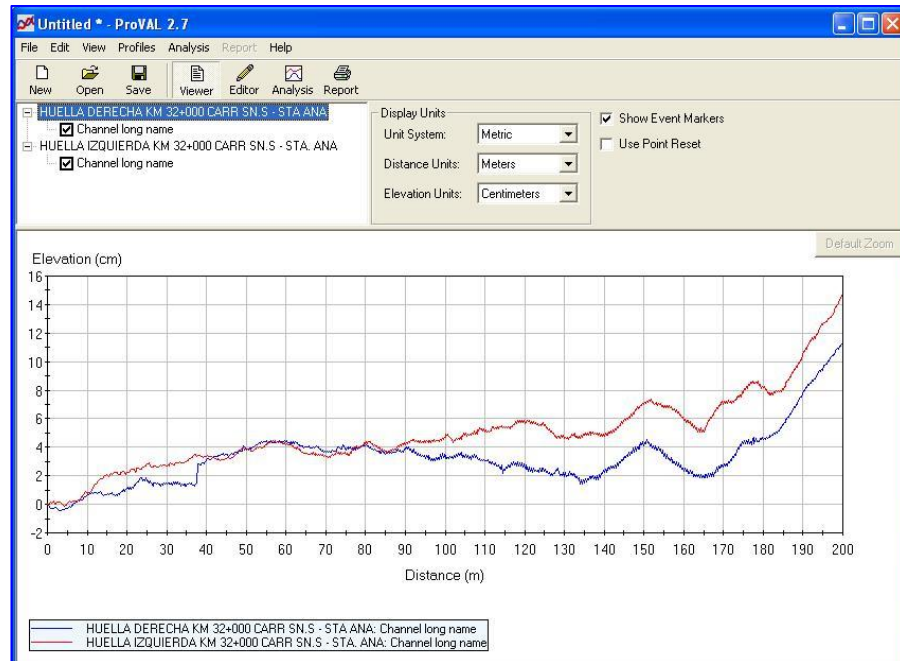


Fig. 3.76 Gráfico de Elevación / Distancia.

Antes se debe asegurar que las **Unidades (Display Units)** están configuradas a Métricas con **Distancia** en Metros y **Elevación** en mm. ó cm. Además en la parte izquierda de la pantalla se elige el nombre del archivo del que se mostrará el grafico Elevación - Distancia.

Por ejemplo, para generar el gráfico de ambos huellas los dos archivos son seleccionados.

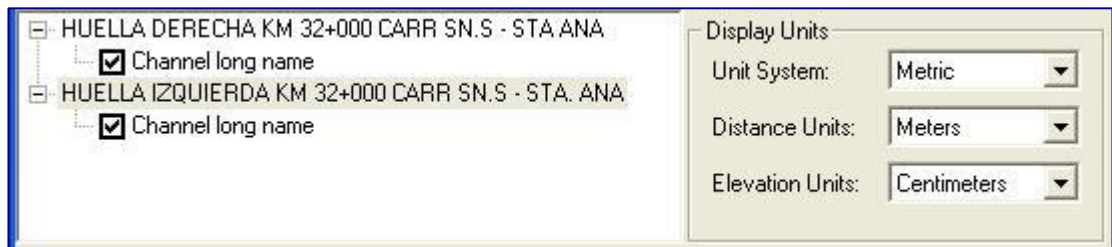


Fig. 3.77 Configuración de unidades

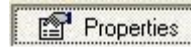
EDITANDO LOS DATOS GENERALES DE UN LEVANTAMIENTO

Para ingresar la información general del levantamiento se selecciona la opción llamada EDITOR



Editor

, luego se elige el botón Propiedades



Properties

para configurar la información

general del levantamiento,

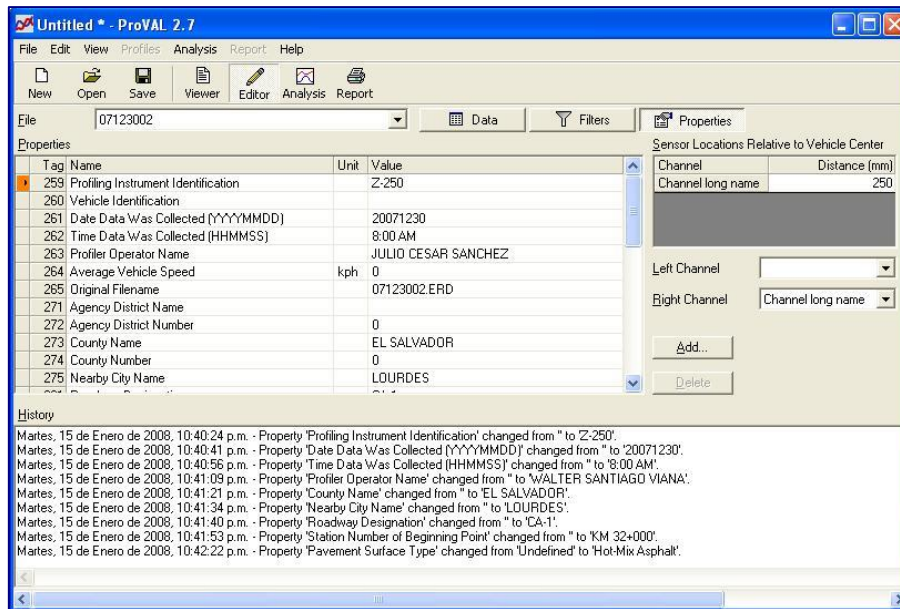


Fig. 3.78 Pantalla de Editor

La información ingresada es variada como por ejemplo: Clase de Equipo utilizado para hacer las mediciones, lugar, nombre de los técnicos, temperatura ambiente, etc.

Tag	Name	Unit	Value
259	Profiling Instrument Identification		PERFILOMETRO ROMDAS Z-250
260	Vehicle Identification		N/A
261	Date Data Was Collected (YYYYMMDD)		2007-12-07
262	Time Data Was Collected (HHMMSS)		8:00:00
263	Profiler Operator Name		J.C SANCHEZ
264	Average Vehicle Speed	kph	0
265	Original Filename		07123002.ERD
271	Agency District Name		
272	Agency District Number		0
273	County Name		
274	County Number		0
275	Nearby City Name		LOURDES COLON

Fig. 3.79 Editor de Información General

Es de hacer notar, que el programa va guardando un historial de todos los movimientos que se realizan, con fecha y hora. Si se agrega, se modifica o se borra algún dato, aquí se guarda toda esa información. Ver la imagen siguiente.

```
Viernes, 08 de Febrero de 2008, 10:29:30 p.m. - Property 'Profiling Instrument Identification' changed from '' to 'Z250'.
Viernes, 08 de Febrero de 2008, 10:30:18 p.m. - Property 'Profiling Instrument Identification' changed from 'Z250' to 'PERFILOMETRO ROMDAS Z-250'.
Viernes, 08 de Febrero de 2008, 10:30:26 p.m. - Property 'Vehicle Identification' changed from '' to 'N/A'.
Viernes, 08 de Febrero de 2008, 10:31:18 p.m. - Property 'Date Data Was Collected (YYYYMMDD)' changed from '' to '2007-12-07'.
Viernes, 08 de Febrero de 2008, 10:31:35 p.m. - Property 'Time Data Was Collected (HHMMSS)' changed from '' to '08-00-00'.
Viernes, 08 de Febrero de 2008, 10:31:49 p.m. - Property 'Time Data Was Collected (HHMMSS)' changed from '08-00-00' to '8:00:00'.
Viernes, 08 de Febrero de 2008, 10:32:08 p.m. - Property 'Profiler Operator Name' changed from '' to 'J.C SANCHEZ'.
Viernes, 08 de Febrero de 2008, 10:32:15 p.m. - Property 'Average Vehicle Speed' changed from '' to '00.00'.
Viernes, 08 de Febrero de 2008, 10:32:43 p.m. - Property 'County Name' changed from '' to 'EL SALVADOR'.
Viernes, 08 de Febrero de 2008, 10:32:58 p.m. - Property 'Average Vehicle Speed' changed from '00.00' to ''.
Viernes, 08 de Febrero de 2008, 10:33:35 p.m. - Property 'Average Vehicle Speed' changed from '' to '00.00'.
Viernes, 08 de Febrero de 2008, 10:36:40 p.m. - Property 'Pavement Surface Type' changed from 'Undefined' to 'Hot-Mix Asphalt'.
Viernes, 08 de Febrero de 2008, 10:37:12 p.m. - Property 'Station Number of Ending Point' changed from '' to '32+200'.
Viernes, 08 de Febrero de 2008, 10:37:28 p.m. - Property 'Ambient Temperature' changed from '' to '30'.
Viernes, 08 de Febrero de 2008, 10:38:23 p.m. - Property 'Climatic Conditions' changed from 'Undefined' to 'Sunny'.
```

Fig. 3.80 Historial de Ingreso y Cambio de Datos

CORRIENDO UN ANÁLISIS.

Proval tiene diez opciones de análisis; pero para el presente caso se utilizaran tres tipos:

- **Ride Statistics (Estadística del Recorrido)**

- **Ride Statistics at Intervals (Estadística del Recorrido en Intervalos) y**

- **Ride Statistics Continous. (Estadística del Recorrido Continuo)**

ANÁLISIS: RIDE STATISTICS (ESTADÍSTICA DEL RECORRIDO)

Para elegir un tipo de análisis específico, se abre la barra de menús “Análisis” y se selecciona el deseado, en este caso Ride Statistics, como se muestra en la siguiente figura:

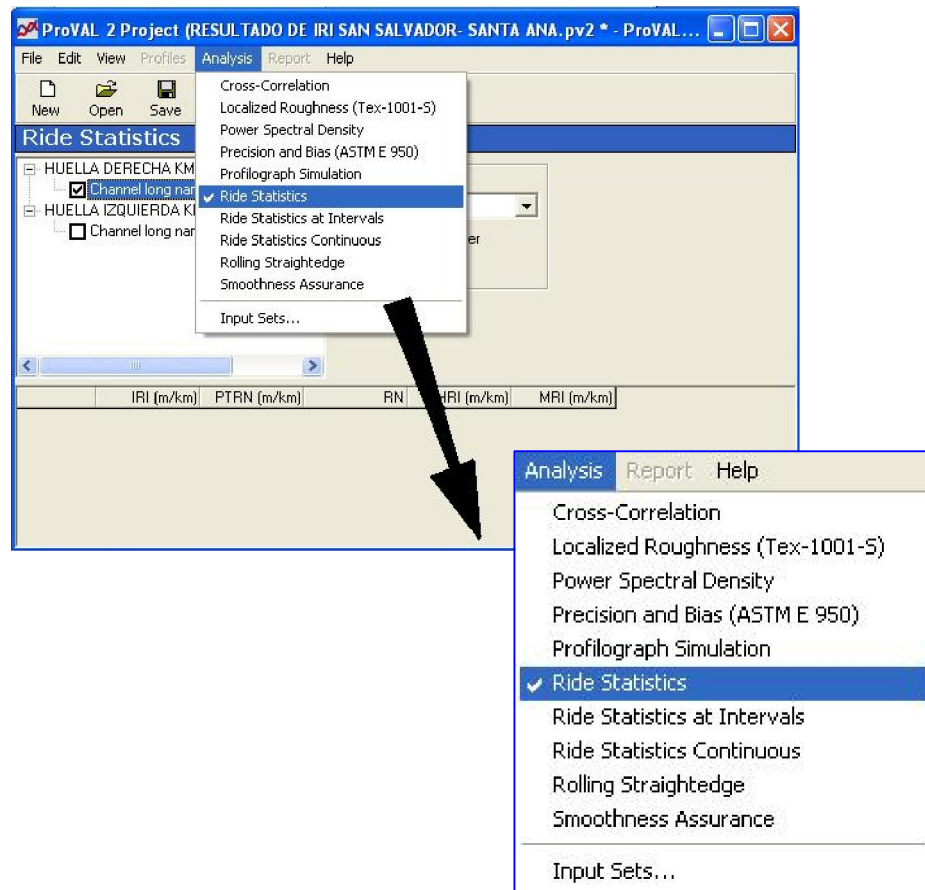
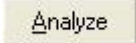


Fig. 3.81 Selección de Ride Statistics

Para el análisis Ride Statistics se elige la ventana Channel Long Name , después se selecciona el botón “Analyze”  para obtener el valor de IRI , PTRN y RN:

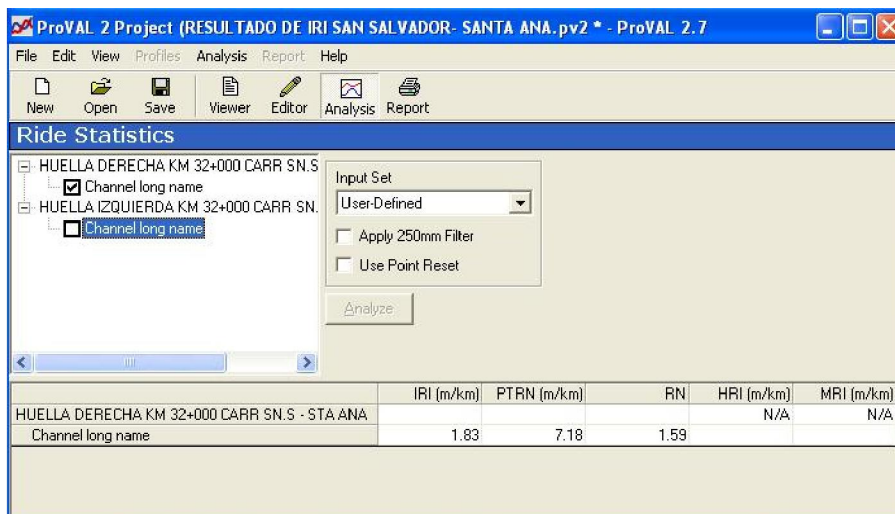


Fig. 3.82 Pantalla de Ride Statistics

	IRI (m/km)	PTRN (m/km)	RN	HRI (m/km)	MRI (m/km)
HUELLA DERECHA KM 32+000 CARR SN.S - STA ANA				N/A	N/A
Channel long name	1.83	7.18	1.59		

Fig. 3.83 Ampliación de ventana de resultados de IRI obtenidos

ANÁLISIS: RIDE STATISTICS AT INTERVALS (ESTADÍSTICA DEL RECORRIDO EN INTERVALOS)

Para elegir este tipo de análisis específico, se abre la barra de menú desplegable “Analysis” y se selecciona el deseado, en este caso Ride Statistics at Intervals, como se observa en la figura que sigue:

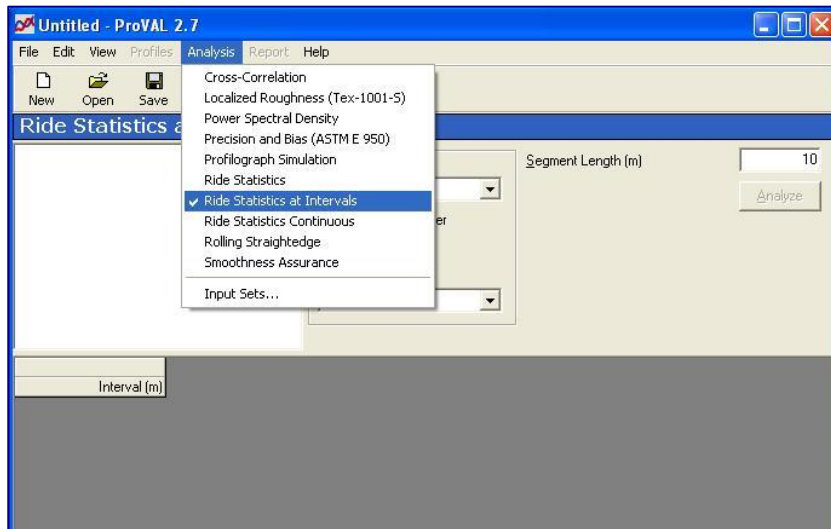


Fig. 3.84 Barra de menú desplegable Análisis

Luego, en la ventana desplegable Statistics se abre la pestaña para elegir el tipo de resultados requerido. Se elige IRI, y ya que en esta opción, se puede obtener el IRI en segmentos, se escribe el valor del intervalo en la ventana superior derecha de la pantalla (Segment Length).

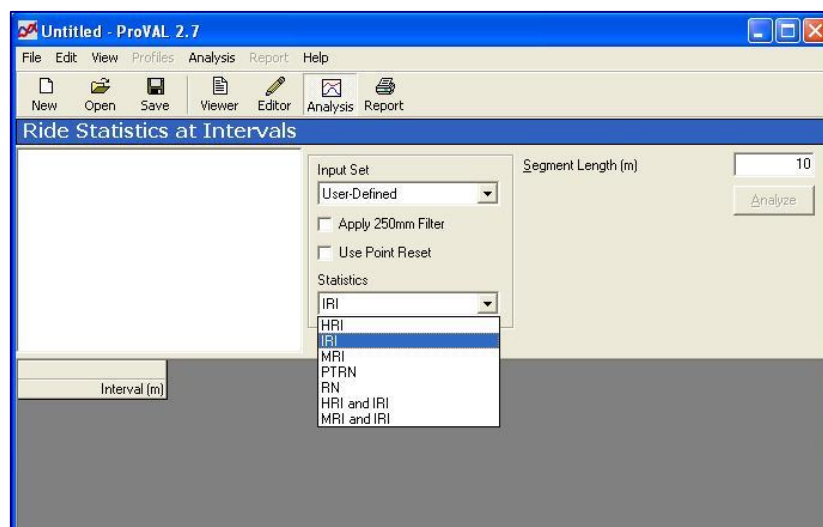


Fig. 3.85 Opciones de resultados en Ride Statistics at Intervals

Aquí se presentan los resultados con intervalos a cada 10 metros.

