



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Niveles de severidad

No se define ningún nivel de severidad, sin embargo, el grado de pulimiento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.

Medición:

Metros cuadrados (m²) de área afectada. Si se contabiliza mancha del pavimento (exudación) no se tendrá en cuenta el pulimiento de agregados.

Falla tipo 13: Baches

Descripción:

Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m. por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior.

El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua de lluvia dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento.

Con frecuencia los baches son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento.

Cuando los baches son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos.

Nivel de severidad:

Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm. Está basado en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con la tabla siguiente:

Profundidad máxima del hueco.	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H
> 50.8 mm	M	M	H



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Tabla N°04 Profundidad máxima del bache. (Facultad de Ciencia y
Tecnología, 2004

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm. Debe medirse el área total del bache en metros cuadrados y dividirla entre (0.47 m²) para hallar el número de huecos equivalentes.

Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm. Los huecos se consideran de severidad media.

Si la profundidad es mayor que 25.0 mm. La severidad se considera como alta.

Nivel de severidad bajo (Low): (L)



Figura N°48 Falla tipo 13: Baches de nivel de severidad bajo (L).
(Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009).

Nivel de severidad medio: (M)

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°49 Falla tipo 13: Baches de nivel de severidad medio (M). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009).

Nivel de severidad alto (High): (H)



Figura N°50 Falla tipo 13: Baches de nivel de severidad alto (H). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Medición:

Los huecos se miden contando aquellos que sean severidades baja, media y alta y registrándolos separadamente.

Falla de tipo 14: Ahuellamientos

Descripción:

El Ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del Ahuellamiento, pero, en muchos casos, este solo es visible después de la lluvia cuando las huellas están llenas de agua.

El Ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debido a la carga del tránsito.

Un Ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.

Niveles de severidad

Depende de la profundidad promedio del Ahuellamiento.

L: 6.0 a 13.0 mm.

M: >13.0 mm a 25.0 mm.

H: >25.0 mm. La profundidad promedio del Ahuellamiento se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad y usando las medidas tomadas a lo largo de aquel para calcular su profundidad promedio.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL



Figura N°51 Falla tipo 14: Ahuellamiento de nivel de severidad bajo (L). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009).



Figura N°52 Falla tipo 14: Ahuellamiento de nivel de severidad medio (M). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009).

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°53 Falla tipo 14: Ahuellamiento de nivel de severidad alto (H). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009).

Medición:

Metros cuadrados (m²) de área afectada y su severidad está definida por la profundidad media de huella.

Falla tipo 15: Deformación por empuje

Descripción:

El desplazamiento es un corrimiento permanente de una área localizada de la superficie del pavimento producida por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie.

Normalmente, este daño solo ocurre en pavimentos con mezcla de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión).

Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento portland. Los defectos asociados a las deformaciones por empuje están asociados con el grado de afectación de la calidad del rodaje.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°54 Falla tipo 15: Deformación por empuje. (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009).

Nivel de severidad bajo (Low): (L)

Producen un efecto medio en la calidad del rodaje.

Nivel de severidad medio: (M)

Producen un efecto medio en la calidad de rodaje.



Figura N°55 Falla tipo 15: Deformación por empuje de nivel de severidad medio (M). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009).

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Nivel de severidad alto (High): (H)

Producen un efecto negativo muy marcado en la calidad de rodaje.



Figura N°56 Falla tipo 15: Deformación por empuje de nivel de severidad alta (H). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009).

Medición:

Metros cuadradas (m²) de área afectada. Las deformaciones ocurren en baches se consideran para el inventario de daños como baches.

Falla tipo 16: Grietas por desplazamiento (fisuras parabólicas)

Descripción:

Las grietas parabólicas por deslizamiento son grietas en forma de media luna creciente, con puntas hacia el sentido del tránsito.

Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica entre la superficie y la capa siguiente en la estructura del pavimento de baja resistencia, o de un riego de adherencia excesivo, y en algunas oportunidades pobre.

Este daño no tiene relación alguna con proceso de inestabilidad geotécnica de la calzada.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°57 Falla tipo 16: Grietas por desplazamiento (fisuras parabólicas). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009).

Nivel de severidad bajo (Low): (L)

Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm.



Figura N°58 Falla tipo 16: Grietas por desplazamiento (fisuras parabólicas) de nivel de severidad bajo (L). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009).

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Nivel de severidad medio: (M)

Existe una de las siguientes condiciones:

1. Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm.
2. El área alrededor de la grieta esta fracturada en pequeños pedazos ajustados.

Nivel de severidad alto (High): (H)

Existe una de las siguientes condiciones:

1. Ancho promedio de la grieta es mayor de 38.0 mm.
2. El área alrededor de la grieta esta fracturada en pedazos fácilmente removibles.



Figura N°59 Falla tipo 16: Grietas por desplazamiento (fisuras parabólicas) de nivel de severidad alto (H). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009).

Medición:

Metros cuadrados (m²) y se califica según el nivel de severidad más alto presente en la misma.

Falla tipo 17: Hinchamiento

Descripción:

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento con una onda larga y gradual de la longitud mayor a 3.0 m.

El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por suelos potencialmente expansivos.



Figura N°60 Falla tipo 17: Hinchamiento. (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009).

Nivel de severidad bajo (Low): (L)

El hinchamiento causa calidad de transito de baja severidad.

Un hinchamiento de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección del pavimento: si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba del vehículo.

Nivel de severidad medio: (M)

El hinchamiento causa calidad de transito de severidad media.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL



Figura N°61 Falla tipo 17: Hinchamiento de severidad media (M). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009).

Nivel de severidad alto (High): (H)

El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

Medición:

Metros cuadrados (m²) de área afectada.