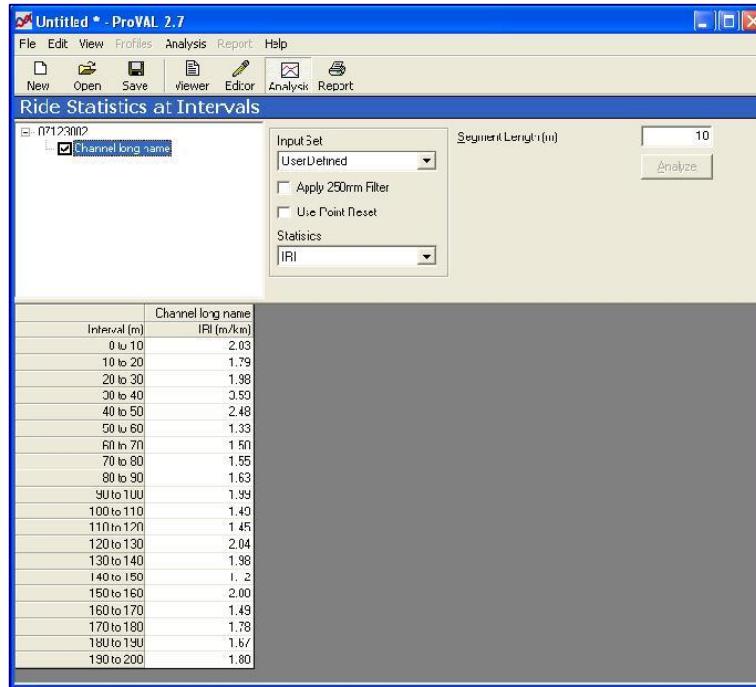


Fig. 3.86 Resultados de IRI a cada 10 metros

En la siguiente imagen se presentan los resultados con intervalos a cada 25 metros.

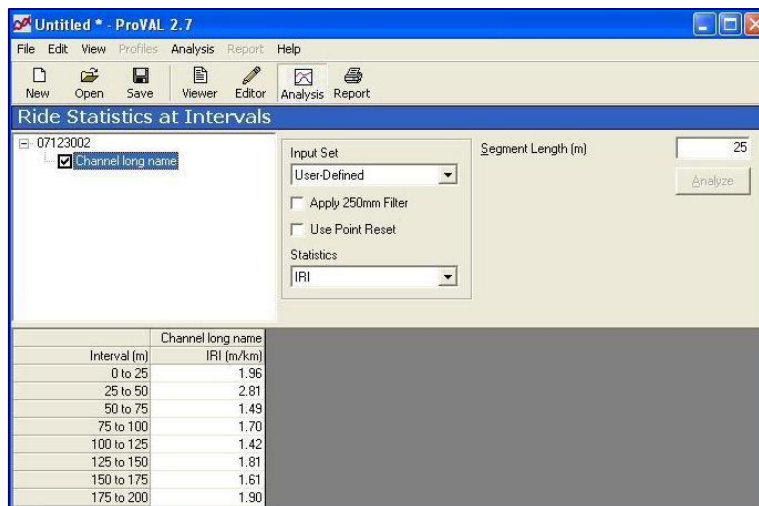


Fig. 3.87 Resultados de IRI a cada 25 metros

ANÁLISIS: RIDE STATISTICS CONTINUOUS. (ESTADÍSTICA DEL RECORRIDO CONTINUO)

Para elegir este tipo de análisis específico, se abre la barra de menús desplegable “Analysis” y se selecciona el deseado, en este caso Ride Statistics Continuous, así:

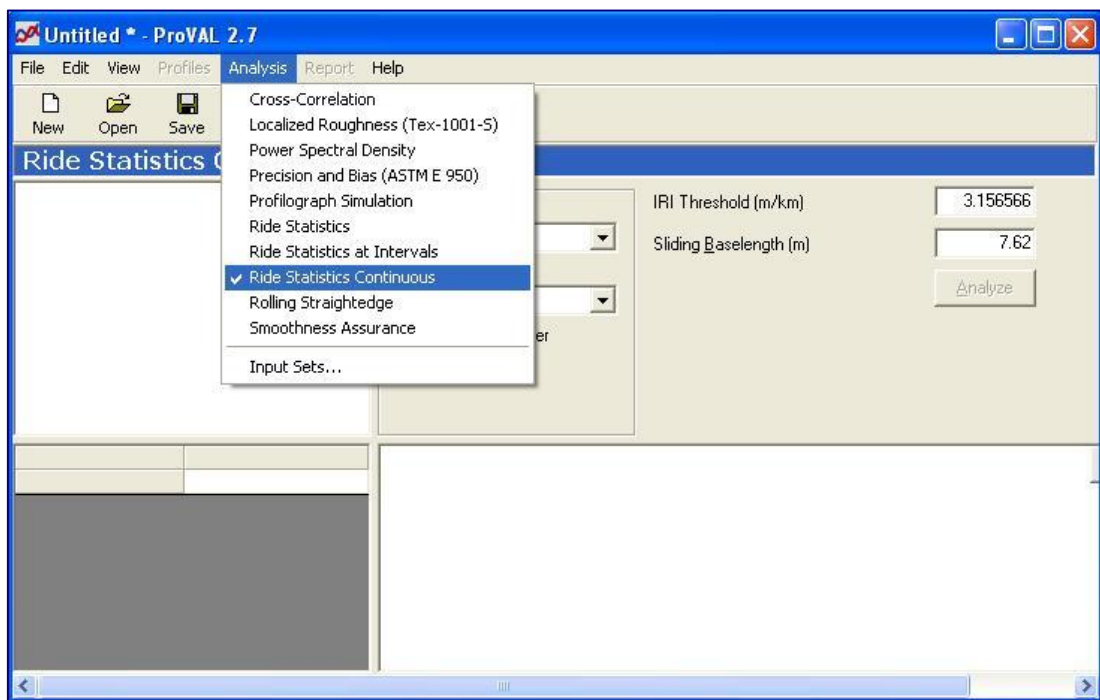


Fig. 3.88 Analisis Ride Statistics Continuous

Este tipo de análisis permite obtener un gráfico en el cual se marca un determinado valor de IRI, por ejemplo como se puede apreciar en la imagen siguiente, se elige un valor frontera de 2.5, es decir se observa gráficamente en que puntos el valor del Índice de Rugosidad Internacional están por debajo o arriba del valor elegido. Además en la casilla de Sliding Baselenght (Segmento Base de Desplazamiento) se coloca la longitud o largo del tramo del que se obtiene el IRI promedio, es decir, si el valor elegido es de 7.62 el resultado será el promedio de los

valores de IRI en tramos de 7.62m realizando un barrido continuo en toda la longitud medida obteniendo un promedio de IRI a cada 0.25m

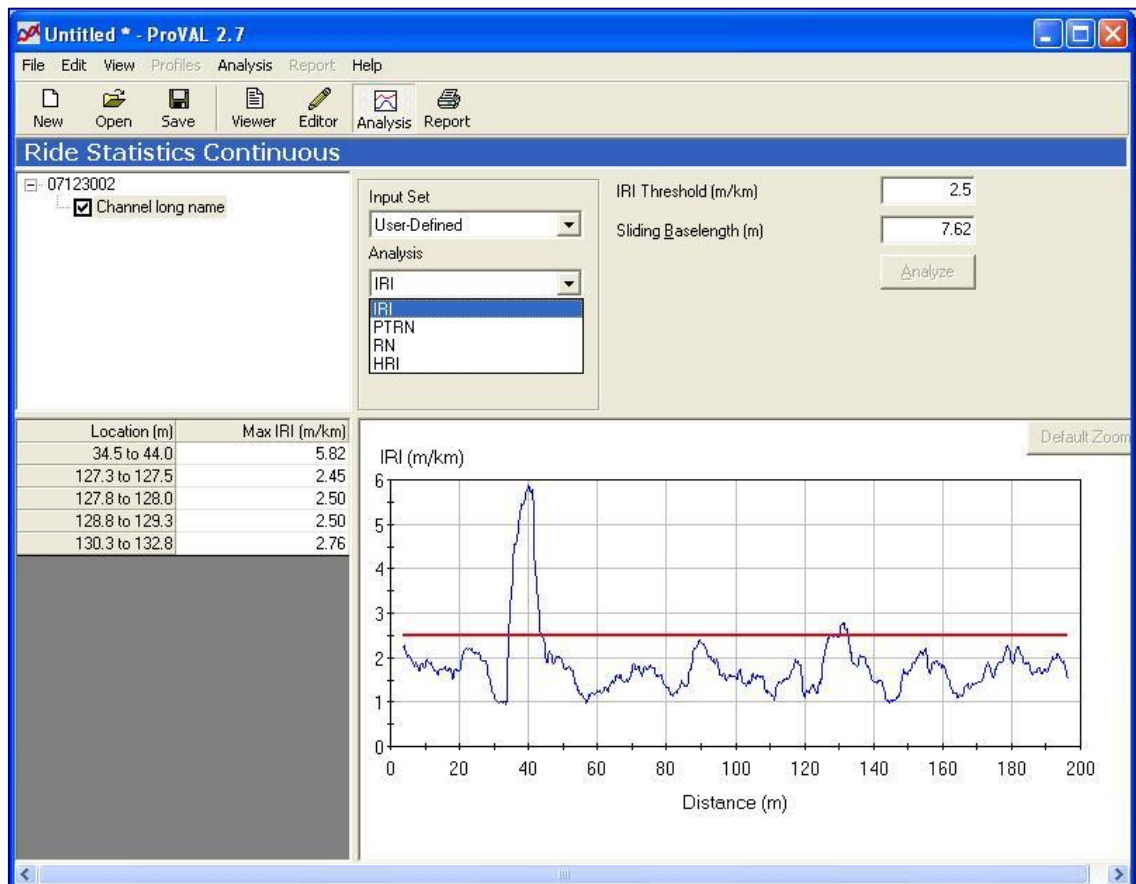


Fig. 3.89 Gráfico IRI – Distancia con Ride Statistics Continuous

REPORTES

Para generar documentos imprimibles o copiables que muestren los resultados obtenidos en los análisis, se utiliza la opción REPORTE. Como se muestra en la imagen siguiente, en la

ventana de la izquierda, se selecciona el nombre del análisis a desarrollar , como por ejemplo, Ride Statistics, aunque también da la opción de elegir uno o mas análisis. Luego se elige el ícono “Crear” y genera el reporte el cual se puede mandar a imprimir desde esa pantalla.

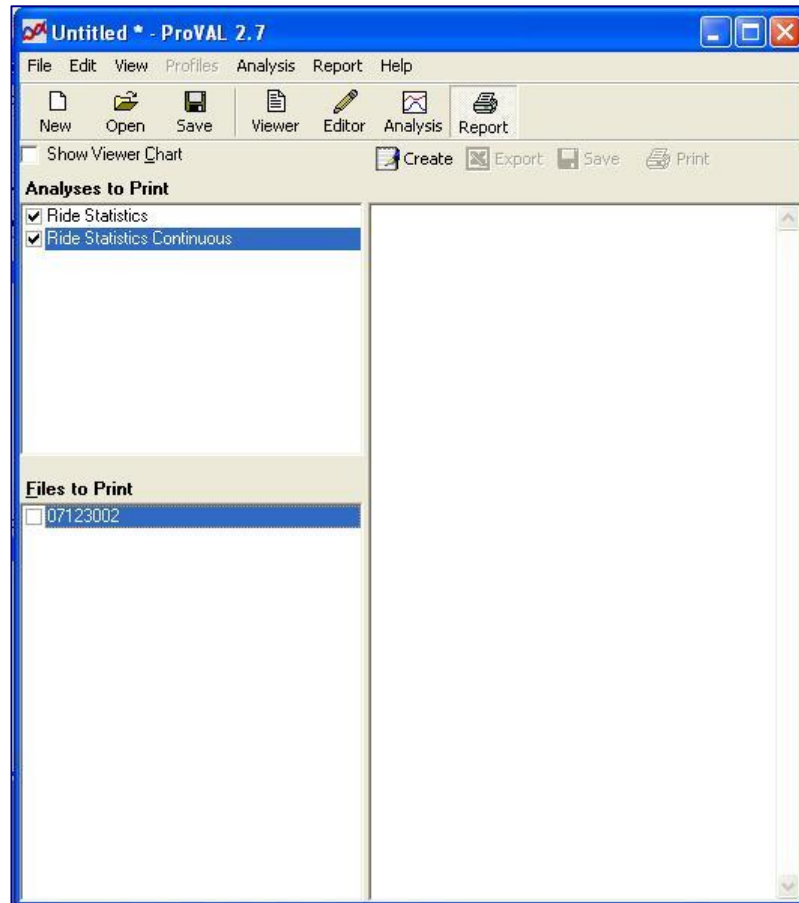
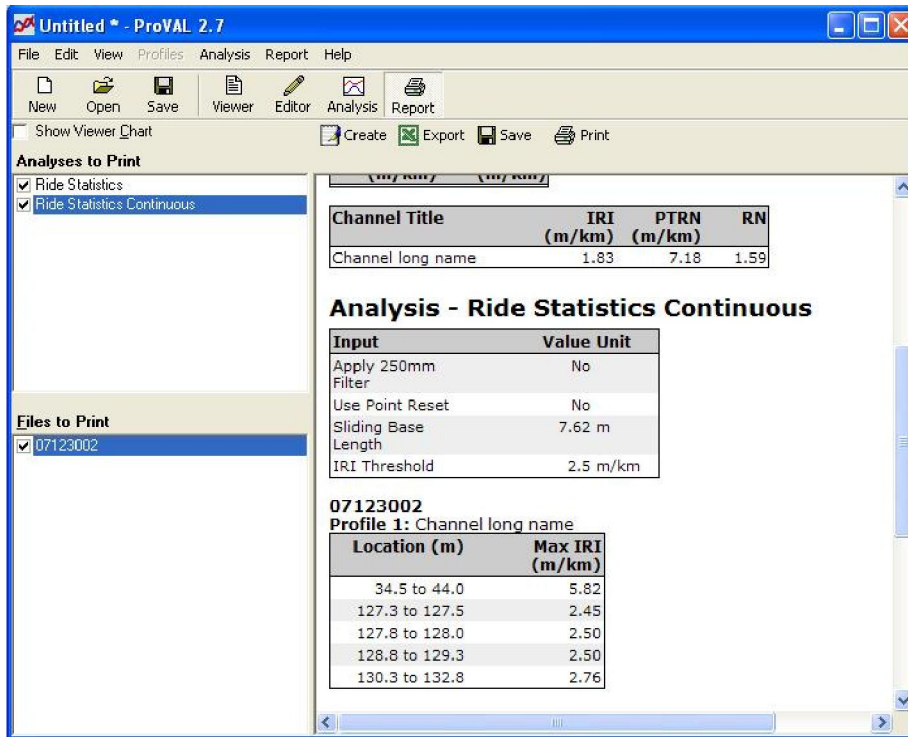


Fig. 3.90 Pantalla inicial del reporte

Los datos obtenidos se muestran a continuación, los cuales desde esta pantalla pueden imprimirse directamente o exportarla a una Hoja de Cálculo.



En la siguiente imagen se muestra la vista previa del reporte que se imprime directamente.

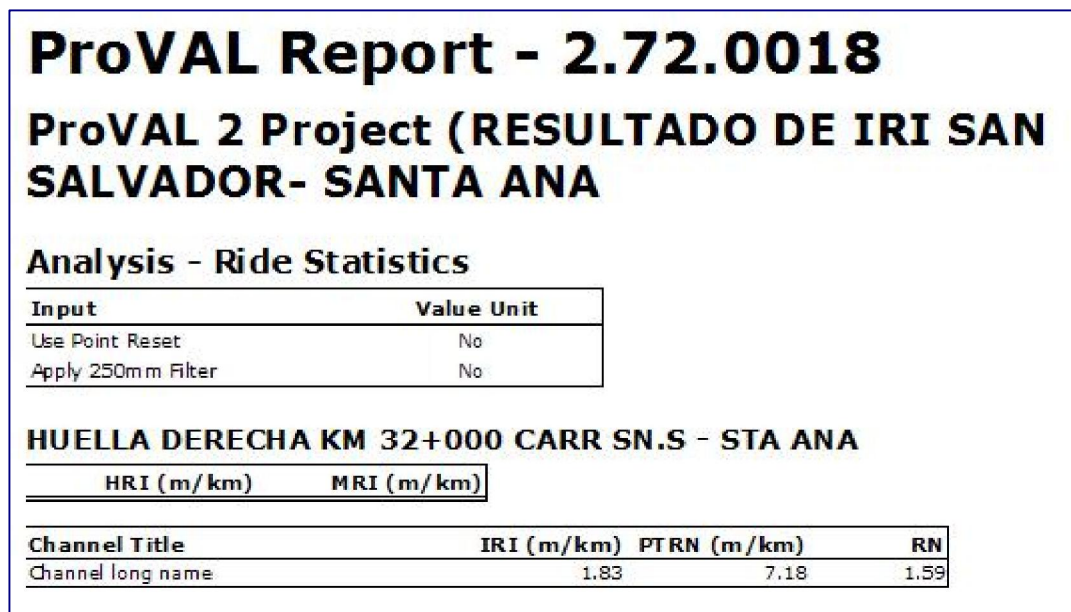


Fig. 3.92 Vista previa de reporte

En la siguiente pantalla se observa el reporte ya exportado a Hoja de Cálculo.

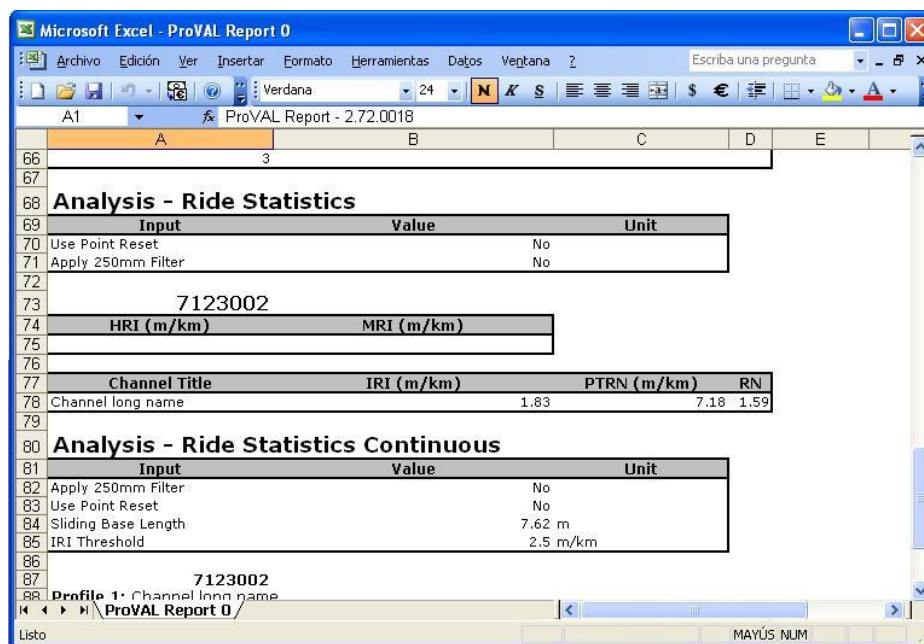


Fig. 3.93 Reporte en Hoja de Cálculo

3.6.3 VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE PERFILES DE PAVIMENTOS CON ROADRUF

3.6.3.1 ROADRUF

RoadRuf fue desarrollado por el Instituto de Investigación del Transporte de la Universidad de Michigan (UMTRI) en colaboración con la Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos (FHWA) en un proyecto de investigación llamado Interpretación de Datos del Perfil de la Rugosidad de los Caminos. Los algoritmos usados en el software son los mismos que han sido publicados por los investigadores de la UMTRI: Sayers, Karamitas y Gillespie en varios reportes técnicos de la FHWA, TRB y el Banco Mundial.

RoadRuf es un conjunto integrado de herramientas computacionales para interpretación de datos de perfiles de rugosidad de carreteras. Se utiliza para proveer análisis tales como el IRI y el RN (Ride Number) en un paquete utilitario amigable para la implementación inmediata por los usuarios de perfilómetros y provee un punto de referencia para desarrolladores de perfilómetros y software de análisis de perfiles.

3.6.3.2 INSTALANDO EL PROGRAMA

Al seleccionar el ícono del menú se abre el programa de instalación de RoadRuf (ver siguiente imagen). Seleccione el directorio de destino apropiado y elija **Full – Install All Files (Completo – Instale todos los archivos)**.

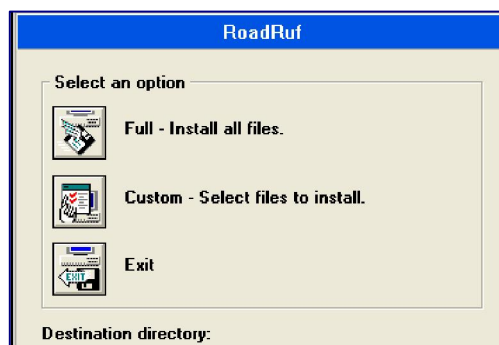


Fig. 3.94 Instalación de RoadRuf

El software será instalado al directorio. Cuando aparezca el mensaje para crear los 'Grupos de Manejo del Programa' ('Program Manager Groups') seleccione **Yes (Si)**. Una serie de pantallas se abrirán momentáneamente y el programa de instalación finalizará.

También el programa en su versión más reciente esta disponible en el sitio de Internet de la UMTRI: <http://www.umtri.umich.edu/erd/rougness/rr.html>

Cuando el programa RoadRuf es iniciado la pantalla de abajo es mostrada:

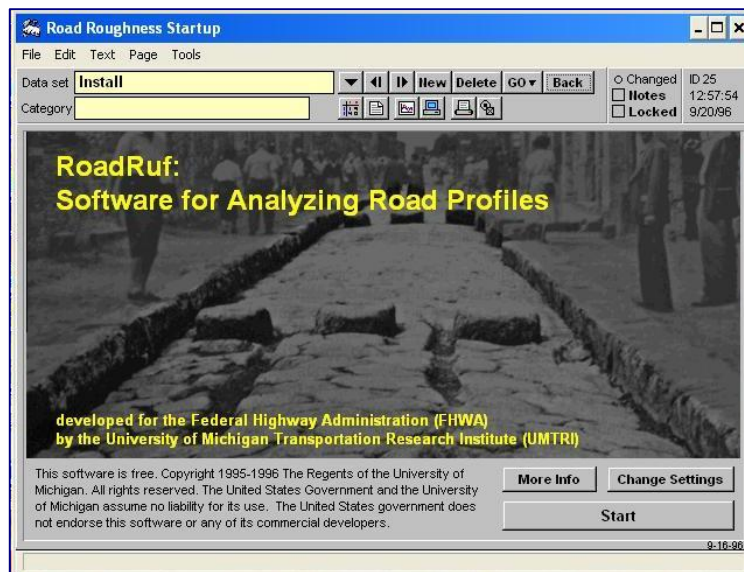


Fig. 3.95 Pantalla de inicio del RoadRuf

La pantalla de configuración del RoadRuf se muestra abajo. Es necesario confirmar la configuración para el análisis.

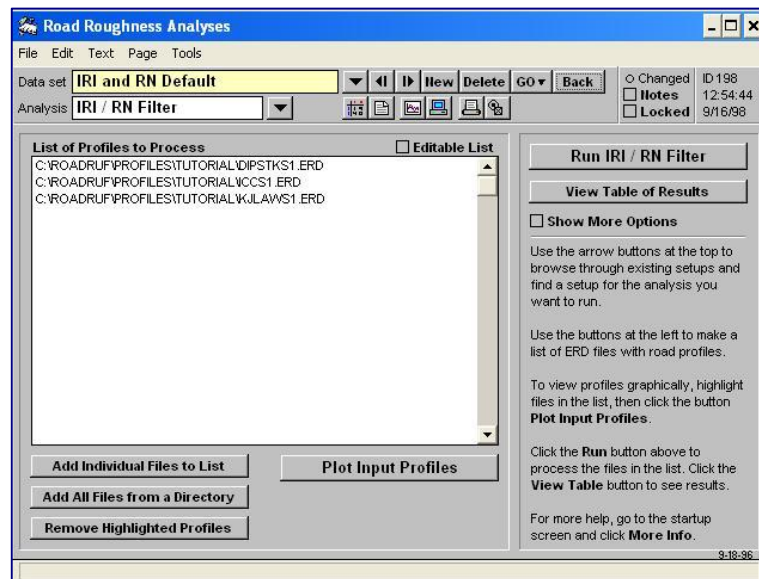


Fig. 3.96 Pantalla de configuración del RoadRuf

Seleccione la caja **Show More Options (Muestre Mas Opciones)** y la caja **Create Output Plot Files (Crear Archivos de Salida para Impresión)** para ver todas las opciones de configuración. La pantalla es como la que se muestra.

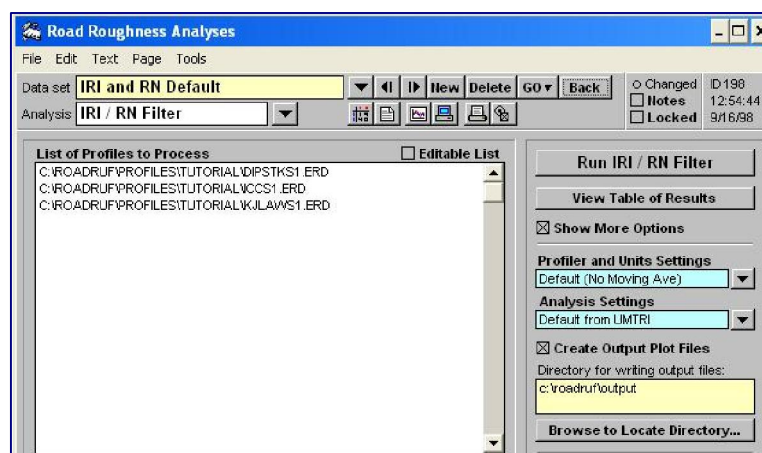


Fig. 3.97 Mostrar más opciones

En la pantalla de análisis la configuración debe ser:

Configuración de Datos – Filtros IRI y RN

Análisis – Filtro IRI/RN

Seleccione **Profile and Units Setting (Configuración de Perfil y Unidades)** y el menú como el de abajo será desplegado. Asegúrese que **Default (SI Units) [Por Defecto – Unidades SI]** es seleccionado.

Asegúrese que bajo la **Analysis Settings (Configuración de Análisis)** la selección es para **Default from UMTRI (Por Defecto de UMTRI)**.

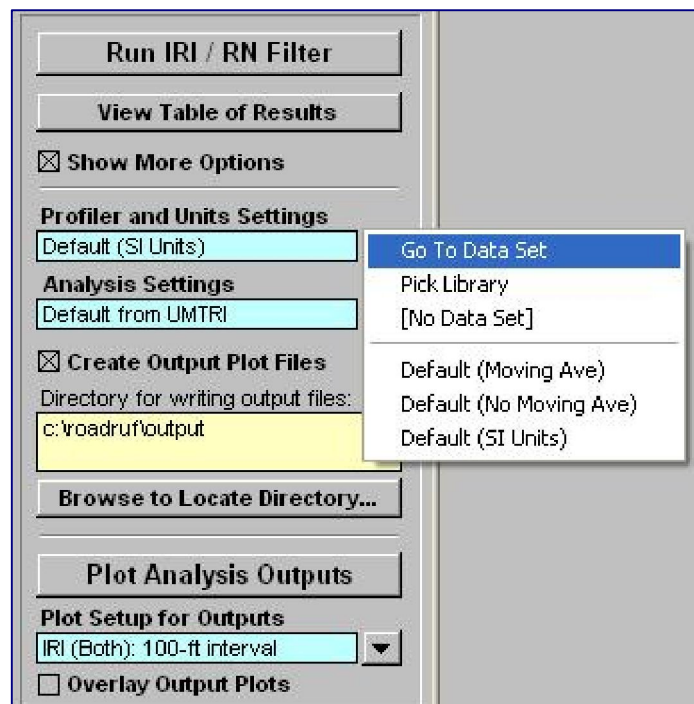


Fig. 3.98 Configuración de Unidades y Perfilómetro

3.6.3.3 ARCHIVOS:

Es necesario seleccionar los archivos para el análisis. RoadRuf usa archivos con terminación .erd los cuales son creados por el Z-250 en la medición. Estos tienen un formato específico también un encabezado.

Los archivos son seleccionados usando el botón **Add Individual Files to List (Agregue Archivos Individuales a la Lista)** el cual abre la ventana de abajo. Es necesario haber copiado los archivos Z-250 a la PC antes que ellos sean analizados. La carpeta que contiene los archivos Z-250 debe ser seleccionada.

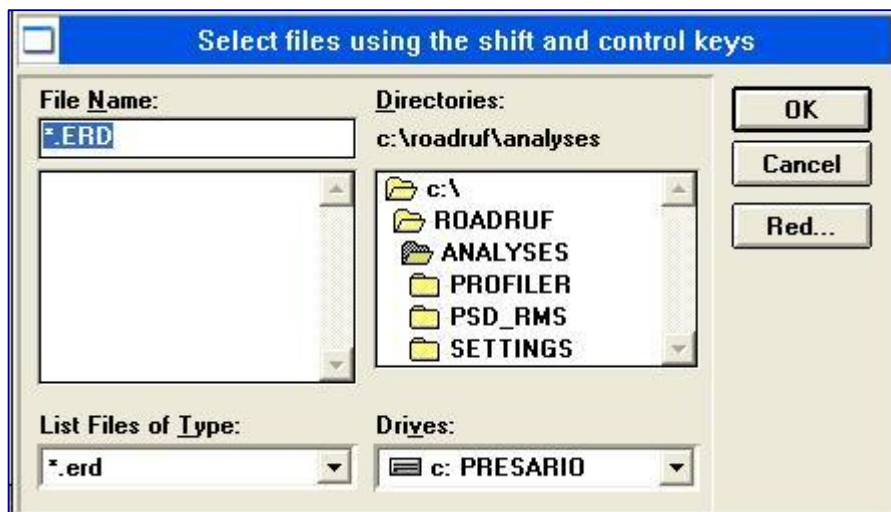


Fig. 3.99 Pantalla de apertura de archivos

Asegúrese que **Create Output File (Crear Archivo de Salida)** es seleccionado. Los resultados serán escritos a una carpeta listada en la ventana de abajo. Una ubicación alternativa puede ser seleccionada.

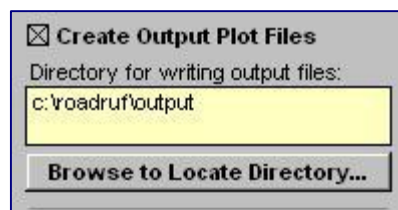


Fig. 3.100 Creación archivo de salida

3.6.3.4 CORRIENDO UN ANÁLISIS

Elija Por Defecto UMTRI y vista del intervalo de impresión, esto es donde el largo del análisis es seleccionado, usualmente 100, cambie al valor seleccionado.

Para correr un análisis seleccione RUN IRI|RN Filter. Cada uno de los archivos en la lista será analizada. (ej es posible analizar archivos múltiples en una sola corrida). Cuando el análisis esta completo, seleccione View Table of Results (Vista de Tabla de Resultados).

Esto es un desplegado del IRI para la sección y también para los intervalos individuales de 100 m dentro de la sección. Note que el RN o Ride Number es también desplegado.

3.6.3.5 ANÁLISIS DE LA MUESTRA

Cuando el Programa RoadRuf fue instalado, archivos de datos de muestra del estudio LTPP fueron instalados a c:\RoadRuf. Para ilustrar el análisis estos serán procesados y revisados.

Sombree todos los archivos en la ventana 'List of Files to Process' ('Lista de Archivos a Procesar')

Seleccione **Remove Highlighted Profiles (Quitar Perfiles Sombreados)**

Seleccione **Add Individual Files to the List (Agregue Archivos Individuales a la Lista)**

Localice la carpeta **c:\RoadRuf**

Sombree y seleccione todos los archivos tipo .erd en la carpeta.

Seleccione **OK**. La ventana de análisis del RoadRuf se vera como la de abajo

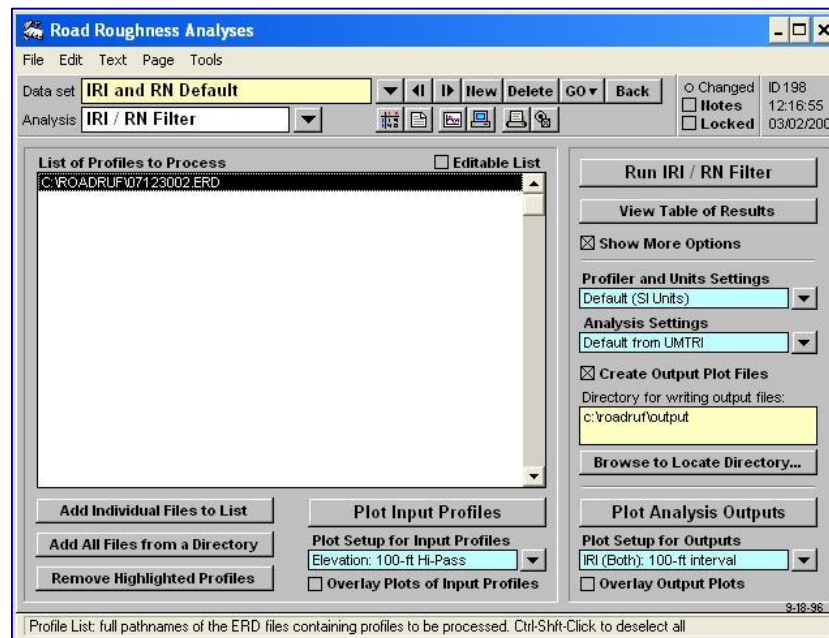


Fig. 3.101 Lista de archivos a procesar en ventana principal

➤ Seleccione **Run IRI|RN Filter** para analizar los perfiles.

- Seleccione **View Table of Results (Vista de Tabla de Resultados)** para ver el resultado del análisis. Datos como los de abajo serán mostrados. Aquí se ve que las secciones eran de 200.0 m de longitud y despliega el IRI (in inches/mile) [en pulgadas/milla] a todo lo largo, y el Numero de Recorrido (Ride Number).

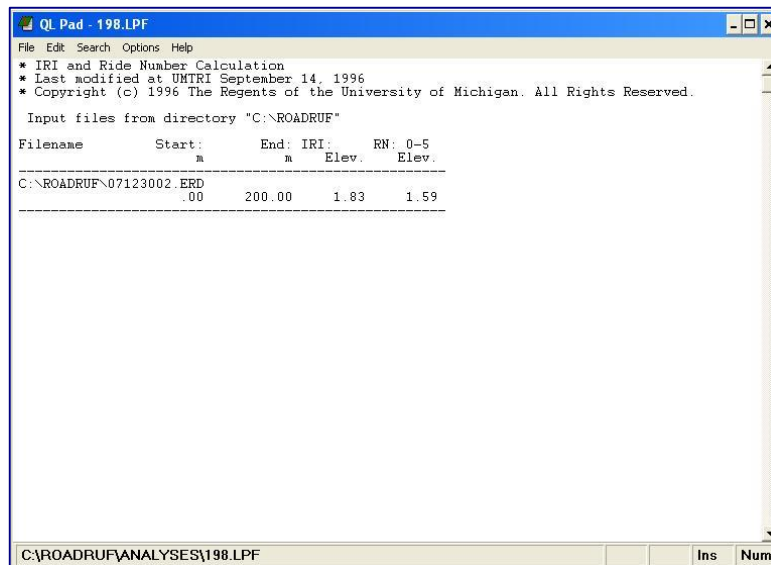


Fig. 3.102 Resultados de IRI

Sombree el nombre del perfil C:\ROADRUF\94061901.ERD en la lista de archivos.

Seleccione **Plot Input Profiles (Imprima Archivos de Entrada)**.

El perfil de elevaciones será impreso como se muestra abajo.

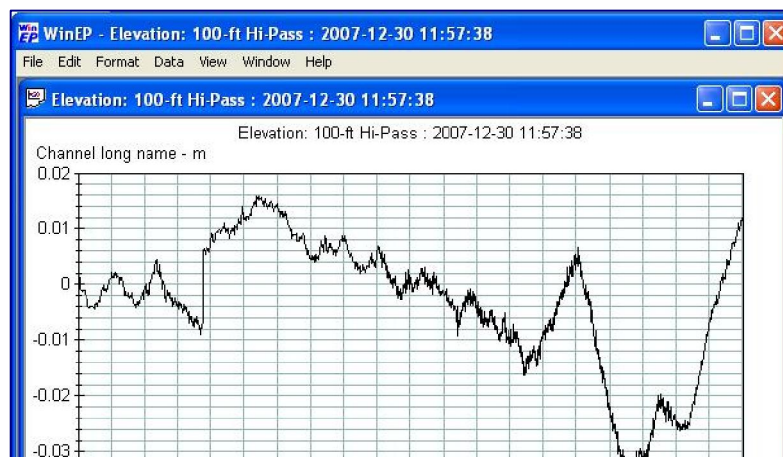


Fig. 3.103 Grafico Elevación-Distancia

Seleccione **Plot Analysis Outputs (Imprima Resultado de Análisis)** para desplegar la acumulación del IRI a lo largo de la sección (vea abajo).

Cualquier cambio inesperado puede ser signo de errores en los datos.