Falla tipo 19: Disgregación y Desintegración (Desprendimiento)

Descripción:

La disgregación y desintegración son el desgaste de la superficie del pavimento debido a la pérdida del ligante asfáltico y las partículas sueltas de agregado.

Este daño indica que bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable o que la mezcla es de calidad pobre.

Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de oruga.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°62 Falla tipo 18: Disgregación y Desintegración. (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009).

El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimientos.

Nivel de severidad bajo (Low): (L)

Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas de superficie ha comenzado a deprimirse.

En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°63 Falla tipo 18: Disgregación y Desintegración de nivel de severidad baja (L). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009).

Nivel de severidad medio: (M)

Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°64 Falla tipo 18: Disgregación y Desintegración de nivel de severidad media (M). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009).

Nivel de severidad alto (High): (H)

Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm. Y profundidades menores que 13.0 mm. Áreas ahuecadas mayores se consideran huecos.

En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.



Figura N°65 Falla tipo 18: Disgregación y Desintegración de nivel de severidad alta (H). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009).

Medición:

Metros cuadrados (m²) de área afectada.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

2.2.6. Rugosidad

Según (Pradena, 2006)

La especificación ASTM E 867, define rugosidad como la desviación de una determinada superficie de pavimentos respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo y la calidad al manejar (ASTM, 1995).

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 uno de estos.

Como consecuencia de ellos se planteó a nivel internacional el interés de desarrollar un índice único y común al que referirse, que fuera independiente del equipo o técnica de obtención de la geometría del perfil y que además representara significativamente el conjunto de las percepciones de los usuarios circulando en un vehículo medio a una velocidad media. El índice internacional de rugosidad mejor conocido como IRI, fue propuesto por el banco mundial en 1986 como un estándar estadístico de la rugosidad y sirve como parámetro de referencia en la medición de la calidad de rodadura de un camino.

También según (Almenara, 2015).

La rugosidad de los caminos es uno de los parámetros más usados para evaluar la calidad en una vía y ver el estado del pavimento. Según lo detallado por el ingeniero Forslof en su artículo académico sobre rugosidad y textura (Forslof), muchos confunden los conceptos de rugosidad y textura, pero estos no son sinónimos como muchos piensan. A continuación se puede apreciar en la figura N°66 claros ejemplos de la diferencia entre rugosidad y textura de un pavimento.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura comparativa entre la rugosidad y textura en pavimentos

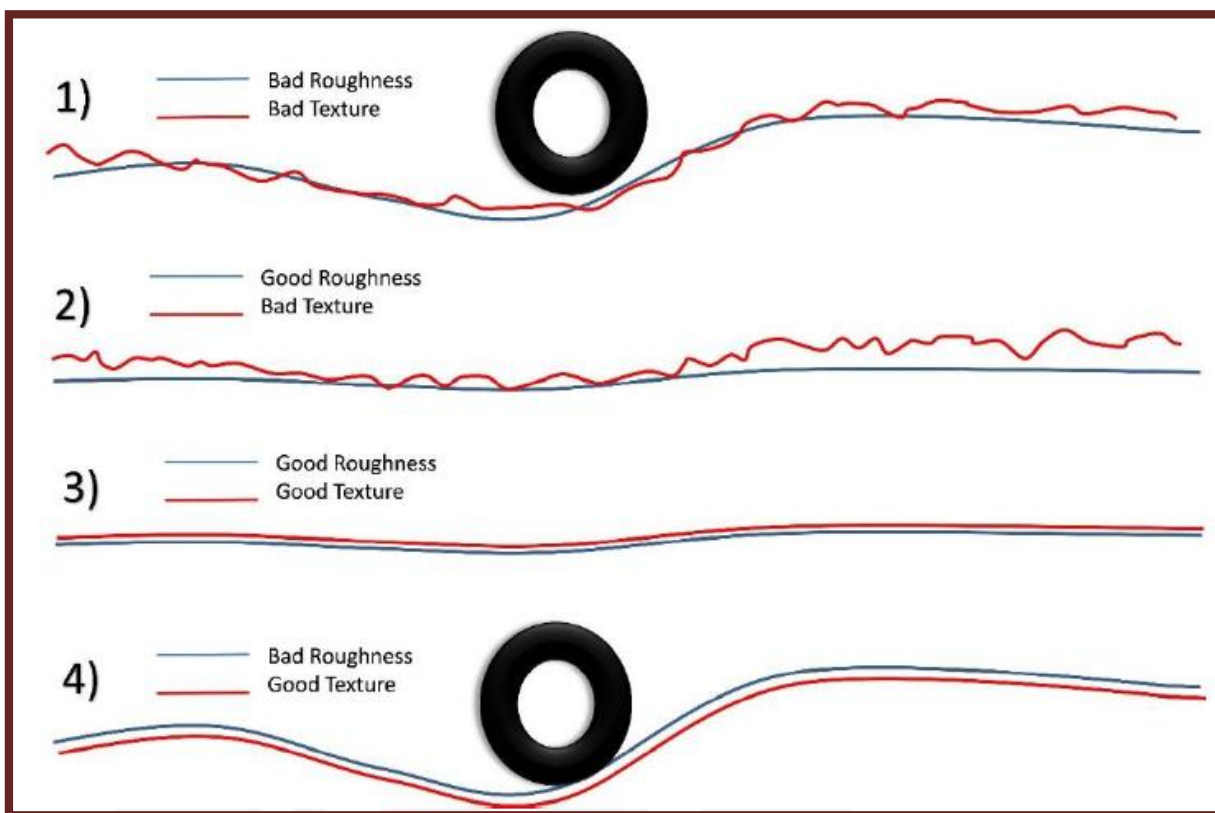


Figura N°66 comparación entre rugosidad y textura en pavimentos. (Almenara, 2015).