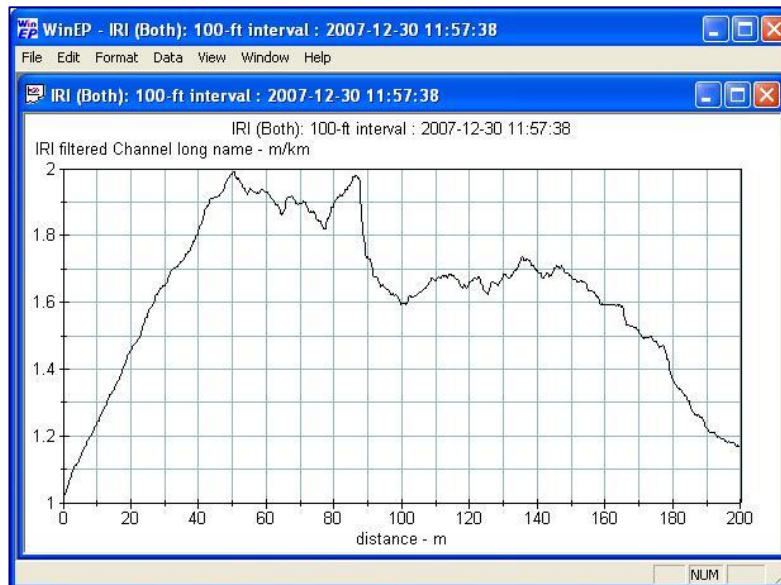


Fig. 3.104 Grafico IRI-Distancia

3.6.4 IRI EN TRAMOS DE CARRETERAS DE EL SALVADOR USANDO EL PERFILÓMETRO ROMDAS Z-250

Se han elegido para este análisis, tramos de carreteras de las cuales interesa conocer específicamente el IRI. Para llevar a cabo esta tarea se va a utilizar solamente el programa Proval.

3.6.4.1 CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA.

Se eligió un tramo de carretera CA1, frente a las ruinas de San Andrés en el municipio de San Juan Opico, departamento de La Libertad.

Se tomaron datos del carril derecho en el sentido San Salvador – Santa Ana, desde la estación 32+000 hasta la 32+200, en ambas huellas.



Fig. 3.105 Toma de datos en carretera a Santa Ana Km 32+000



Fig. 3.106 Toma de datos con Perfilómetro ROMDAS Z-250



Fig. 3.107 Señalización utilizada en toma de datos



Fig. 3.108 Operación del Perfilómetro ROMDAS Z-250

A continuación se presentan los datos del archivo de texto obtenido en la huella derecha ⁽¹⁾. Se puede observar que son tres columnas separadas por comas: La primera columna corresponde a la distancia recorrida acumulada, en metros (cada 0.25 metros) por el Perfilómetro. La segunda columna representa la elevación del pie delantero con respecto al pie trasero, la cual puede ser positiva o negativa, dependiendo esto si la cota es superior o inferior. La tercera columna es la acumulación de la elevación del perfil, obteniéndose por medio de una suma algebraica acumulada.

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
0.000	0.000000	0.000000
0.250	-0.000296	-0.000296
0.500	-0.001249	-0.001546
0.750	-0.001465	-0.003011
1.000	-0.00166	-0.002845

Fig. 3.109 Cuadro de datos del archivo de texto

(1) Aquí se presenta solo una pequeña parte, en los anexos se encuentra todo el texto.

El gráfico distancia (m) – elevación (cm.) de los datos presentados anteriormente se muestra a continuación y en ella se observa, que esta sección de carretera es poco inclinada, ya que la diferencia de niveles en el tramo analizado es de menos de 15 cm. para ambas huellas.

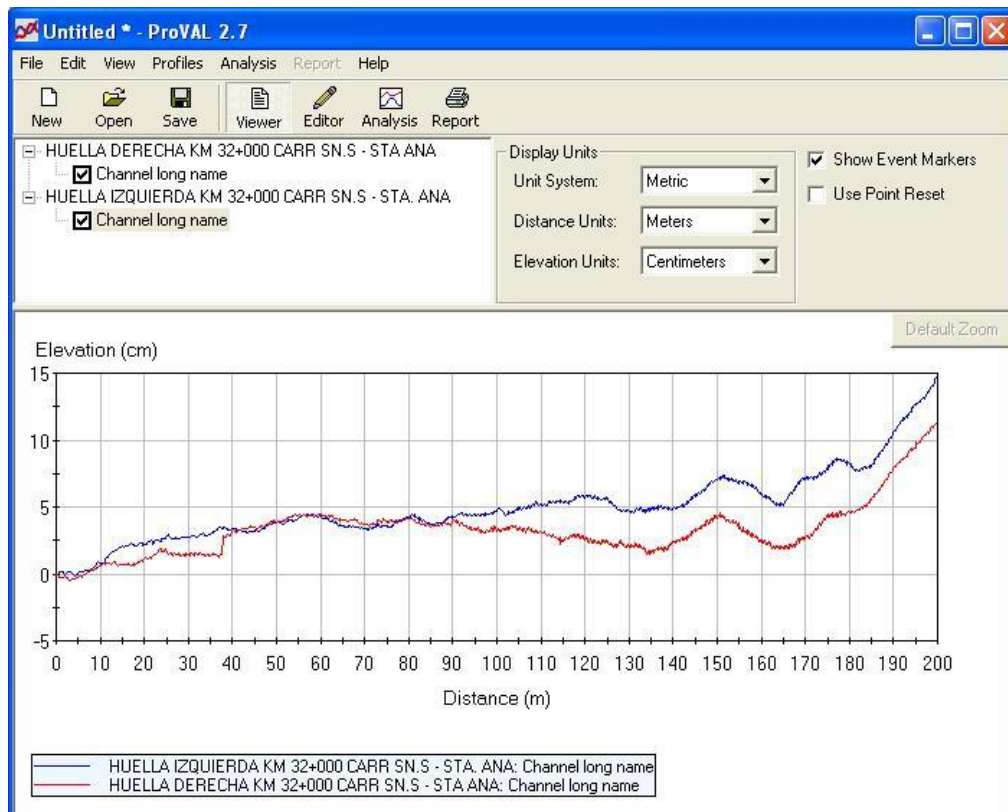


Fig. 3.110 Pantalla Viewer

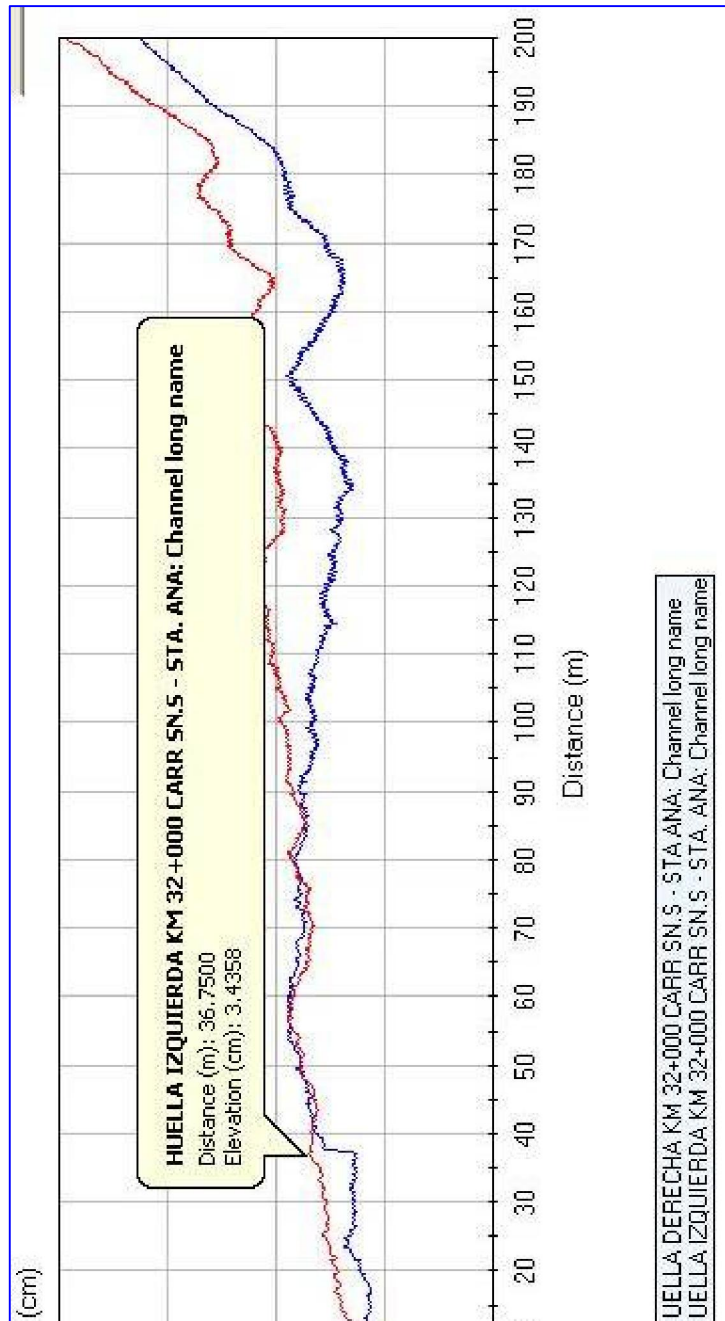


Fig. 3.111 Grafico Distancia - Elevación

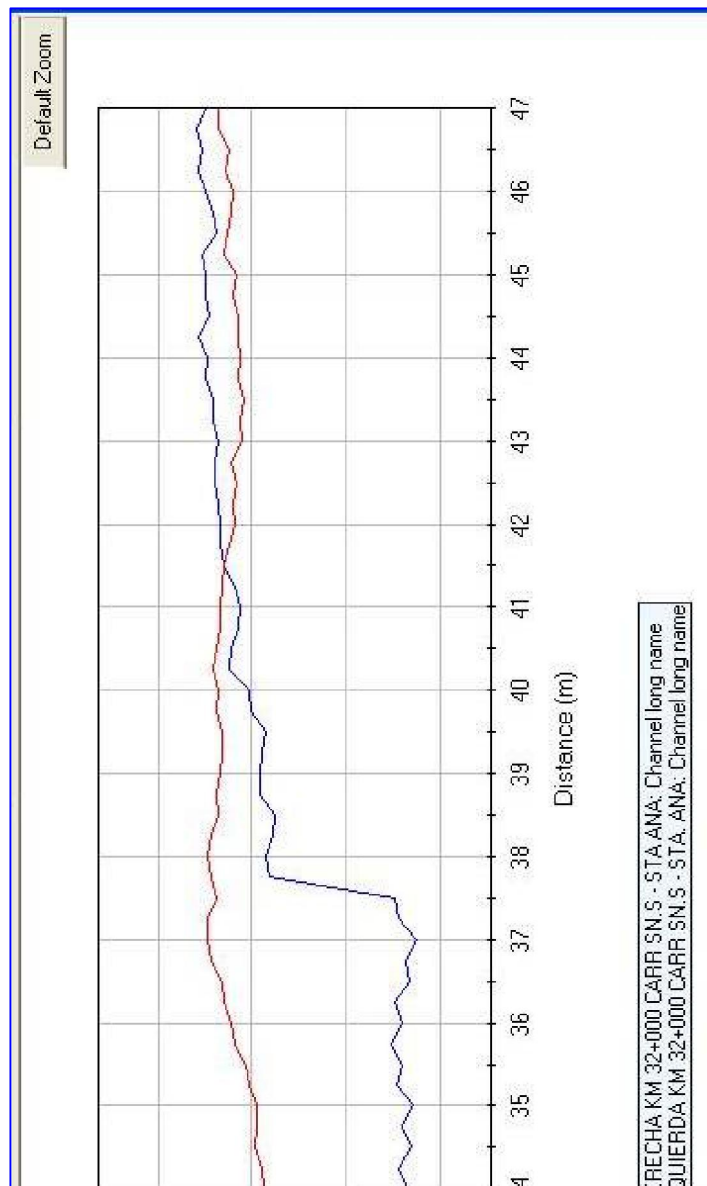


Fig. 3.112 Gráfico Distancia – Elevación (acercamiento de figura 3.111)

A continuación se muestran los resultados de IRI, en metros / kilómetros (m/km) tomados en ambas huellas del carril derecho de la carretera en análisis.

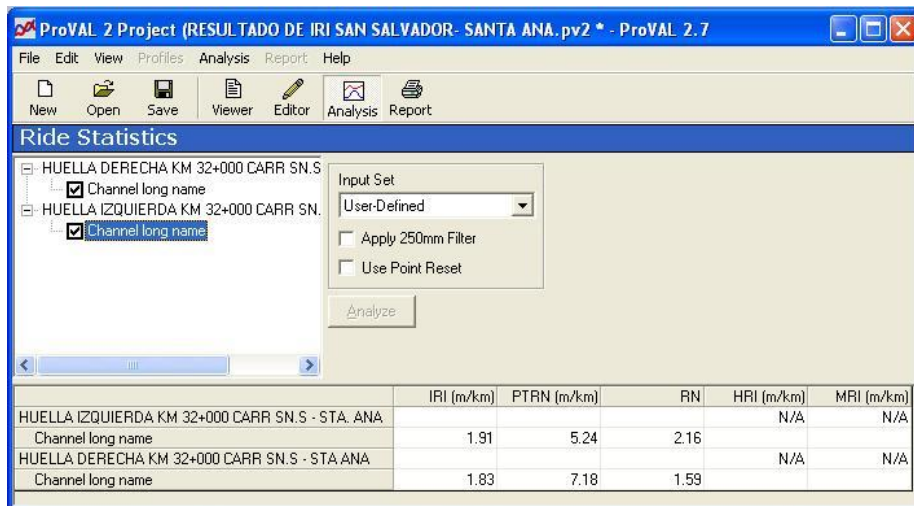


Fig. 3.113 Resultados de IRI tomados en ambas huellas

En la próxima tabla se presenta valores de IRI en intervalos de 25 metros correspondientes a la huella derecha del tramo analizado, dichos valores están comprendidos entre 1.42 y 2.81 m/km.

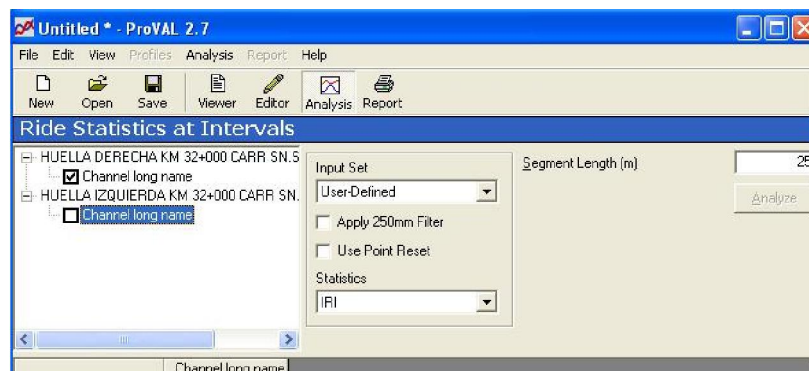


Fig. 3.114 Resultados de IRI a cada 25m (Huella Derecha)

Luego en la siguiente tabla se presenta valores de IRI de la huella izquierda igualmente en intervalos de 25 metros y los valores obtenidos oscilan entre 1.36 y 2.40 m/km.

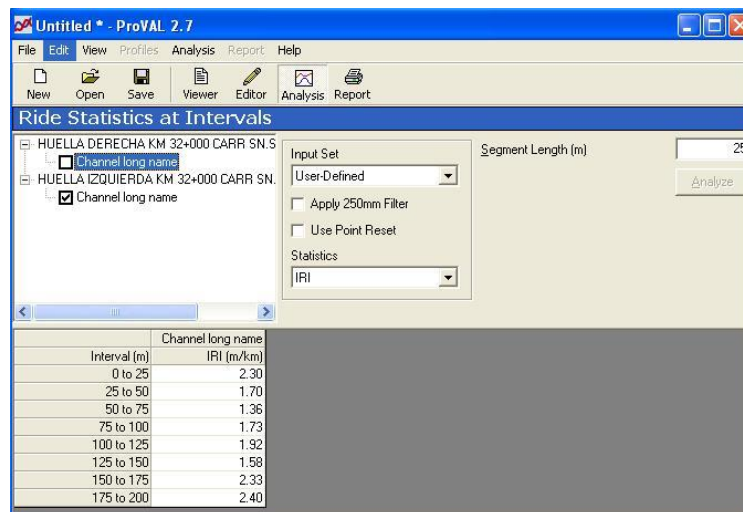


Fig. 3.115 Resultados de IRI a cada 25m (Huella izquierda)

Continuando con el análisis de resultados en el cuadro mostrado abajo se presenta el gráfico de IRI (m/Km.) vs. Distancia (m), correspondiente a la huella derecha en cual se observa una línea frontera que representa el valor de IRI de 2.5 m/km. Por lo que se puede observar los tramos de IRI que están abajo y sobre este valor.

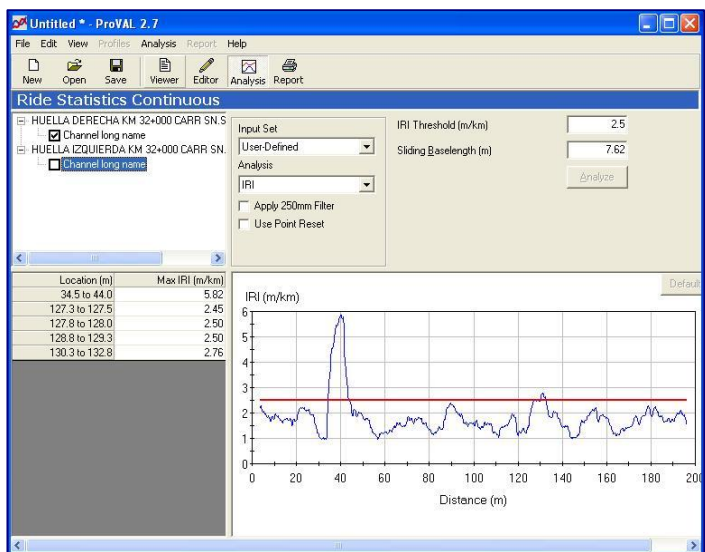


Fig. 3.116 Resultados de IRI a cada 25m (Huella izquierda)

Este gráfico corresponde a la huella izquierda e igualmente se muestra la línea base que limita los valores de IRI menores y mayores a 2.5 m/km.

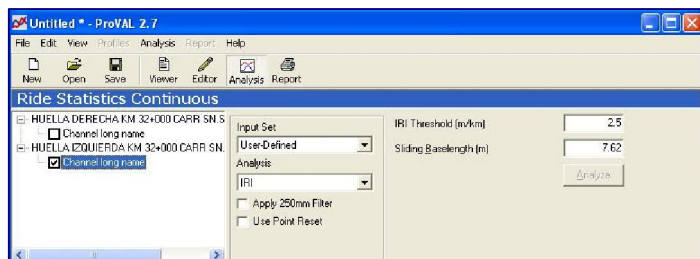


Fig. 3.117 Resultados de IRI a cada 25m (Huella izquierda)

De acuerdo a los resultados obtenidos del tramo de carretera analizado y según la Norma ASTM E-1926 - 98 se concluye que esta carretera presenta las siguientes características de calidad:

- El IRI resultante es el promedio de IRI de las huellas derecha e izquierda que en este caso es de 1.87 m/Km.
- Manejo confortable arriba de 120 km/hora
- No hay depresiones baches o corrugaciones no son fácilmente visibles.
- Depresiones < 2 mm a 3 mm.
- Típicamente corresponde a asfaltos de alta calidad.

3.6.4.2 BOULEVARD LUIS POMA.



Fig. 3.118 Boulevard Luís Poma



Fig. 3.119 Tramo de análisis en Boulevard Luis Poma Km. 2+000



Fig. 3.120 Toma de datos con Perfilómetro ROMDAS Z-250



Fig. 3.121 Toma de datos con Perfilómetro ROMDAS Z-250

Se eligió el tramo de carretera a partir del km 2+000, con dirección de Poniente a Oriente en el municipio de Antigua Cuscatlán departamento de La Libertad y los resultados son los siguientes: A continuación se muestran los resultados de IRI, en metros / kilómetros (m/km) tomados en ambas huellas de la carretera en análisis.

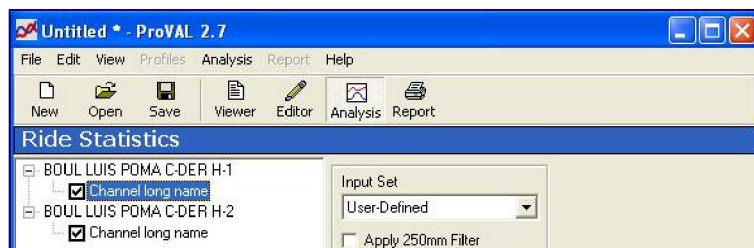


Fig. 3.122 Resultados de IRI en ambas huellas.

En esta tabla se presenta valores de IRI en intervalos de 10 metros correspondientes a la huella derecha del tramo analizado, dichos valores están comprendidos entre 2.29 y 3.90

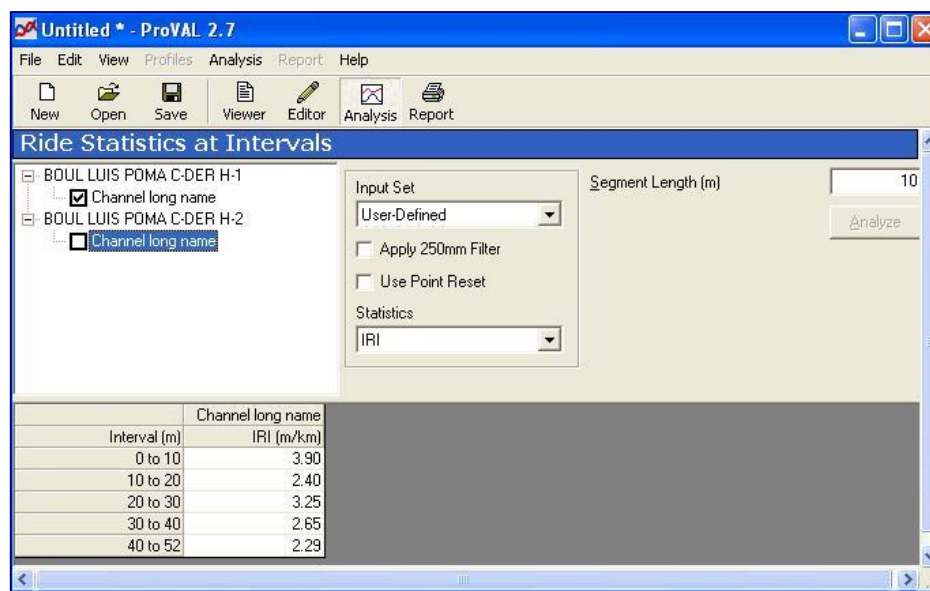


Fig. 3.123 Resultados de IRI huella derecha.

Luego en la siguiente tabla se presenta valores de IRI de la huella izquierda igualmente en intervalos de 10 metros y los valores obtenidos oscilan entre 1.71 y 3.69 m/km.

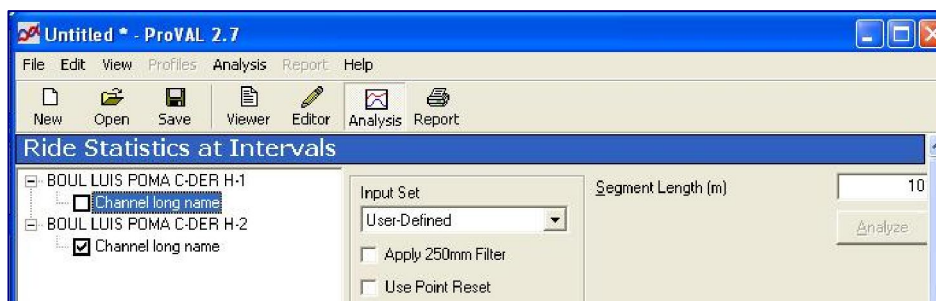


Fig. 3.124 Resultados de IRI huella izquierda.

Continuando con el análisis de resultados en el cuadro mostrado abajo se presenta el gráfico de IRI (m/Km.) vs. Distancia (m), correspondiente a la huella derecha en cual se observa una línea frontera que representa el valor de IRI de 2.5 m/km. Por lo que se puede observar los tramos de IRI que están abajo y sobre este valor.

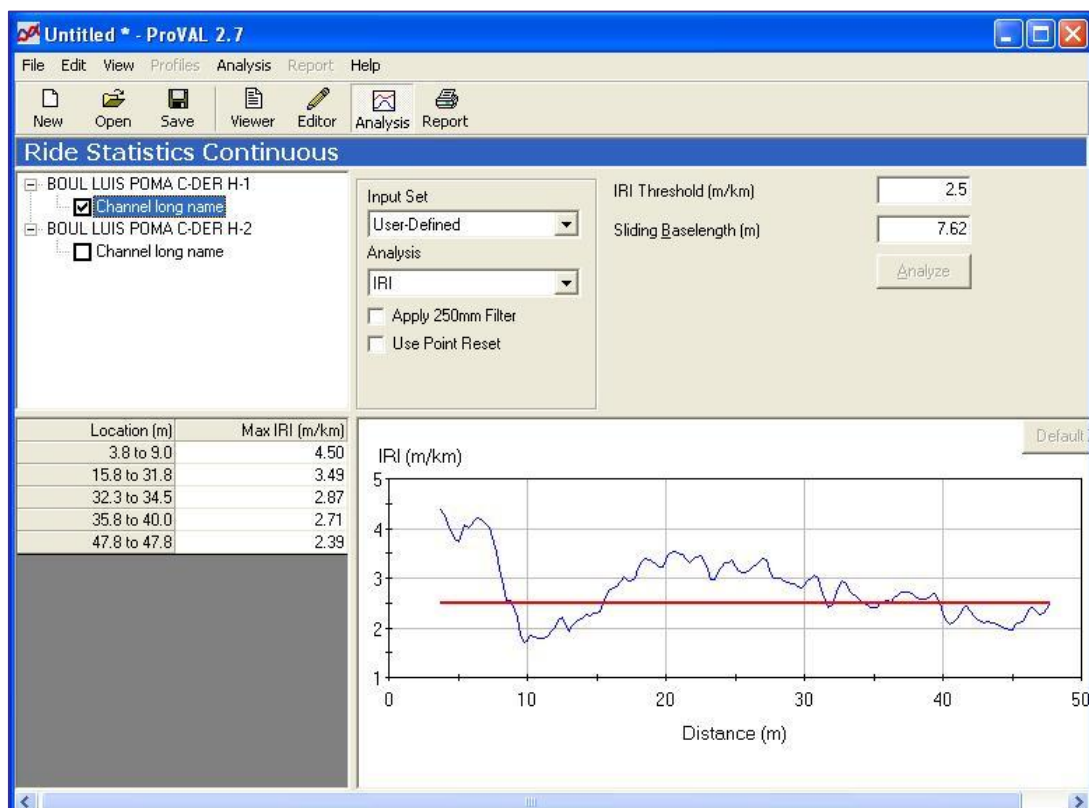


Fig. 3.125 Grafico IRI – Distancia de huella derecha con Ride Statistics Continuos

Aquí se presenta el grafico para la huella izquierda.

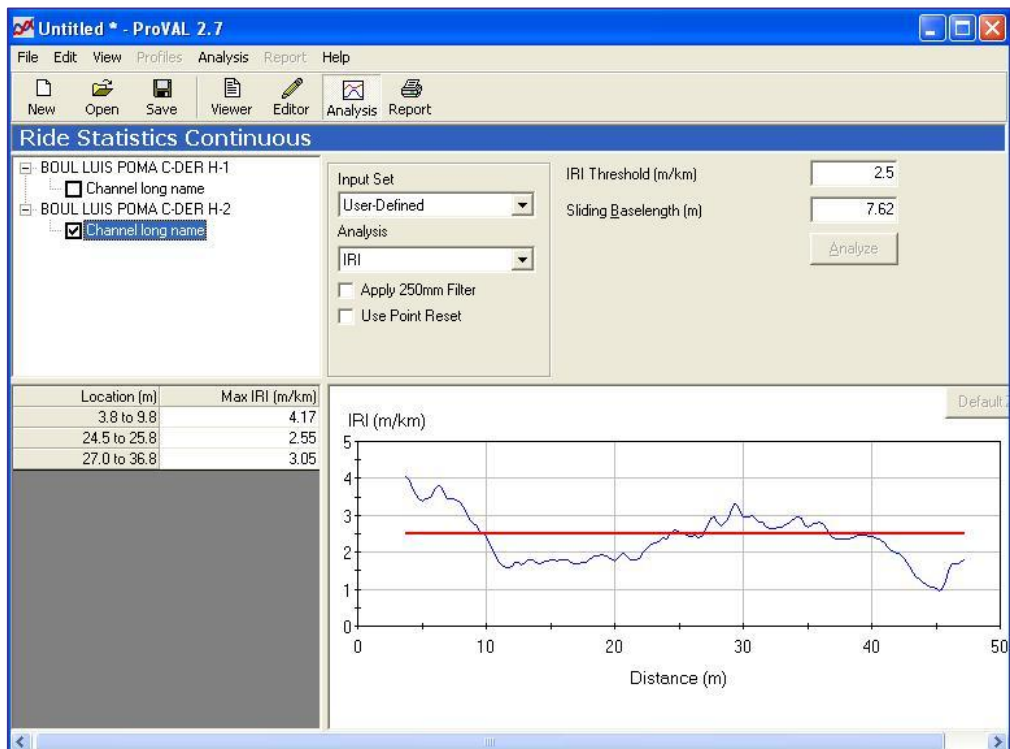


Fig. 3.126 Grafico IRI – Distancia de huella izquierda con Ride Statistics Continuos

De acuerdo a los resultados obtenidos del tramo de carretera analizado y según la Norma ASTM E-1926 - 98 se concluye que esta carretera presenta las siguientes características de calidad:

- El IRI resultante es el promedio de IRI de las huellas derecha e izquierda que en este caso es de 2.68 m/Km.
- Manejo confortable arriba de 120 km/hora
- No hay depresiones baches o corrugaciones no son fácilmente visibles.
- Depresiones < 2 mm a 3 mm.
- Tratamiento superficial de alta calidad.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.0 CONCLUSIONES

- Con el dato obtenido en el tramo de pavimento en uso del Boulevard Luís Poma que fue de 2.68 m/Km. y con el de la carretera a Santa Ana que fue de 1.87m/Km. se concluye que ambas carreteras se encuentran en excelentes condiciones para el tránsito vehicular, esto de acuerdo a la escala de estimación de la rugosidad de carreteras de la norma ASTM E-1926-98 en la cual se menciona que permite un manejo confortable arriba de 120 Km./hora.

- El Perfilómetro ROMDAS Z-250, es un equipo que permite hacer mediciones de perfil con precisión de 0.1 mm, lo cual lo convierte en un Perfilómetro de clase 1, lo que garantiza obtener valores de IRI bastante precisos.

- Se ha determinado que el rendimiento del equipo ROMDAS Z-250 es de 100 metros en una hora, es decir que para completar la medición de un carril de 100 metros se

necesita 2 horas para ambas huellas, esto puede variar dependiendo de la destreza de los operadores.

- Para obtener un valor representativo de IRI se toman tramos de carretera de 200 a 300 metros

4.1 RECOMENDACIONES

- Se debe preparar el equipo Z-250 con anticipación por lo menos un día antes de la toma de datos, es decir carga de baterías del sistema, tanto del Data Logger como del Z-250. También asegurarse que el Software Z-250 este instalado en el Colector de Datos.
- Es necesario tener una batería de repuesto para el Colector de Datos, para evitar inconvenientes en el campo, de preferencia se debe usar baterías originales y así tener más garantía en cuanto al tiempo de duración de uso de dicha batería.
- Antes de cada uso el Perfilómetro debe ser calibrado y nivelado, teniendo sumo cuidado de protegerlo durante el traslado y uso.

- Es de suma importancia, antes de iniciar las mediciones, hacer un recorrido en el tramo a medir para asegurarse que esté libre de obstáculos que puedan entorpecer el desarrollo del trabajo.
- El tramo de carretera a medir debe ser recto, sin cruces de calles, sin baches, tapaderas de pozos de visita, puentes u otra obra que haga cambios bruscos del perfil a medir.
- Se debe marcar con tiza, crayón u otro elemento parecido, la línea a seguir para la medición.
- El tramo de carretera a medir debe tener señalización acorde al Manual de Seguridad Vial e Imagen Institucional de Fovial (Ver Anexos), para seguridad de los operadores del equipo, peatones y automovilistas: Por ejemplo, conos, rótulos indicativos de áreas de trabajo, velocidad, y cualquier dispositivo que guíe al tráfico. El Operador y Asistente deben vestir con chaleco reflectivo.
- En lo posible, las mediciones deben hacerse en días y horas de más bajo tráfico.
- Se debe tomar en cuenta el rendimiento del equipo para hacer una buena planificación del tiempo que llevara hacer un levantamiento de datos.
- Se debe colocar un nivel esférico sobre la unidad Z-250 para lograr el margen de tolerancia angular transversal de (+/- 2 grados) con mayor rapidez.

- Para lograr un mejor rendimiento en la toma de datos de IRI con el Z-250 se debe mantener como mínimo dos operadores constantemente para relevarse mutuamente.
- Los operadores deben estar completamente entrenados y familiarizados con el equipo para lograr mayor eficiencia en la toma de datos.
- Para el análisis y obtención de repotes de preferencia usar el software ProVAL ya que su uso es sencillo y se pueden obtener diversidad de resultados en el estudio de perfiles de carreteras.

BIBLIOGRAFIA

- Solminhiac, Hernán
“Infraestructura Vial”
Universidad Católica de Chile, (1999), Chile, 150 p.
- Sayers, M. W.; Gillespie, T.D. y Paterson, W.D.O.
“Guideline for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements”
World Bank Technical Paper Number 46, World Bank, Washington, (1986) 87 p.
- Sayers, M.W. y Karamihas, S.M.
“The Little Book of Profiling”
University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI), USA, 1997, 100 p.

➤ Páginas Web de interés

www.romdas.com

www.umtri.umich.edu/erd/roughness/index.html

www.aepo.es/ausc

www.arrb.org.au

www.apsa.cl/HTML_Principal/Principal_Apsa.html

www.cedex.es/default.html

ANEXOS

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL
LEVANTAMIENTO EN CARRETERA SAN
SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA DERECHA**

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL
LEVANTAMIENTO EN CARRETERA SAN
SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA IZQUIERDA**

**EXTRACTO DEL MANUAL DE SEGURIDAD VIAL
E IMAGEN INSTITUCIONAL EN ZONAS DE
TRABAJO DEL FONDO DE INVERSION VIAL
(FOVIAL)**

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA DERECHA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
0.000	0.000000	0.000000
0.250	-0.000296	-0.000296
0.500	-0.001249	-0.001546
0.750	-0.001465	-0.003011
1.000	0.000166	-0.002845
1.250	0.000094	-0.002751
1.500	0.000007	-0.002744
1.750	0.000484	-0.002260
2.000	0.000209	-0.002050
2.250	-0.000152	-0.002202
2.500	-0.000802	-0.003004
2.750	-0.000296	-0.003300
3.000	-0.001004	-0.004303
3.250	-0.000007	-0.004311
3.500	0.000137	-0.004174
3.750	0.000412	-0.003762
4.000	0.000267	-0.003495
4.250	0.000094	-0.003401
4.500	0.000397	-0.003004
4.750	-0.000166	-0.003170
5.000	-0.000036	-0.003206
5.250	0.001192	-0.002014
5.500	0.000440	-0.001574
5.750	-0.000614	-0.002188
6.000	0.000484	-0.001704
6.250	0.001235	-0.000469
6.500	-0.000152	-0.000620
6.750	0.001148	0.000528
7.000	0.000296	0.000824
7.250	0.000960	0.001784
7.500	0.000700	0.002485
7.750	0.000773	0.003257
8.000	-0.000614	0.002644
8.250	0.000282	0.002925
8.500	-0.000209	0.002716
8.750	0.000643	0.003359
9.000	0.000282	0.003640
9.250	0.001510	0.005150
9.500	0.000209	0.005359
9.750	0.000614	0.005973
10.000	0.000469	0.006442
10.250	0.001004	0.007446
10.500	-0.000570	0.006876
10.750	0.000830	0.007706
11.000	-0.000412	0.007294
11.250	0.000917	0.008212
11.500	-0.000599	0.007612