Las unidades de medida de la rugosidad es el índice internacional de rugosidad (IRI) y la textura es referida como macro (también llamada mega) o micro texturas. Las micro texturas, por definición una muy pequeña corrugación en la capa de rodadura del pavimento, son comúnmente referidas en términos de fricción para su gestión.

La expresión buena o mala textura son nombres adoptados por convención, mas no por temas asociados a la calidad. Las macro texturas son llamadas malas por el hecho que son más gruesas mientras que por buenas nos referimos a micro texturas por el hecho de ser muy finas. Para observar un claro ejemplo de textura en pavimentos podemos presentar el caso de nuestro país a diferencia de estados unidos. Nosotros construimos pavimentos con micro texturas, buscando que sean lo más lisas posibles como se

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

puede observar en la figura N°67 mientras que por temas de adherencia ante situaciones climáticas como lluvias torrenciales y heladas, en estados unidos se utilizan acabos macro para que los neumáticos no resbalen, como podemos observar en las figuras N°68 y 69.



Figura N°67 Micro textura en pavimentos. (Almenara, 2015).

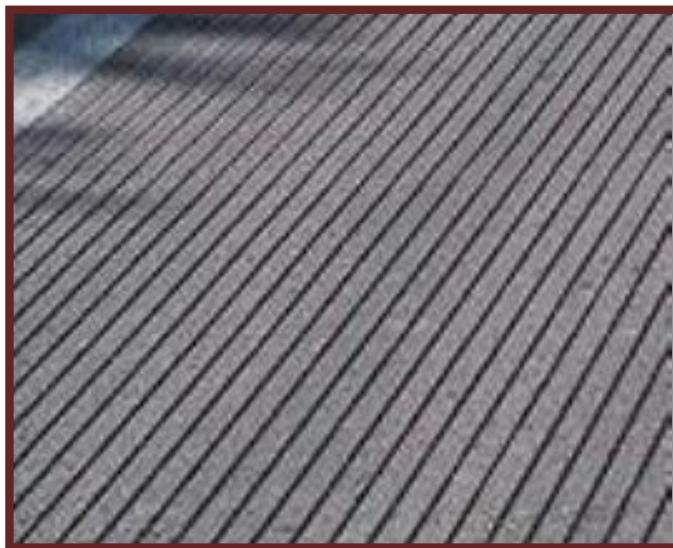


Figura N°68 Macro texturas para lluvias en pavimentos.
(Almenara, 2015).

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL



Figura N°69 Macro texturas usadas para heladas en pavimentos. (Almenara, 2015).

A menudo la rugosidad y la textura van de la mano, lo que nos dice que si el IRI aumenta es porque la textura empeora. Existen excepciones como en el caso de las figuras N°67, 68 y 69 donde pavimentos lisos de concreto o asfalto en caliente con acabados lisos pueden tener un alto IRI y pavimentos con gavilla o pérdida de superficie de rodadura pueden tener un IRI bajo pero una textura muy pobre.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

2.2.7. Índice internacional de rugosidad (IRI)

Según (Almanza, 2014)

La funcionalidad de la superficie de una carretera es de suma importancia porque de esto depende la comodidad y seguridad que experimentan los usuarios y a su vez la funcionalidad determina los costos de operación de los vehículos y el mantenimiento de la carretera. Además de la regularidad superficial de la carretera depende la velocidad de circulación, consumo de las llantas y el consumo de combustible y esto se traduce en el costo para el usuario.

Es muy importante conocer el estado de vía regularidad superficial de la carretera en cualquier momento de la operación de la misma, para tomar acciones de reversión y corrección correspondientes, las investigaciones del banco mundial has demostrado que corregir los defectos y deterioros superficiales de una carretera resultan más económicos que la rehabilitación de la misma.

Para evaluar la regularidad superficial de una vía está el parámetro denominado Índice de Regularidad Superficial (IRI), el cual refleja la comodidad que tiene el usuario al transitar por la carretera.

Los antecedentes se remontan a la década de los 70's cuando el banco mundial patrocino algunos programas de investigación para analizar algunas decisiones que debían adoptar los países desarrollados: ¿deberían los gobiernos prestar dinero para construir carreteras de calidad con altos costos o deberían ahorrar dinero con vías de menor calidad y más baratas? La rugosidad de las vías fue identificada con el factor más importante en cuanto a la calidad y al costo. El estudio encontró que los datos de rugosidad medidos en diferentes partes del mundo eran diferentes y no comprobables debido a que los métodos utilizados no eran estables en el tiempo, según Sayers, 1986.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Definición del IRI

La sociedad americana en ensayos y materiales (ASTM) en la norma E-867 define la rugosidad como la desviación de la superficie del pavimento respecto a una superficie plana que afecta la dinámica de los vehículos, como lo mencione en el título anterior. La rugosidad también puede ser definida como la distorsión de la superficie de la vía que causa aceleraciones verticales, indeseables contribuyendo a la comodidad del viaje.

El IRI es una escala de la regularidad superficial de una vía, propuesta por el banco mundial como estadística estándar de la rugosidad que determina la influencia del perfil longitudinal de la carretera en la calidad de la rodadura, se expresa en metros por kilómetros.

El cálculo del índice de rugosidad internacional IRI está basado en el comportamiento del modelo matemático "Quarter Car", que simula la función y las masas de la cuarta parte de un vehículo que circula por la vía a una velocidad promedio de 80 Km/h, la acumulación de los desplazamientos de vertical de las masas dividido entre la distancia recorrida, da como resultado el IRI en dimensiones de pendiente (m/Km).

Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos.