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA DERECHA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
11.750	0.000903	0.008515
12.000	-0.000426	0.008089
12.250	0.000065	0.008154
12.500	-0.000989	0.007165
12.750	0.001221	0.008385
13.000	0.000238	0.008623
13.250	0.000253	0.008876
13.500	-0.000672	0.008205
13.750	-0.001220	0.006985
14.000	-0.000700	0.006284
14.250	0.000802	0.007086
14.500	-0.000469	0.006616
14.750	0.000195	0.006811
15.000	-0.000180	0.006631
15.250	0.000802	0.007432
15.500	-0.000729	0.006703
15.750	0.000744	0.007447
16.000	-0.000050	0.007396
16.250	0.000816	0.008212
16.500	-0.001640	0.006573
16.750	0.000513	0.007085
17.000	-0.000686	0.006399
17.250	0.000469	0.006869
17.500	-0.000469	0.006399
17.750	0.001278	0.007678
18.000	-0.000686	0.006992
18.250	0.001033	0.008024
18.500	-0.000094	0.007931
18.750	0.000917	0.008848
19.000	0.000108	0.008956
19.250	0.001278	0.010235
19.500	-0.001119	0.009115
19.750	0.001538	0.010654
20.000	0.000570	0.011224
20.250	0.001062	0.012286
20.500	-0.001423	0.010863
20.750	0.000773	0.011635
21.000	-0.000845	0.010790
21.250	0.001105	0.011895
21.500	-0.000599	0.011296
21.750	0.002174	0.013470
22.000	0.000079	0.013550
22.250	0.001091	0.014640
22.500	0.000253	0.014893
22.750	0.000946	0.015839
23.000	0.000051	0.015890
23.250	0.000989	0.016879

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA DERECHA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
23.500	0.001523	0.018402
23.750	0.000397	0.018799
24.000	-0.001986	0.016813
24.250	0.000137	0.016950
24.500	-0.000672	0.016278
24.750	0.002145	0.018424
25.000	-0.002117	0.016307
25.250	-0.000209	0.016098
25.500	-0.001394	0.014704
25.750	0.001423	0.016127
26.000	-0.000816	0.015311
26.250	-0.001220	0.014091
26.500	-0.001163	0.012928
26.750	0.002319	0.015247
27.000	-0.000484	0.014763
27.250	0.000094	0.014857
27.500	-0.000556	0.014301
27.750	0.000946	0.015247
28.000	-0.001322	0.013925
28.250	0.000657	0.014583
28.500	-0.001495	0.013087
28.750	0.000975	0.014062
29.000	-0.000224	0.013839
29.250	0.001293	0.015131
29.500	-0.001264	0.013867
29.750	0.001004	0.014871
30.000	-0.000787	0.014084
30.250	0.001047	0.015131
30.500	-0.001206	0.013925
30.750	0.001264	0.015189
31.000	-0.000874	0.014315
31.250	0.000960	0.015276
31.500	-0.001481	0.013795
31.750	0.001697	0.015493
32.000	-0.000989	0.014503
32.250	0.000830	0.015334
32.500	-0.000903	0.014431
32.750	0.000903	0.015334
33.000	-0.001177	0.014157
33.250	0.000744	0.014900
33.500	-0.001914	0.012986
33.750	0.001278	0.014264
34.000	-0.000700	0.013564
34.250	0.000989	0.014553
34.500	-0.001495	0.013058
34.750	0.001119	0.014178
35.000	-0.001249	0.012928

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA DERECHA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
35.250	0.001654	0.014582
35.500	-0.000527	0.014055
35.750	0.001148	0.015203
36.000	-0.001062	0.014142
36.250	0.000729	0.014871
36.500	-0.001567	0.013304
36.750	0.000339	0.013643
37.000	-0.001091	0.012553
37.250	0.001914	0.014467
37.500	0.000368	0.014835
37.750	0.013387	0.028222
38.000	0.000412	0.028634
38.250	-0.000772	0.027861
38.500	-0.000209	0.027652
38.750	0.001495	0.029147
39.000	-0.000079	0.029068
39.250	-0.000181	0.028887
39.500	-0.000354	0.028533
39.750	0.001596	0.030130
40.000	0.000224	0.030353
40.250	0.002059	0.032412
40.500	-0.000238	0.032174
40.750	-0.000671	0.031503
41.000	-0.000325	0.031178
41.250	0.000628	0.031806
41.500	0.001191	0.032997
41.750	0.000310	0.033307
42.000	0.000094	0.033401
42.250	0.000166	0.033567
42.500	0.000354	0.033921
42.750	0.000050	0.033972
43.000	-0.000397	0.033575
43.250	0.000513	0.034087
43.500	0.000108	0.034196
43.750	0.000700	0.034896
44.000	-0.000108	0.034788
44.250	0.000989	0.035777
44.500	-0.001322	0.034455
44.750	0.000469	0.034925
45.000	-0.000036	0.034889
45.250	0.000498	0.035387
45.500	-0.001683	0.033704
45.750	0.000484	0.034188
46.000	0.000686	0.034874
46.250	0.000888	0.035762
46.500	-0.000426	0.035336
46.750	0.000484	0.035820

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA DERECHA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
47.000	-0.000888	0.034931
47.250	0.001611	0.036542
47.500	-0.000180	0.036362
47.750	0.000238	0.036600
48.000	-0.000469	0.036130
48.250	0.001856	0.037987
48.500	-0.000686	0.037301
48.750	0.000253	0.037554
49.000	-0.000253	0.037301
49.250	0.003360	0.040661
49.500	-0.000209	0.040452
49.750	-0.001205	0.039246
50.000	-0.000657	0.038589
50.250	0.000267	0.038856
50.500	-0.000296	0.038560
50.750	0.000787	0.039347
51.000	-0.000065	0.039282
51.250	-0.000152	0.039131
51.500	0.000036	0.039167
51.750	0.000917	0.040084
52.000	-0.000094	0.039990
52.250	0.001293	0.041283
52.500	0.000166	0.041449
52.750	0.000614	0.042063
53.000	0.000209	0.042272
53.250	0.000700	0.042973
53.500	-0.000816	0.042157
53.750	0.001914	0.044071
54.000	-0.000484	0.043587
54.250	0.000513	0.044100
54.500	-0.000484	0.043616
54.750	0.000426	0.044042
55.000	-0.000282	0.043760
55.250	0.000672	0.044432
55.500	-0.001221	0.043211
55.750	0.000657	0.043868
56.000	-0.000787	0.043081
56.250	0.001307	0.044389
56.500	-0.001148	0.043240
56.750	0.000238	0.043479
57.000	-0.000570	0.042908
57.250	0.000570	0.043479
57.500	0.000036	0.043515
57.750	0.000657	0.044172
58.000	-0.000556	0.043616
58.250	0.001047	0.044663
58.500	-0.000513	0.044150

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA DERECHA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
58.750	-0.000079	0.044071
59.000	-0.001105	0.042966
59.250	0.001076	0.044042
59.500	0.000108	0.044150
59.750	0.000325	0.044475
60.000	-0.000498	0.043977
60.250	0.000874	0.044851
60.500	-0.001307	0.043544
60.750	-0.000094	0.043450
61.000	-0.000773	0.042677
61.250	0.001047	0.043724
61.500	-0.000903	0.042821
61.750	0.000787	0.043609
62.000	-0.000773	0.042836
62.250	0.000946	0.043782
62.500	-0.000498	0.043284
62.750	0.000094	0.043378
63.000	-0.001582	0.041796
63.250	0.000108	0.041904
63.500	-0.000628	0.041276
63.750	-0.000065	0.041211
64.000	-0.000354	0.040857
64.250	0.000209	0.041066
64.500	-0.001524	0.039542
64.750	0.000657	0.040199
65.000	0.000079	0.040279
65.250	-0.000007	0.040272
65.500	0.000108	0.040380
65.750	0.000282	0.040662
66.000	-0.001351	0.039311
66.250	-0.000065	0.039246
66.500	0.000108	0.039354
66.750	0.000816	0.040170
67.000	-0.000325	0.039845
67.250	0.000570	0.040416
67.500	-0.000267	0.040149
67.750	0.000859	0.041008
68.000	-0.000542	0.040466
68.250	-0.000484	0.039983
68.500	-0.001466	0.038517
68.750	-0.000094	0.038423
69.000	-0.001033	0.037390
69.250	0.000715	0.038105
69.500	-0.001351	0.036754
69.750	0.000368	0.037122
70.000	-0.000513	0.036610
70.250	0.000773	0.037382

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA DERECHA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
70.500	-0.000527	0.036855
70.750	0.000455	0.037310
71.000	-0.000874	0.036436
71.250	0.001105	0.037541
71.500	-0.000802	0.036740
71.750	0.001206	0.037946
72.000	-0.000758	0.037188
72.250	0.000354	0.037541
72.500	-0.000542	0.037000
72.750	0.001365	0.038365
73.000	0.002201	0.040566
73.250	-0.000094	0.040472
73.500	-0.001148	0.039324
73.750	-0.000282	0.039042
74.000	-0.000556	0.038486
74.250	0.002912	0.041398
74.500	-0.000700	0.040697
74.750	-0.001638	0.039059
75.000	-0.000830	0.038229
75.250	0.001163	0.039391
75.500	-0.000845	0.038546
75.750	0.001683	0.040229
76.000	-0.000729	0.039500
76.250	0.000729	0.040229
76.500	-0.001119	0.039110
76.750	0.000123	0.039233
77.000	-0.000946	0.038287
77.250	0.000859	0.039146
77.500	-0.001091	0.038056
77.750	0.001119	0.039175
78.000	-0.000440	0.038734
78.250	0.000917	0.039652
78.500	-0.000224	0.039428
78.750	0.000758	0.040186
79.000	0.000440	0.040626
79.250	0.000426	0.041052
79.500	-0.000123	0.040930
79.750	0.000830	0.041760
80.000	-0.000758	0.041002
80.250	0.000859	0.041861
80.500	-0.000888	0.040973
80.750	0.000180	0.041154
81.000	-0.001322	0.039832
81.250	0.000368	0.040200
81.500	-0.001336	0.038864
81.750	-0.000325	0.038539
82.000	-0.000412	0.038127

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA DERECHA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
82.250	0.000628	0.038756
82.500	-0.000917	0.037839
82.750	-0.000282	0.037557
83.000	-0.000267	0.037290
83.250	-0.000065	0.037225
83.500	-0.001134	0.036091
83.750	0.001119	0.037210
84.000	-0.001148	0.036062
84.250	0.001105	0.037167
84.500	-0.000903	0.036264
84.750	0.000412	0.036676
85.000	-0.001293	0.035383
85.250	0.000368	0.035751
85.500	0.000311	0.036062
85.750	0.000917	0.036979
86.000	-0.000903	0.036076
86.250	0.000339	0.036416
86.500	-0.000917	0.035498
86.750	0.001307	0.036806
87.000	-0.000325	0.036481
87.250	0.000195	0.036676
87.500	-0.000137	0.036539
87.750	0.001105	0.037644
88.000	0.000267	0.037911
88.250	0.001033	0.038943
88.500	-0.001669	0.037275
88.750	0.000469	0.037744
89.000	-0.001033	0.036712
89.250	0.000672	0.037383
89.500	-0.000960	0.036423
89.750	0.002117	0.038539
90.000	0.000065	0.038604
90.250	0.001582	0.040186
90.500	-0.001322	0.038864
90.750	0.001105	0.039969
91.000	-0.002073	0.037896
91.250	0.001134	0.039030
91.500	-0.002709	0.036321
91.750	0.001408	0.037729
92.000	-0.000859	0.036870
92.250	0.001567	0.038437
92.500	-0.002767	0.035670
92.750	0.000643	0.036313
93.000	-0.001885	0.034427
93.250	0.001119	0.035547
93.500	-0.001553	0.033994
93.750	0.001119	0.035113

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA DERECHA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
94.000	-0.001813	0.033300
94.250	0.001322	0.034622
94.500	-0.001423	0.033199
94.750	0.000773	0.033972
95.000	-0.001567	0.032404
95.250	0.001582	0.033986
95.500	-0.001134	0.032852
95.750	0.001611	0.034463
96.000	-0.003244	0.031219
96.250	0.001351	0.032569
96.500	-0.001958	0.030612
96.750	0.001134	0.031745
97.000	-0.001336	0.030409
97.250	0.001697	0.032107
97.500	-0.001827	0.030279
97.750	0.002637	0.032916
98.000	-0.001524	0.031392
98.250	0.001784	0.033176
98.500	-0.001784	0.031392
98.750	0.003765	0.035157
99.000	-0.003027	0.032130
99.250	0.003534	0.035663
99.500	-0.002594	0.033070
99.750	0.001640	0.034709
100.000	-0.002565	0.032145
100.250	0.002174	0.034319
100.500	-0.002594	0.031725
100.750	0.001365	0.033090
101.000	-0.001365	0.031725
101.250	0.001640	0.033365
101.500	-0.000830	0.032535
101.750	0.001307	0.033842
102.000	-0.001524	0.032318
102.250	0.002102	0.034420
102.500	-0.001538	0.032882
102.750	0.002044	0.034926
103.000	-0.001076	0.033850
103.250	0.002131	0.035981
103.500	-0.001466	0.034515
103.750	0.001293	0.035807
104.000	-0.001322	0.034486
104.250	0.001697	0.036183
104.500	-0.003056	0.033127
104.750	0.001119	0.034246
105.000	-0.001640	0.032607
105.250	0.002160	0.034766
105.500	-0.001929	0.032838

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA DERECHA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
105.750	0.001148	0.033986
106.000	-0.001958	0.032029
106.250	0.001365	0.033394
106.500	-0.002304	0.031089
106.750	0.003056	0.034145
107.000	-0.001351	0.032795
107.250	0.002044	0.034839
107.500	-0.001871	0.032968
107.750	0.001119	0.034088
108.000	-0.002044	0.032043
108.250	0.000209	0.032253
108.500	-0.001105	0.031148
108.750	0.001264	0.032412
109.000	-0.001842	0.030570
109.250	0.000643	0.031212
109.500	-0.000556	0.030656
109.750	0.000686	0.031342
110.000	-0.000946	0.030396
110.250	0.000036	0.030432
110.500	0.000079	0.030512
110.750	0.000744	0.031256
111.000	-0.002117	0.029139
111.250	0.000585	0.029724
111.500	-0.001394	0.028330
111.750	0.001654	0.029984
112.000	-0.001900	0.028084
112.250	0.000556	0.028640
112.500	-0.001177	0.027463
112.750	0.001712	0.029175
113.000	-0.002131	0.027044
113.250	-0.000123	0.026921
113.500	0.000628	0.027549
113.750	-0.001133	0.026416
114.000	-0.001640	0.024776
114.250	0.002594	0.027370
114.500	-0.005357	0.022013
114.750	0.002796	0.024809
115.000	-0.000787	0.024022
115.250	0.002073	0.026095
115.500	-0.000758	0.025337
115.750	0.002362	0.027700
116.000	-0.001408	0.026291
116.250	0.001654	0.027945
116.500	-0.001958	0.025988
116.750	0.002839	0.028827
117.000	-0.001134	0.027693
117.250	0.001972	0.029665

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA DERECHA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
117.500	-0.002348	0.027317
117.750	0.001813	0.029130
118.000	-0.002131	0.026999
118.250	0.002782	0.029781
118.500	-0.002550	0.027231
118.750	0.002030	0.029261
119.000	-0.002565	0.026696
119.250	0.002131	0.028827
119.500	-0.002507	0.026320
119.750	0.001871	0.028191
120.000	-0.002984	0.025207
120.250	0.002145	0.027352
120.500	-0.002926	0.024426
120.750	0.001394	0.025820
121.000	-0.002377	0.023443
121.250	0.002637	0.026080
121.500	-0.002796	0.023284
121.750	0.002377	0.025661
122.000	-0.003013	0.022648
122.250	0.002651	0.025299
122.500	-0.002290	0.023009
122.750	0.001221	0.024230
123.000	-0.001379	0.022850
123.250	0.001105	0.023955
123.500	-0.001394	0.022562
123.750	0.002594	0.025155
124.000	-0.001712	0.023443
124.250	0.002073	0.025516
124.500	-0.002160	0.023357
124.750	0.002189	0.025545
125.000	-0.002608	0.022937
125.250	0.001466	0.024403
125.500	-0.002348	0.022056
125.750	0.000729	0.022785
126.000	-0.001336	0.021449
126.250	0.001091	0.022539
126.500	-0.002203	0.020336
126.750	0.001177	0.021513
127.000	-0.001510	0.020004
127.250	0.001697	0.021701
127.500	-0.000296	0.021405
127.750	0.002709	0.024114
128.000	-0.000513	0.023602
128.250	0.001524	0.025126
128.500	-0.003331	0.021795
128.750	0.000729	0.022524
129.000	-0.002435	0.020089

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA DERECHA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
129.250	0.000903	0.020992
129.500	-0.001192	0.019800
129.750	0.002290	0.022090
130.000	-0.002377	0.019714
130.250	0.002608	0.022322
130.500	-0.002955	0.019367
130.750	0.001163	0.020529
131.000	-0.000498	0.020031
131.250	0.003331	0.023362
131.500	-0.002464	0.020899
131.750	0.000975	0.021874
132.000	-0.001611	0.020263
132.250	0.001726	0.021989
132.500	-0.002391	0.019598
132.750	0.001437	0.021035
133.000	-0.002507	0.018528
133.250	0.001047	0.019576
133.500	-0.001755	0.017820
133.750	0.000700	0.018521
134.000	-0.003968	0.014553
134.250	0.002521	0.017075
134.500	-0.002536	0.014539
134.750	0.002955	0.017494
135.000	-0.002435	0.015059
135.250	0.003143	0.018202
135.500	-0.002218	0.015985
135.750	0.002160	0.018145
136.000	-0.000729	0.017415
136.250	0.001784	0.019199
136.500	-0.001553	0.017647
136.750	0.001972	0.019619
137.000	-0.001249	0.018369
137.250	0.001972	0.020341
137.500	-0.002377	0.017964
137.750	0.001741	0.019705
138.000	-0.002594	0.017111
138.250	0.002999	0.020110
138.500	-0.002738	0.017372
138.750	0.003620	0.020992
139.000	-0.002203	0.018789
139.250	0.003172	0.021961
139.500	0.000036	0.021997
139.750	0.001741	0.023738
140.000	-0.001091	0.022647
140.250	0.001640	0.024287
140.500	-0.001553	0.022734
140.750	0.002637	0.025371