Las investigaciones han demostrado que existen muchos factores que afectan la regularidad superficial del pavimento de estos los más relevantes son:

- Edad del pavimento.
- Niveles de tráfico vehicular.
- Espesores del pavimento.
- El número estructural.
- Las propiedades del concreto asfáltico utilizado: vacíos con aire, gravedad específica y el contenido de asfalto.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

- Las características del medio ambiente: temperatura promedio, precipitaciones pluviales (días de lluvia), índice de congelamiento, días con temperatura superior a 32°C.
- Propiedades de la base granular como el contenido de humedad y el porcentaje de material pasa la malla 200.
- Propiedades de la sub rasante como el índice de plasticidad, contenido de humedad, contenido de limos y arcillas y porcentaje de material que pasa la malla 200.
- Extensión y severidad de las fallas del pavimento.

Bondades de un pavimento sin irregularidades

Los pavimentos sin irregularidades brindan al usuario la comodidad al transitar y a su vez un pavimento sin irregularidades trae como consecuencia positiva en comparación con un pavimento con superficie irregular:

- Disminución de las cargas dinámicas en los pavimentos.
- La regularidad de un pavimento se conserva por más tiempo.
- La vida de servicio aumenta.
- Disminuye el consumo de combustible y el costo de mantenimiento del vehículo.
- Disminuye el costo de mantenimiento del pavimento.

Equipos para la medición del IRI

En la actualidad se han desarrollado una variedad de equipos para la medición del IRI, en el Perú estos equipos son utilizados para la evaluación de pavimentos de la red vial nacional a través de las entidades públicas y privadas nacional, regional y local.

Los equipos para la medición de la regularidad superficial del pavimento, difieren uno del otro por la precisión de los resultados obtenidos, la rapidez en la obtención de los datos y la complejidad del sistema que gobierna su funcionamiento.



EQUIPO	GRADO DE PRECISIÓN	IMPLEMENTACIÓN	COMPLEJIDAD DEL EQUIPO	OBSERVACIONES
Perfilografos	Media	Control de calidad y recepción de obras	Simple	Estos equipos no son prácticos para la evaluación de las redes viales
Tipo respuesta para medir la regularidad de las carreteras	Media	Monitoreo de red vial	Compleja	Los resultados obtenidos entre estos equipos no son comparables, ya que dependen de la dinámica particular del movimiento del vehículo y no son estables en el tiempo
Nivel y Mira	Muy alta	Mediciones de perfil de pavimentos y calibraciones	Simple	El uso de estos equipos para proyectos largos no es práctico y los costos son elevados
Dipstick	Muy alta	Mediciones de perfil de pavimento y calibraciones	Muy simple	Se utiliza para mediciones del perfil de pavimento en longitudes pequeñas
Perfilometro inercial	Muy alta	Monitoreo y recepción de proyectos viales	Muy compleja	Equipos con alta precisión permiten la comparación de resultados y son estables en el tiempo. Pueden ser utilizados para la calibración de los equipos tipo respuesta

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Tabla N°05 Algunos equipos para la medición del IRI (Almanza, 2014).

A continuación la descripción de los equipos presentados en la tabla N°03.

Perfilografos

Numerosos modelos de Perfilografos han sido usados desde 1900 y han existido en una variedad de formas, configuraciones y marcas. Debido a su diseño estos no son prácticos. Un Perfilografo consiste en una viga o cercha con un sistema de soporte de ruedas al principio y al final, y una rueda en el centro, que sirve para medir las desviaciones.

En la actualidad es utilizado el Perfilografo de california, en el cual su uso más común es para la inspección de construcciones para pavimentos rígidos, control de calidad y aceptación de proyectos. Existen diferencias entre Perfilografos, los cuales están relacionados con las configuraciones las ruedas, el funcionamiento y procedimiento de medida en los dispositivos.

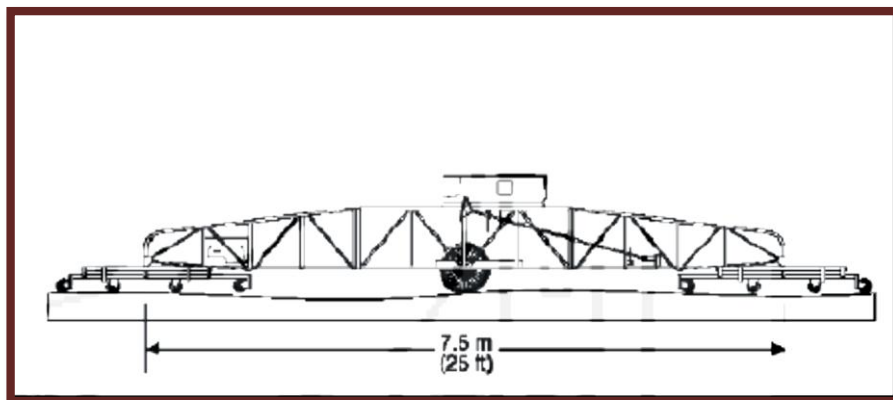


Figura N°70 Perfilometro. (Almanza, 2014).

Equipos tipo respuesta (RTRRM)

La recolección de datos de regularidad, también es realizada a través de equipos tipo respuesta, medidores de caminos. Estos son adecuados para el monitoreo rutinario de una red pavimentada y para proporcionar una visión global de la condición y el mantenimiento necesario.

Los equipos RTRRM miden los movimientos verticales del eje trasero de un automóvil o el eje de un remolque relativo al marco del



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

vehículo. Los medidores se instalan en los vehículos con un transductor de desplazamiento localizado entre la mitad del eje y el cuerpo del automóvil o remolque el transductor detecta pequeños incrementos del movimiento relativo entre el eje y el cuerpo del vehículo. La ASTM en la norma E 1082 "Standard Test method for measurement of vehicle response to average surface roughness" especifica los procedimientos para la medición de la rugosidad con equipos tipo respuesta.

La desventaja de un RTRRM es que el movimiento del eje de vehículo vs tiempo depende de la dinámica de un vehículo particular, lo que produce efectos no deseados tales como:

- Las medidas de regularidad no son estables con el tiempo. Las medidas realizadas recientemente con un RTRRM, no pueden ser comparadas con aquellas mediciones realizadas en años anteriores.
- Las medidas de regularidad no son transportables. Las mediciones realizadas por un RTRRM que utiliza un determinado sistema son raramente reproducibles por otro aun si el vehículo es estandarizado.
- La velocidad del viaje afecta las mediciones. La velocidad de viaje del vehículo afecta la respuesta del sistema. Si en la misma sección se toman medidas de rugosidad con el mismo equipo y diferentes velocidades, los resultados obtenidos serán diferentes.

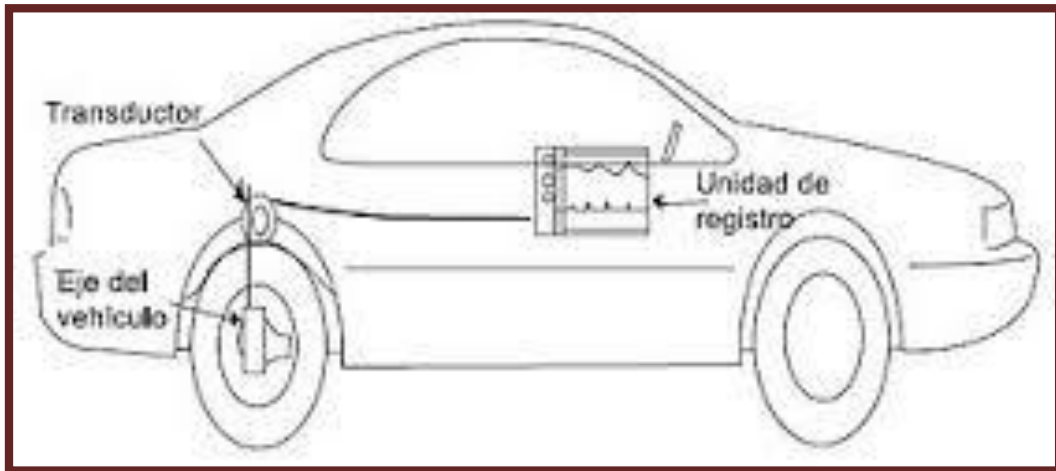
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°71 Equipo tipo respuesta. (Almanza, 2014).

Mira y nivel (Rod and Level)

Es conocido como Perfilometro manual y es quizás el método más preciso para obtener las elevaciones reales de la superficie del pavimento, es considerado de bajo rendimiento debido a que el proceso de recolección de datos es relativamente lento en comparación con otros equipos. Se considera que para la evaluación de la regularidad de la superficie de rodadura de proyectos de gran magnitud es impráctico y de alto costo. Sin embargo, este tipo de equipo tiene una gran precisión y puede obtener una medida exacta del perfil del pavimento. (Sayers, 1986).

La especificación E1364 de la ASTM "Test method for Measuring road roughness by static level method" presenta una guía para la medición el perfil de las vías con este equipo. El parámetro más importante para la toma de datos por este método es que la resolución del nivel cumpla con los requerimientos dados por la ASTM.

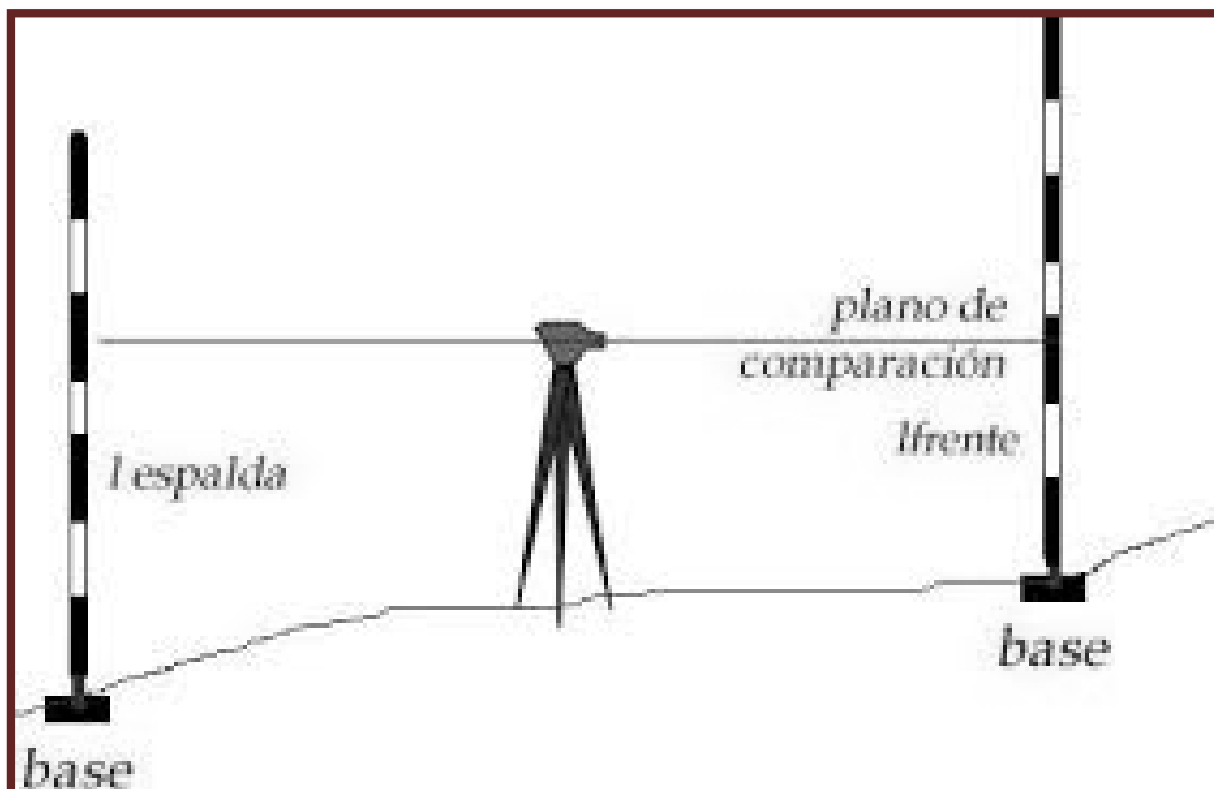
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°72 Nivel y Mira. (Almanza, 2014).