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA DERECHA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
141.000	-0.001177	0.024194
141.250	0.001553	0.025747
141.500	-0.001351	0.024396
141.750	0.002232	0.026628
142.000	-0.001538	0.025090
142.250	0.002131	0.027221
142.500	-0.002117	0.025104
142.750	0.002536	0.027640
143.000	-0.002145	0.025495
143.250	0.003230	0.028725
143.500	-0.001770	0.026955
143.750	0.002695	0.029650
144.000	-0.000700	0.028949
144.250	0.002435	0.031384
144.500	-0.000845	0.030539
144.750	0.002001	0.032540
145.000	-0.001177	0.031363
145.250	0.002174	0.033537
145.500	-0.001033	0.032504
145.750	0.001770	0.034274
146.000	-0.000845	0.033429
146.250	0.002753	0.036182
146.500	-0.001784	0.034398
146.750	0.001958	0.036355
147.000	-0.000585	0.035770
147.250	0.003577	0.039347
147.500	-0.002796	0.036551
147.750	0.003418	0.039969
148.000	-0.002492	0.037477
148.250	0.002767	0.040244
148.500	-0.001553	0.038691
148.750	0.003042	0.041733
149.000	-0.002637	0.039096
149.250	0.003968	0.043064
149.500	-0.001206	0.041857
149.750	0.001741	0.043598
150.000	-0.002608	0.040990
150.250	0.002276	0.043266
150.500	-0.001105	0.042161
150.750	0.003548	0.045709
151.000	-0.002738	0.042971
151.250	0.000354	0.043324
151.500	-0.002203	0.041121
151.750	0.001177	0.042298
152.000	-0.002695	0.039603
152.250	0.001206	0.040809
152.500	-0.001972	0.038837

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA DERECHA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
152.750	0.001784	0.040622
153.000	-0.002304	0.038317
153.250	0.001394	0.039711
153.500	-0.001972	0.037739
153.750	0.002449	0.040188
154.000	-0.002131	0.038057
154.250	0.000874	0.038931
154.500	-0.003447	0.035484
154.750	0.002232	0.037716
155.000	-0.004329	0.033387
155.250	0.002030	0.035417
155.500	-0.003375	0.032042
155.750	0.002941	0.034983
156.000	-0.003186	0.031796
156.250	0.000426	0.032222
156.500	-0.001741	0.030482
156.750	0.001972	0.032454
157.000	-0.003201	0.029253
157.250	0.002203	0.031456
157.500	-0.002478	0.028978
157.750	0.001206	0.030184
158.000	-0.002651	0.027533
158.250	0.002232	0.029765
158.500	-0.002608	0.027157
158.750	0.001827	0.028984
159.000	-0.002767	0.026217
159.250	0.001119	0.027337
159.500	-0.002738	0.024598
159.750	0.000932	0.025530
160.000	-0.002261	0.023269
160.250	0.002059	0.025328
160.500	-0.002492	0.022835
160.750	0.002030	0.024865
161.000	-0.002999	0.021866
161.250	0.001408	0.023275
161.500	-0.001408	0.021866
161.750	0.001914	0.023781
162.000	-0.002362	0.021418
162.250	0.001365	0.022783
162.500	-0.003461	0.019322
162.750	0.001567	0.020889
163.000	-0.001582	0.019308
163.250	0.001423	0.020731
163.500	-0.001235	0.019496
163.750	0.001755	0.021251
164.000	-0.002767	0.018484
164.250	0.002088	0.020571

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA DERECHA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
164.500	-0.001813	0.018758
164.750	0.001481	0.020239
165.000	-0.001336	0.018903
165.250	0.001871	0.020774
165.500	-0.002160	0.018614
165.750	0.002333	0.020947
166.000	-0.002131	0.018816
166.250	0.002724	0.021540
166.500	-0.002420	0.019120
166.750	0.002782	0.021901
167.000	-0.002362	0.019539
167.250	0.002912	0.022451
167.500	-0.002796	0.019655
167.750	0.002464	0.022118
168.000	0.000267	0.022385
168.250	0.003505	0.025890
168.500	-0.002536	0.023354
168.750	0.003215	0.026570
169.000	-0.001192	0.025378
169.250	0.002232	0.027610
169.500	-0.001813	0.025797
169.750	0.001813	0.027610
170.000	-0.001365	0.026245
170.250	0.001972	0.028217
170.500	-0.001264	0.026953
170.750	0.001408	0.028362
171.000	-0.001611	0.026751
171.250	0.002854	0.029605
171.500	-0.000787	0.028818
171.750	0.002507	0.031325
172.000	-0.000816	0.030509
172.250	0.003360	0.033869
172.500	-0.000946	0.032923
172.750	0.002015	0.034938
173.000	-0.000932	0.034006
173.250	0.003939	0.037945
173.500	-0.001654	0.036291
173.750	0.003346	0.039637
174.000	-0.000960	0.038676
174.250	0.002811	0.041487
174.500	-0.000729	0.040757
174.750	0.003027	0.043785
175.000	-0.001625	0.042160
175.250	0.002579	0.044739
175.500	-0.002348	0.042391
175.750	0.002059	0.044450
176.000	-0.002088	0.042362

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA DERECHA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
176.250	0.002941	0.045303
176.500	-0.002565	0.042738
176.750	0.001481	0.044219
177.000	-0.002203	0.042015
177.250	0.003837	0.045853
177.500	-0.003027	0.042825
177.750	0.003866	0.046691
178.000	-0.002782	0.043910
178.250	0.002420	0.046330
178.500	-0.002174	0.044156
178.750	0.000166	0.044322
179.000	-0.000397	0.043925
179.250	0.002189	0.046113
179.500	-0.000310	0.045803
179.750	0.001148	0.046951
180.000	-0.001683	0.045268
180.250	0.001177	0.046445
180.500	-0.001018	0.045427
180.750	0.001423	0.046850
181.000	-0.000960	0.045890
181.250	0.001351	0.047240
181.500	-0.000397	0.046843
181.750	0.001221	0.048064
182.000	-0.000657	0.047407
182.250	0.001322	0.048728
182.500	-0.000484	0.048244
182.750	0.001871	0.050115
183.000	-0.000932	0.049184
183.250	0.001379	0.050563
183.500	-0.000729	0.049834
183.750	0.001264	0.051098
184.000	0.000036	0.051134
184.250	0.002579	0.053713
184.500	-0.000238	0.053475
184.750	0.002189	0.055664
185.000	0.000238	0.055902
185.250	0.001394	0.057296
185.500	-0.000180	0.057115
185.750	0.002174	0.059290
186.000	0.000094	0.059384
186.250	0.001770	0.061153
186.500	0.000267	0.061421
186.750	0.001900	0.063320
187.000	0.000079	0.063400
187.250	0.002377	0.065777
187.500	0.000542	0.066318
187.750	0.001871	0.068189

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA DERECHA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
188.000	-0.000137	0.068052
188.250	0.002117	0.070168
188.500	-0.000123	0.070046
188.750	0.002839	0.072885
189.000	0.000657	0.073542
189.250	0.001929	0.075471
189.500	0.000065	0.075536
189.750	0.001827	0.077363
190.000	0.000282	0.077645
190.250	0.002261	0.079906
190.500	0.000036	0.079942
190.750	0.002044	0.081987
191.000	-0.000180	0.081806
191.250	0.001986	0.083793
191.500	-0.000339	0.083453
191.750	0.001596	0.085050
192.000	0.000007	0.085057
192.250	0.001813	0.086870
192.500	-0.000802	0.086068
192.750	0.001567	0.087636
193.000	0.000166	0.087802
193.250	0.002420	0.090222
193.500	0.000542	0.090763
193.750	0.001770	0.092533
194.000	-0.000542	0.091992
194.250	0.001799	0.093790
194.500	-0.000440	0.093350
194.750	0.001134	0.094484
195.000	-0.000354	0.094130
195.250	0.003722	0.097851
195.500	-0.000440	0.097411
195.750	0.000917	0.098328
196.000	-0.000310	0.098018
196.250	0.002160	0.100178
196.500	0.000195	0.100373
196.750	0.002680	0.103053
197.000	0.000325	0.103378
197.250	0.000672	0.104050
197.500	-0.000166	0.103883
197.750	0.001770	0.105653
198.000	-0.000339	0.105314
198.250	0.002001	0.107315
198.500	0.001090	0.108405
198.750	0.001365	0.109770
199.000	-0.000932	0.108838
199.250	0.001958	0.110796
199.500	0.000224	0.111020

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA DERECHA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
199.750	0.001076	0.112096
200.000	-0.000224	0.111872

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA IZQUIERDA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
0.000	0.000000	0.000000
0.250	-0.000492	-0.000492
0.500	0.001070	0.000579
0.750	0.000666	0.001244
1.000	-0.000072	0.001172
1.250	0.000448	0.001620
1.500	0.000420	0.002040
1.750	-0.001866	0.000174
2.000	-0.000376	-0.000202
2.250	0.001071	0.000869
2.500	0.000767	0.001636
2.750	-0.000347	0.001288
3.000	0.000579	0.001867
3.250	0.000058	0.001925
3.500	-0.000854	0.001071
3.750	-0.000651	0.000420
4.000	-0.000839	-0.000419
4.250	-0.000853	-0.001273
4.500	0.000579	-0.000694
4.750	-0.000000	-0.000694
5.000	0.001692	0.000998
5.250	0.000289	0.001288
5.500	0.000694	0.001982
5.750	-0.000680	0.001302
6.000	0.000217	0.001519
6.250	0.000087	0.001606
6.500	0.000868	0.002474
6.750	0.000014	0.002488
7.000	0.000130	0.002618
7.250	-0.000318	0.002300
7.500	-0.000376	0.001924
7.750	0.001042	0.002966
8.000	-0.000029	0.002937
8.250	0.000376	0.003313
8.500	0.001735	0.005049
8.750	0.000535	0.005584
9.000	0.001388	0.006972
9.250	0.000868	0.007840
9.500	0.001128	0.008969
9.750	-0.000579	0.008390
10.000	-0.000058	0.008332
10.250	-0.000506	0.007826
10.500	0.000434	0.008260
10.750	0.000318	0.008578
11.000	0.000477	0.009056
11.250	0.001042	0.010097
11.500	0.001837	0.011934

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA IZQUIERDA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
11.750	0.000564	0.012498
12.000	0.001533	0.014031
12.250	0.000420	0.014451
12.500	0.000694	0.015145
12.750	0.001027	0.016173
13.000	0.000984	0.017156
13.250	0.000781	0.017938
13.500	0.000333	0.018270
13.750	-0.000448	0.017822
14.000	0.001070	0.018892
14.250	0.001027	0.019920
14.500	-0.000029	0.019891
14.750	0.000448	0.020339
15.000	0.000289	0.020629
15.250	-0.000665	0.019963
15.500	-0.000217	0.019746
15.750	0.000723	0.020470
16.000	0.000882	0.021352
16.250	-0.000608	0.020744
16.500	0.000665	0.021410
16.750	0.000738	0.022148
17.000	0.000579	0.022726
17.250	-0.000275	0.022452
17.500	-0.000029	0.022423
17.750	-0.001735	0.020687
18.000	0.000058	0.020745
18.250	0.000391	0.021136
18.500	0.001070	0.022206
18.750	0.000333	0.022539
19.000	0.000333	0.022872
19.250	0.000116	0.022987
19.500	-0.000289	0.022698
19.750	-0.001519	0.021179
20.000	0.000868	0.022047
20.250	0.000521	0.022568
20.500	-0.000203	0.022366
20.750	0.000825	0.023190
21.000	0.001099	0.024290
21.250	0.000159	0.024449
21.500	0.000550	0.024998
21.750	-0.000593	0.024405
22.000	-0.001852	0.022553
22.250	0.000666	0.023218
22.500	0.002140	0.025359
22.750	-0.000116	0.025243
23.000	-0.000203	0.025040
23.250	-0.000159	0.024881

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA IZQUIERDA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
23.500	-0.000289	0.024592
23.750	0.000043	0.024635
24.000	0.001634	0.026269
24.250	-0.000159	0.026110
24.500	0.000709	0.026819
24.750	0.000058	0.026877
25.000	0.001244	0.028121
25.250	0.000376	0.028497
25.500	0.000665	0.029162
25.750	-0.001417	0.027745
26.000	-0.001389	0.026356
26.250	0.000029	0.026385
26.500	0.000246	0.026631
26.750	-0.000246	0.026385
27.000	0.000333	0.026717
27.250	0.000405	0.027123
27.500	-0.000767	0.026356
27.750	-0.000521	0.025835
28.000	0.000477	0.026312
28.250	0.000463	0.026775
28.500	0.000477	0.027253
28.750	-0.000246	0.027007
29.000	0.000477	0.027484
29.250	0.000434	0.027918
29.500	-0.000217	0.027701
29.750	-0.000767	0.026935
30.000	0.000072	0.027007
30.250	0.000362	0.027369
30.500	-0.000434	0.026935
30.750	0.001592	0.028526
31.000	0.000463	0.028989
31.250	-0.000289	0.028700
31.500	-0.000246	0.028454
31.750	-0.000622	0.027832
32.000	-0.000159	0.027673
32.250	0.001216	0.028888
32.500	0.000087	0.028975
32.750	0.000101	0.029077
33.000	0.000116	0.029192
33.250	0.001013	0.030205
33.500	-0.000868	0.029337
33.750	-0.000593	0.028744
34.000	0.000015	0.028758
34.250	0.000116	0.028874
34.500	0.000868	0.029742
34.750	-0.000159	0.029583
35.000	-0.000072	0.029511

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA IZQUIERDA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
35.250	0.000825	0.030335
35.500	0.000391	0.030726
35.750	0.001042	0.031768
36.000	0.000477	0.032245
36.250	0.000738	0.032983
36.500	0.000145	0.033128
36.750	0.001230	0.034358
37.000	0.000434	0.034792
37.250	-0.000087	0.034705
37.500	-0.000912	0.033793
37.750	0.000593	0.034387
38.000	0.000260	0.034647
38.250	-0.000232	0.034416
38.500	-0.000796	0.033620
38.750	0.000087	0.033706
39.000	-0.000405	0.033301
39.250	-0.000188	0.033113
39.500	0.000072	0.033186
39.750	0.000535	0.033721
40.000	-0.000130	0.033591
40.250	0.000608	0.034198
40.500	-0.000405	0.033793
40.750	-0.000391	0.033403
41.000	-0.000072	0.033330
41.250	-0.000101	0.033229
41.500	-0.000159	0.033070
41.750	-0.000593	0.032477
42.000	-0.000608	0.031869
42.250	0.000231	0.032101
42.500	-0.000535	0.031565
42.750	0.000680	0.032245
43.000	-0.001158	0.031088
43.250	0.000246	0.031334
43.500	-0.000434	0.030900
43.750	0.000608	0.031507
44.000	-0.000231	0.031276
44.250	0.000203	0.031478
44.500	0.000058	0.031536
44.750	0.000448	0.031985
45.000	-0.000275	0.031710
45.250	0.001244	0.032954
45.500	-0.000391	0.032564
45.750	-0.000391	0.032173
46.000	-0.000116	0.032057
46.250	0.000709	0.032766
46.500	-0.000275	0.032492
46.750	0.001114	0.033606

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA IZQUIERDA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
47.000	-0.000101	0.033505
47.250	0.000796	0.034300
47.500	0.000463	0.034763
47.750	0.001273	0.036037
48.000	0.000550	0.036586
48.250	0.001273	0.037860
48.500	0.000116	0.037976
48.750	0.000810	0.038786
49.000	0.000463	0.039249
49.250	0.000912	0.040160
49.500	-0.001968	0.038192
49.750	0.000391	0.038583
50.000	-0.000637	0.037946
50.250	0.000969	0.038916
50.500	-0.001143	0.037772
50.750	0.000955	0.038727
51.000	-0.000955	0.037772
51.250	-0.000289	0.037483
51.500	-0.000203	0.037281
51.750	-0.000087	0.037194
52.000	0.000550	0.037743
52.250	0.001114	0.038858
52.500	0.000130	0.038988
52.750	0.001302	0.040290
53.000	-0.000448	0.039842
53.250	0.000448	0.040290
53.500	0.000058	0.040348
53.750	-0.000608	0.039741
54.000	-0.000579	0.039162
54.250	0.001027	0.040189
54.500	0.000029	0.040218
54.750	0.001288	0.041506
55.000	0.000015	0.041521
55.250	0.000781	0.042302
55.500	0.000000	0.042302
55.750	0.001230	0.043532
56.000	-0.000448	0.043083
56.250	0.001114	0.044198
56.500	-0.000260	0.043937
56.750	0.000637	0.044574
57.000	-0.000434	0.044140
57.250	0.000506	0.044646
57.500	-0.001114	0.043532
57.750	0.000637	0.044169
58.000	-0.001143	0.043026
58.250	0.000752	0.043778
58.500	-0.000912	0.042866

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA IZQUIERDA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
58.750	0.000666	0.043532
59.000	-0.000767	0.042765
59.250	0.000637	0.043402
59.500	-0.000767	0.042635
59.750	0.000651	0.043286
60.000	-0.001288	0.041998
60.250	0.000781	0.042779
60.500	-0.001317	0.041462
60.750	0.000188	0.041650
61.000	-0.000188	0.041462
61.250	0.001158	0.042620
61.500	-0.001346	0.041274
61.750	-0.000188	0.041086
62.000	-0.001418	0.039668
62.250	-0.000029	0.039639
62.500	-0.000651	0.038988
62.750	0.000969	0.039957
63.000	-0.001288	0.038670
63.250	0.000217	0.038887
63.500	-0.001143	0.037743
63.750	-0.000015	0.037729
64.000	-0.001259	0.036470
64.250	0.000217	0.036687
64.500	-0.001056	0.035631
64.750	0.000506	0.036137
65.000	-0.000608	0.035529
65.250	0.000622	0.036151
65.500	-0.001433	0.034719
65.750	0.000637	0.035355
66.000	-0.000463	0.034892
66.250	0.000955	0.035847
66.500	-0.000637	0.035211
66.750	0.000984	0.036195
67.000	-0.001259	0.034936
67.250	0.000752	0.035688
67.500	-0.001129	0.034559
67.750	0.000839	0.035399
68.000	-0.000854	0.034545
68.250	0.000477	0.035022
68.500	-0.000477	0.034545
68.750	0.000839	0.035384
69.000	-0.001201	0.034183
69.250	0.000955	0.035138
69.500	-0.001476	0.033662
69.750	0.000593	0.034255
70.000	-0.000825	0.033431
70.250	0.000318	0.033749