Dipstick

Los equipos Dipstick pueden usarse para obtener una cantidad relativamente pequeña en medidas el perfil de pavimento. El Dipstick consiste en un inclinómetro soportado en dos apoyos separados por 305 mm (12'), los cuales registran la elevación de un apoyo relativo a la elevación del otro. El operador conduce el Dipstick sobre una sección de pavimento pre marcada, rotando el instrumento alternadamente sobre cada apoyo. Se registran las lecturas secuencialmente mientras el operador recorre la sección. El dispositivo registra 10 a 15 lecturas por minuto el software de análisis es capaz de proporcionar un perfil exacto a ± 0.127 mm (± 0.005 "). El Dipstick comúnmente es usado para medir un perfil para la calibración de instrumentos más complejos, tal como el RTRRM, así mismo para la verificación de resultados obtenidos con los perfilómetros inerciales.

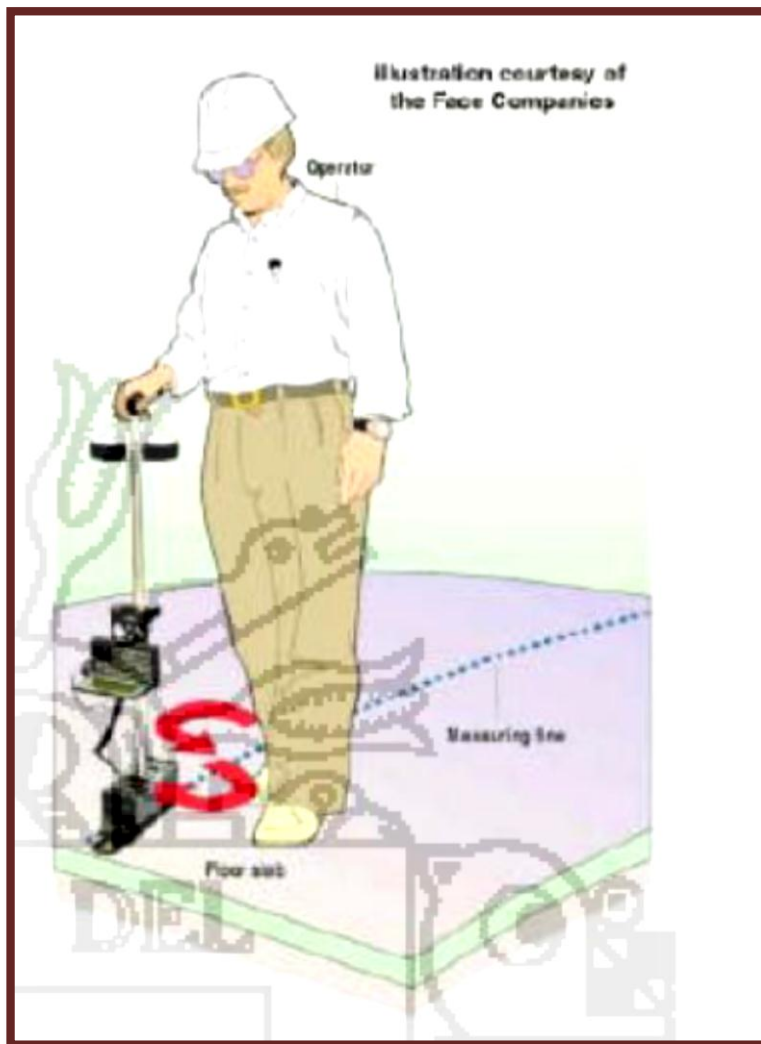
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°73 Dipstick. (Almanza, 2014).

Perfilometro inercial

Los equipos de referencia inercial son equipos que producen medidas automáticas y de alta calidad del perfil de la carretera. Estos equipos producen medidas continuas del perfil longitudinal a altas velocidades a través de una creación de una referencia inercial integrada por acelerómetros colocados en un vehículo para obtener el movimiento vertical del mismo (aceleración vertical) y sensores que no son de contacto, tipo laser, que miden el desplazamiento relativo entre el vehículo y la superficie del pavimento. Generalmente son llamados perfilómetros de alto rendimiento ya que son muy precisos y general el perfil longitudinal de la vía en

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

real. Sus principales componentes son: sensores de altura, acelerómetros, sistema de medidor de distancia y un computador con su respectivo software para el cómputo del perfil de la calzada.

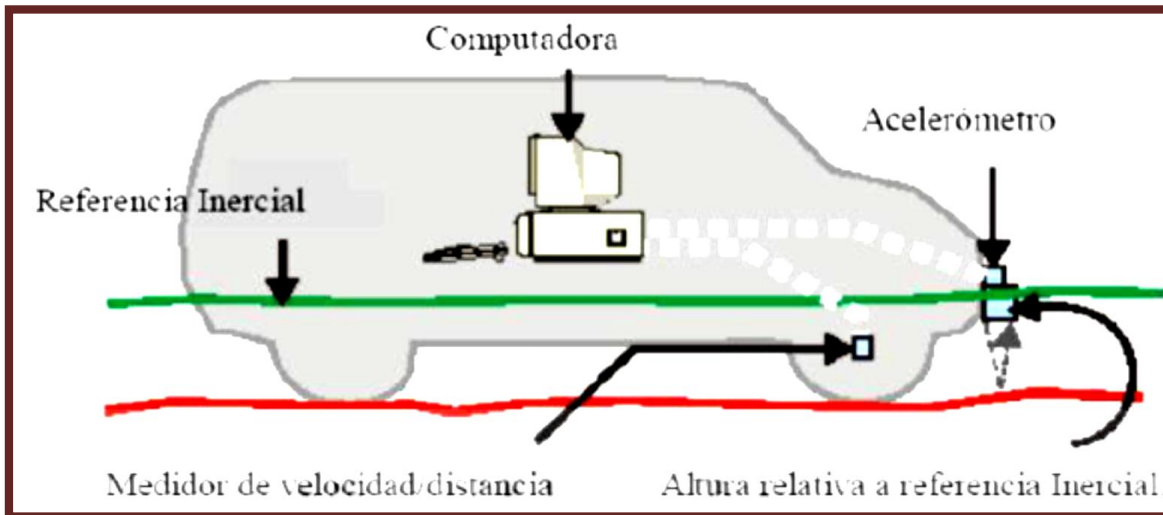


Figura N°74 Perfilómetro inercial. (Almanza, 2014).

Clasificación de equipos para la medición del IRI

Para la clasificación de los equipos para la medición de la regularidad superficial de caminos tanto el banco mundial en su documento técnico N° 46 "guidelines for conducting and calibrating road roughness measurements" como la norma ASTM E-950-98 consideran el intervalo de almacenamiento y la resolución de la medida que los diferentes equipos pueden ofrecer para su clasificación. La siguiente tabla muestra la comparación de la clasificación del banco mundial y la norma ASTM.



Clasificación del equipo	Clasificación según el banco mundial documento técnico N°46	Clasificación según ASTM E950-98	
		Intervalos de almacenamiento	Resolución de las medidas verticales
Clase 1	Perfilómetros de precisión requiere que el perfil longitudinal sea medido como una serie de puntos de elevación equidistantes a través de la huella de la vía para calcular el IRI. Esta medida no debe sobrepasar los 0.25m y la recisión de medición de la elevación debe ser superior 0.5mm para pavimentos con IRI entre 1 y 3 m/km y de 3 mm para valores del IRI entre 10 y 20 m/km.	Menos o igual a 25 mm.	Menor o igual a 0.1 mm.
Clase 2	Otros métodos requieren una frecuencia de puntos del perfil no superior a 0.5 m y una precisión en la medida de elevación de 1 mm para IRI entre 1 y 3 m/km y 6 mm para valores de IRI entre 10 y 20 m/km.	Mayor que 150 mm hasta 300 mm.	Mayor que 0.1 mm hasta 0.2 mm.
Clase 3	IRI estimado mediante ecuaciones de correlación. La obtención del perfil longitudinal se hace mediante equipo tipo respuesta (RTRRM), Los cuales han sido previamente calibrados con perfilómetros de precisión mediante ecuaciones de correlación.	Mayor que 25 mm hasta 150 mm.	Mayor que 0.2 mm hasta 0.5 mm.



Clase 4	Estimaciones subjetivas y mediciones no calibradas. Incluye mediciones realizadas con equipos no calibrados, estimaciones subjetivas con base en la experiencia en la calidad del viaje o inspecciones visuales a las vías.	Mayor que 300.	Mayor que 0.5 mm.
----------------	---	----------------	-------------------

Tabla N°06 Clasificación de quipos para la medición del IRI (Almanza, 2014).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

La escala de valores de IRI del banco mundial

Según (Almanza, 2014)

El banco mundial en 1986 propuso las escalas de medición del IRI en pavimentos de concreto asfáltico y aquellos con tratamientos superficial así como también para aquellas carreteras cuya superficie de rodadura es a nivel de afirmado y/o trochas carreteras. Además de estas escalas de medición propuestas por el banco mundial, la norma ASTM E 1926, también presenta una escala de medición de la regularidad superficial del pavimento.

IRI (m/Km)	
0	
3	Manejo confortable arriba de 120 Km/h. ondulación levemente perceptible a 80 Km/h en rango entre 1.3 y 1.8. Depresiones, baches o corrugaciones no son fácilmente visibles; depresiones < 2mm/3m.
6	Manejo confortable entre 100 y 120 Km/h a 80 Km/h, movimientos moderadamente perceptibles o largas ondulaciones pueden ser percibidos. Superficie defectuosa: depresiones ocasionales, parches o baches (por ejemplo 5-15 mm/3m o 10-20mm/5m con frecuencia).
9	Manejo confortable entre 70 y 90 Km/h, grandes movimientos perceptibles y oscilaciones. Usualmente asociadas con defectos: frecuentes depresiones moderadas y variables o parches (por ejemplo 15-20mm/3m o 20-40mm/5m con frecuencia 5-3 en 50m) o baches.
11	Manejo confortable entre 50-60 Km/h, frecuentes movimientos puntuales u oscilaciones. Asociadas con severos defectos: frecuentes depresiones profundas y variables o parches (por ejemplo 20-40mm/3m o 40-80mm/5m con frecuencia de 5 en 50m) o frecuente.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

		Necesario reducir velocidad por debajo de 50 Km/h muchas depresiones profundas, baches y desintegraciones severa (por ejemplo 40-80mm de profundidad con frecuencia entre 8-16 en 50m)
--	--	--

Tabla N°07 escalas en la estimación de la rugosidad de pavimentos (Almanza, 2014).