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA IZQUIERDA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
70.500	-0.000969	0.032779
70.750	0.000810	0.033590
71.000	-0.000680	0.032910
71.250	0.001679	0.034588
71.500	-0.000550	0.034039
71.750	0.000796	0.034834
72.000	-0.000694	0.034140
72.250	0.001216	0.035355
72.500	-0.000014	0.035341
72.750	0.001693	0.037034
73.000	-0.000998	0.036036
73.250	0.000810	0.036846
73.500	-0.001722	0.035124
73.750	0.001172	0.036296
74.000	-0.000955	0.035341
74.250	0.000651	0.035992
74.500	-0.000304	0.035688
74.750	0.000651	0.036339
75.000	-0.001129	0.035211
75.250	0.000825	0.036035
75.500	-0.001548	0.034487
75.750	0.000752	0.035239
76.000	-0.000767	0.034472
76.250	0.001809	0.036282
76.500	-0.000304	0.035978
76.750	0.003141	0.039119
77.000	-0.000014	0.039105
77.250	0.001302	0.040407
77.500	-0.001172	0.039235
77.750	0.001476	0.040711
78.000	-0.001548	0.039163
78.250	0.001172	0.040335
78.500	-0.000839	0.039495
78.750	0.001548	0.041044
79.000	-0.000203	0.040841
79.250	0.001100	0.041941
79.500	-0.000477	0.041464
79.750	0.001505	0.042969
80.000	-0.000825	0.042144
80.250	0.001476	0.043620
80.500	-0.000825	0.042795
80.750	0.001447	0.044242
81.000	-0.000637	0.043606
81.250	0.000694	0.044300
81.500	-0.002157	0.042144
81.750	0.000463	0.042607
82.000	-0.001462	0.041145

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA IZQUIERDA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
82.250	0.000810	0.041955
82.500	-0.001100	0.040856
82.750	0.000188	0.041044
83.000	-0.001273	0.039770
83.250	0.000752	0.040523
83.500	-0.001505	0.039018
83.750	0.000463	0.039481
84.000	-0.001505	0.037976
84.250	0.000448	0.038424
84.500	-0.001187	0.037237
84.750	0.000723	0.037961
85.000	-0.001027	0.036934
85.250	0.000521	0.037454
85.500	-0.001491	0.035964
85.750	0.001244	0.037208
86.000	-0.000810	0.036398
86.250	0.001491	0.037889
86.500	-0.000333	0.037556
86.750	0.001042	0.038598
87.000	-0.000883	0.037715
87.250	0.000825	0.038540
87.500	-0.000579	0.037961
87.750	0.001534	0.039495
88.000	-0.000203	0.039293
88.250	0.001563	0.040855
88.500	-0.000506	0.040349
88.750	0.001650	0.041999
89.000	-0.000651	0.041348
89.250	0.001013	0.042361
89.500	-0.000347	0.042014
89.750	0.001476	0.043490
90.000	-0.001693	0.041796
90.250	0.001129	0.042925
90.500	-0.000521	0.042404
90.750	0.001447	0.043851
91.000	-0.000463	0.043388
91.250	0.001693	0.045082
91.500	-0.000680	0.044402
91.750	0.001013	0.045414
92.000	-0.001027	0.044387
92.250	0.001071	0.045458
92.500	-0.001375	0.044083
92.750	0.000810	0.044893
93.000	-0.001172	0.043721
93.250	0.000666	0.044387
93.500	-0.000839	0.043548
93.750	0.000926	0.044474

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA IZQUIERDA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
94.000	-0.001027	0.043446
94.250	0.000622	0.044068
94.500	-0.000796	0.043273
94.750	0.001143	0.044416
95.000	-0.000839	0.043577
95.250	0.001013	0.044589
95.500	-0.000897	0.043692
95.750	0.000998	0.044691
96.000	-0.001375	0.043316
96.250	0.001317	0.044633
96.500	-0.001375	0.043258
96.750	0.001650	0.044908
97.000	-0.000854	0.044054
97.250	0.001158	0.045212
97.500	-0.001172	0.044040
97.750	0.000998	0.045038
98.000	-0.000666	0.044373
98.250	0.000564	0.044937
98.500	-0.000622	0.044315
98.750	0.001389	0.045704
99.000	-0.001346	0.044358
99.250	0.001954	0.046312
99.500	-0.000868	0.045444
99.750	0.001505	0.046949
100.000	-0.000101	0.046848
100.250	0.002562	0.049410
100.500	-0.000912	0.048498
100.750	0.000810	0.049308
101.000	-0.001852	0.047456
101.250	-0.000767	0.046689
101.500	-0.000839	0.045850
101.750	-0.000506	0.045344
102.000	-0.001838	0.043506
102.250	0.001360	0.044866
102.500	0.000000	0.044866
102.750	0.001505	0.046371
103.000	-0.000897	0.045474
103.250	0.000666	0.046139
103.500	-0.000666	0.045474
103.750	0.001462	0.046935
104.000	-0.001577	0.045358
104.250	0.002070	0.047428
104.500	0.000174	0.047601
104.750	0.002113	0.049714
105.000	-0.001418	0.048296
105.250	0.001563	0.049859
105.500	-0.002070	0.047790

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA IZQUIERDA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
105.750	0.001534	0.049324
106.000	-0.000897	0.048426
106.250	0.001042	0.049468
106.500	-0.000984	0.048484
106.750	0.001418	0.049902
107.000	-0.000839	0.049063
107.250	0.002012	0.051075
107.500	-0.001650	0.049425
107.750	0.001462	0.050887
108.000	-0.001360	0.049527
108.250	0.002576	0.052103
108.500	-0.000825	0.051278
108.750	0.002562	0.053840
109.000	-0.001172	0.052668
109.250	0.000391	0.053059
109.500	-0.001621	0.051438
109.750	0.001201	0.052639
110.000	-0.001650	0.050989
110.250	0.001027	0.052017
110.500	-0.001143	0.050873
110.750	0.000868	0.051742
111.000	-0.001158	0.050584
111.250	0.001013	0.051597
111.500	-0.000304	0.051293
111.750	0.002765	0.054058
112.000	-0.000477	0.053580
112.250	0.000926	0.054506
112.500	-0.001780	0.052726
112.750	0.001158	0.053884
113.000	-0.001071	0.052813
113.250	0.001331	0.054145
113.500	-0.001143	0.053001
113.750	0.001548	0.054550
114.000	-0.000448	0.054101
114.250	0.001331	0.055433
114.500	-0.001679	0.053754
114.750	0.000723	0.054477
115.000	-0.001143	0.053334
115.250	0.001360	0.054694
115.500	-0.001187	0.053508
115.750	0.001114	0.054622
116.000	-0.000868	0.053754
116.250	0.000347	0.054101
116.500	-0.001418	0.052683
116.750	0.001997	0.054680
117.000	-0.000492	0.054188
117.250	0.001418	0.055607

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA IZQUIERDA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
117.500	-0.000072	0.055534
117.750	0.002519	0.058053
118.000	-0.001216	0.056837
118.250	0.001693	0.058530
118.500	-0.001389	0.057141
118.750	0.001809	0.058950
119.000	-0.001664	0.057286
119.250	0.001360	0.058646
119.500	-0.001433	0.057214
119.750	0.001418	0.058632
120.000	-0.001867	0.056765
120.250	0.001520	0.058284
120.500	-0.000752	0.057532
120.750	0.001505	0.059037
121.000	-0.000969	0.058068
121.250	0.000767	0.058834
121.500	-0.001997	0.056837
121.750	0.001172	0.058009
122.000	-0.001476	0.056533
122.250	0.001534	0.058067
122.500	-0.001230	0.056837
122.750	0.000217	0.057054
123.000	-0.001346	0.055708
123.250	0.001201	0.056909
123.500	-0.001867	0.055042
123.750	0.000752	0.055795
124.000	-0.000854	0.054941
124.250	0.001809	0.056750
124.500	-0.000854	0.055896
124.750	0.001331	0.057228
125.000	-0.001939	0.055288
125.250	0.000839	0.056128
125.500	-0.002374	0.053754
125.750	0.000087	0.053841
126.000	-0.001751	0.052090
126.250	0.001013	0.053102
126.500	-0.002417	0.050685
126.750	0.000781	0.051467
127.000	-0.001389	0.050077
127.250	-0.000391	0.049687
127.500	-0.002200	0.047487
127.750	0.000535	0.048022
128.000	-0.001534	0.046488
128.250	0.001071	0.047559
128.500	-0.000810	0.046749
128.750	0.000738	0.047486
129.000	-0.001216	0.046271

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA IZQUIERDA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
129.250	0.001997	0.048268
129.500	-0.001158	0.047111
129.750	0.001071	0.048181
130.000	-0.001824	0.046358
130.250	0.000868	0.047226
130.500	-0.001230	0.045996
130.750	0.001013	0.047009
131.000	-0.001418	0.045591
131.250	0.001505	0.047096
131.500	-0.000246	0.046850
131.750	0.002316	0.049166
132.000	-0.000912	0.048254
132.250	0.000622	0.048876
132.500	-0.001491	0.047386
132.750	0.002186	0.049571
133.000	-0.002287	0.047284
133.250	0.000376	0.047660
133.500	-0.001693	0.045967
133.750	0.001824	0.047791
134.000	-0.001302	0.046488
134.250	0.002055	0.048544
134.500	-0.001288	0.047256
134.750	0.002171	0.049427
135.000	-0.001360	0.048066
135.250	0.001520	0.049586
135.500	-0.001505	0.048081
135.750	0.001925	0.050006
136.000	-0.001259	0.048747
136.250	0.001708	0.050455
136.500	-0.002214	0.048240
136.750	0.002663	0.050903
137.000	-0.001100	0.049804
137.250	0.001027	0.050831
137.500	-0.001693	0.049138
137.750	0.000550	0.049688
138.000	-0.000796	0.048892
138.250	0.001027	0.049919
138.500	-0.001288	0.048631
138.750	0.001027	0.049659
139.000	-0.001881	0.047777
139.250	0.001389	0.049166
139.500	-0.001722	0.047444
139.750	0.001693	0.049137
140.000	-0.001491	0.047647
140.250	0.001939	0.049586
140.500	-0.000897	0.048689
140.750	0.001302	0.049992

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA IZQUIERDA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
141.000	-0.001244	0.048747
141.250	0.001766	0.050513
141.500	-0.000883	0.049630
141.750	0.001592	0.051222
142.000	-0.001216	0.050006
142.250	0.001809	0.051815
142.500	-0.001346	0.050470
142.750	0.002186	0.052655
143.000	-0.000738	0.051917
143.250	0.002272	0.054190
143.500	-0.000535	0.053654
143.750	0.001795	0.055449
144.000	-0.000174	0.055275
144.250	0.002663	0.057939
144.500	-0.001375	0.056564
144.750	0.002070	0.058634
145.000	-0.000796	0.057838
145.250	0.001968	0.059806
145.500	-0.000825	0.058981
145.750	0.001650	0.060631
146.000	-0.000883	0.059749
146.250	0.001505	0.061254
146.500	-0.000637	0.060617
146.750	0.002330	0.062947
147.000	-0.000883	0.062065
147.250	0.001693	0.063758
147.500	-0.000420	0.063338
147.750	0.002678	0.066016
148.000	-0.000029	0.065987
148.250	0.002186	0.068173
148.500	-0.001187	0.066986
148.750	0.001867	0.068853
149.000	-0.000854	0.067999
149.250	0.001592	0.069591
149.500	-0.000637	0.068955
149.750	0.001563	0.070518
150.000	-0.000376	0.070142
150.250	0.001563	0.071704
150.500	-0.000854	0.070851
150.750	0.001737	0.072587
151.000	-0.001027	0.071560
151.250	0.001737	0.073297
151.500	-0.001259	0.072038
151.750	0.001548	0.073586
152.000	-0.002417	0.071169
152.250	0.000651	0.071820
152.500	-0.002142	0.069678

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA IZQUIERDA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
152.750	0.001317	0.070995
153.000	-0.000969	0.070025
153.500	-0.001708	0.069533
153.750	0.001056	0.070590
154.000	-0.000854	0.069736
154.250	0.001187	0.070922
154.500	-0.002374	0.068549
154.750	0.000521	0.069070
155.000	-0.001346	0.067724
155.250	0.001737	0.069460
155.500	-0.001563	0.067898
155.750	0.001085	0.068983
156.000	-0.001375	0.067608
156.250	0.001780	0.069388
156.500	-0.001592	0.067796
156.750	0.000362	0.068158
157.000	-0.002099	0.066059
157.250	0.000868	0.066927
157.500	-0.000883	0.066045
157.750	0.001042	0.067087
158.000	-0.002012	0.065075
158.250	0.001085	0.066160
158.500	-0.002026	0.064134
158.750	0.000521	0.064655
159.000	-0.002214	0.062440
159.250	0.000188	0.062628
159.500	-0.001910	0.060718
159.750	0.000145	0.060863
160.000	-0.002026	0.058836
160.250	0.000680	0.059516
160.500	-0.001881	0.057635
160.750	0.000883	0.058518
161.000	-0.001534	0.056984
161.250	0.001722	0.058706
161.500	-0.001621	0.057085
161.750	0.000941	0.058025
162.000	-0.002808	0.055217
162.250	0.001201	0.056418
162.500	-0.002504	0.053914
162.750	0.000883	0.054797
163.000	-0.002272	0.052525
163.250	0.000839	0.053364
163.500	-0.002504	0.050860
163.750	0.001780	0.052640
164.000	-0.001780	0.050860
164.250	0.002591	0.053451
164.500	-0.002504	0.050947

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA IZQUIERDA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
164.750	0.001548	0.052495
165.000	-0.001476	0.051019
165.250	0.001881	0.052900
165.500	0.000087	0.052987
165.750	0.002330	0.055317
166.000	0.000810	0.056128
166.250	0.002490	0.058617
166.500	-0.000130	0.058487
166.750	0.002229	0.060716
167.000	-0.000709	0.060007
167.250	0.002374	0.062381
167.500	0.000289	0.062670
167.750	0.002794	0.065464
168.000	-0.000174	0.065290
168.250	0.002519	0.067809
168.500	-0.000868	0.066941
168.750	0.002591	0.069532
169.000	-0.000101	0.069430
169.250	0.002128	0.071558
169.500	-0.001563	0.069995
169.750	0.001881	0.071876
170.000	-0.001708	0.070169
170.250	0.002041	0.072209
170.500	-0.001447	0.070762
170.750	0.001838	0.072600
171.000	-0.001505	0.071095
171.250	0.001693	0.072789
171.500	-0.001534	0.071255
171.750	0.001013	0.072267
172.000	-0.001520	0.070748
172.250	0.001664	0.072412
172.500	-0.001042	0.071370
172.750	0.001852	0.073223
173.000	-0.000579	0.072644
173.250	0.002663	0.075307
173.500	-0.001505	0.073802
173.750	0.002490	0.076292
174.000	-0.001375	0.074917
174.250	0.001693	0.076611
174.500	-0.001100	0.075511
174.750	0.003199	0.078710
175.000	-0.000391	0.078319
175.250	0.002823	0.081142
175.500	-0.000694	0.080448
175.750	0.002272	0.082720
176.000	-0.001230	0.081490
176.250	0.002576	0.084067

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA IZQUIERDA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
176.500	-0.000420	0.083647
176.750	0.002200	0.085847
177.000	-0.001042	0.084805
177.250	0.001534	0.086339
177.500	-0.001360	0.084979
177.750	0.000477	0.085456
178.000	-0.000694	0.084762
178.250	0.001158	0.085919
178.500	-0.001346	0.084574
178.750	0.001418	0.085992
179.000	-0.002490	0.083502
179.250	0.000579	0.084081
179.500	-0.002663	0.081418
179.750	0.001520	0.082937
180.000	-0.001158	0.081779
180.250	0.000680	0.082459
180.500	-0.002403	0.080057
180.750	0.000188	0.080245
181.000	-0.002272	0.077972
181.250	0.000506	0.078479
181.500	-0.001852	0.076626
181.750	0.001288	0.077914
182.000	-0.001071	0.076843
182.250	0.001317	0.078160
182.500	-0.001143	0.077017
182.750	0.001592	0.078609
183.000	-0.000347	0.078262
183.250	0.001317	0.079579
183.500	-0.000897	0.078682
183.750	0.001158	0.079839
184.000	-0.001273	0.078566
184.250	0.001129	0.079694
184.500	-0.000521	0.079174
184.750	0.001852	0.081026
185.000	-0.000752	0.080274
185.250	0.002374	0.082647
185.500	-0.000275	0.082373
185.750	0.002953	0.085326
186.000	0.000159	0.085485
186.250	0.001983	0.087468
186.500	-0.000304	0.087164
186.750	0.002186	0.089349
187.000	0.000203	0.089552
187.250	0.002548	0.092099
187.500	0.000203	0.092302
187.750	0.002243	0.094545
188.000	-0.000289	0.094256

**ARCHIVO TIPO TEXTO GENERADO POR EL LEVANTAMIENTO EN
CARRETERA SAN SALVADOR – SANTA ANA KM. 32+000
CARRIL DERECHO HUELLA IZQUIERDA**

DISTANCIA ACUMULADA	ELEVACION ENTRE PIES DEL Z-250	ELEVACION ACUMULADA
188.250	0.002707	0.096963
188.500	-0.000781	0.096182
188.750	0.002519	0.098700
189.000	0.000492	0.099192
189.250	0.002345	0.101537
189.500	-0.000159	0.101378
189.750	0.002649	0.104027
190.000	0.000448	0.104475
190.250	0.002432	0.106907
190.500	0.000289	0.107196
190.750	0.002084	0.109280
191.000	-0.000564	0.108716
191.250	0.003083	0.111799
191.500	0.000506	0.112306
191.750	0.002186	0.114491
192.000	-0.000159	0.114332
192.250	0.002157	0.116489
192.500	-0.000984	0.115505
192.750	0.001983	0.117487
193.000	-0.001129	0.116359
193.250	0.002692	0.119051
193.500	-0.000116	0.118935
193.750	0.002026	0.120962
194.000	0.000318	0.121280
194.250	0.002591	0.123871
194.500	0.000087	0.123958
194.750	0.002432	0.126389
195.000	-0.000550	0.125840
195.250	0.001592	0.127431
195.500	-0.000405	0.127026
195.750	0.001100	0.128126
196.000	0.000246	0.128372
196.250	0.002171	0.130543
196.500	-0.000333	0.130210
196.750	0.000998	0.131209
197.000	-0.000188	0.131021
197.250	0.001664	0.132685
197.500	0.000550	0.133235
197.750	0.002548	0.135782
198.000	0.000333	0.136115
198.250	0.002359	0.138474
198.500	0.000101	0.138576
198.750	0.001664	0.140240
199.000	0.000376	0.140616
199.250	0.002779	0.143395
199.500	0.001186	0.144581
199.750	0.002171	0.146752

200.000	-0.000347	0.146405
---------	-----------	----------