2	0-3	Pavimentos nuevos, superficie de grava fina o superficie con una excelente perfil longitudinal y transversal (por lo general solo se encuentra en longitudes cortas).
4		Manejo confortable hasta 80-100 Km/h con ondulaciones suaves o balanceo. Depresiones insignificantes (por ejemplo, <5mm/3m) y no hay baches.
6	3-6	Manejo confortable hasta 70-80 Km/h, pero con movimientos agudos y algo de rebote de la rueda. Depresiones de poca profundidad moderada frecuentes o baches poco profunda (por ejemplo, 6-30mm/3m con frecuencia 10.5 por 50 metros). Moderado corrugaciones (por ejemplo 6-20 mm/ 0.7-1.5m).
8		
10	6-10	Desplazamiento cómodo a 50 Km/h (o 40-70 Km/h en tramos específicos). Frecuentes depresiones trasversales moderadas (por ejemplo 20-40mm/3-5m en frecuencia 10-20 por 50m) o depresiones o baches (por ejemplo 40-80mm/3m con frecuencia menos de 5 por 50 metros) de profundidad ocasionales. Corrugaciones fuertes (por ejemplo, >20mm/0.7-1m)
12		
	10-14	
14		Desplazamiento cómodo a 30-40 Km/h. velocidades superiores frecuentes depresiones trasversales profundas y/o baches (por ejemplo 40-80mm/1-5m en frecuencia de 5-10 por 50m) o depresiones muy profundas ocasionales (por ejemplo, 80 mm/1-5m con frecuencia menos de 5 por 50 metros) con otras depresiones poco profundas. No es posible evitar todas las depresiones, excepto
16		
	14-19	



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

18	19-24	lo peor. Desplazamiento cómodo a 20-30 Km/h velocidades superiores a 40-50 Km/h podría causar incomodidad extrema, y posibles daños en el coche. En un buen perfil general: depresiones y/o baches profundos frecuentes (por ejemplo 40-80mm/1-5 m en frecuencia 10-15 por 50 metros) y ocasionales depresiones muy profundas (por ejemplo, >80mm/0.6-2 m) en un perfil general pobre: defectos y depresiones (por ejemplo, la falta de superficie de tierra) moderadas frecuencias.
20		
22		
24		

Tabla N°08 escalas en la estimación del IRI en pavimentos asfálticos y tratamientos superficiales. (Almanza, 2014).

En Uruguay hacen una diferencia de valores del IRI para pavimentos asfálticos y de concreto hidráulico que se presenta a continuación, adoptaremos esta escala por temas metodológicos para mi investigación.

Condición del camino	pavimento asfáltico IRI (Km/m)
Muy bueno	<3.2
Bueno	3.2-3.9
Regular	4.0-4.6
Malo	>4.6

Tabla N°09 escalas en la estimación del IRI en pavimentos asfálticos. (Arriaga, Garnica y rico, 1998).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Valores del IRI en entidades públicas internacionales

La medición del IRI es de suma importancia para la toma de decisiones por partes de la entidades del estado y/o privadas (contratistas) que traen como consecuencia un mantenimiento, rehabilitación y/o construcción.

Las entidades gubernamentales encargadas de la gestión de pavimentos definen el modo de evaluación de las superficies de rodadura. Teniendo en consideración que los intervalos grandes para la toma de datos no refleja la realidad de la superficie del pavimento más si el intervalo es pequeño el IRI es más real.

En el cuadro siguiente se muestra algunos valores del IRI adoptados por algunos países.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Institución pública	Requerimientos del IRI según el tipo de pavimento			
	Procedimiento general	Asfáltico	Hidráulico	Tratamientos superficiales
Ministerio de obras públicas de Chile	IRI obtenido en 5 tramos consecutivos de 200m de secciones homogéneas.	Promedio de 5 tramos ≤ 2 m/Km promedio individual ≤ 2.8 m/Km.		Promedio de 5 tramos ≤ 3 m/Km promedio individual ≤ 4 m/Km.
Ministerio de fomento de España	IRI obtenido en tramos de 100 m.	IRI < 1.5 m/Km en el 50% de los tramos del proyecto IRI < 2 m/Km en el 80% de los tramos del proyecto IRI < 2.5 m/Km en el 100% de los tramos del proyecto.		
Estados Unidos (estado de WISCONSIN)	IRI obtenido en tramos de 160 (1 milla).	IRI m/Km	Años	
< 1.1		0		
< 1.17		1		
< 1.29		2		
< 1.33		3		
< 1.37		4		
< 1.45		5		
Canadá	IRI obtenido en 160 tramos (1 milla).	IRI ≤ 1.2 m/Km para el 70% de los tramos IRI ≤ 1.4 m/Km para el 100%		



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

		de los tramos.		
Suecia	IRI en tramos de 20m.	IRI \leq 1.4 m/Km		
	IRI en tramos de 200m.	IRI \leq 2.4 m/Km		

Tabla N°010 escala de IRI en entidades públicas internacionales (Almanza, 2014).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

2.2.8. Evaluación del índice de rugosidad internacional con el Rugosímetro de Merlín

Según (Almanza, 2014)

Introducción al Rugosímetro de Merlín

El laboratorio británico de investigación de transportes y caminos (TRRL) desarrollo el Rugosímetro de Merlín (Acrónimo de la terminología inglesa Machine for Evaluating Roughness using low-cost instrumentation), basándose en el principio del Perfilómetro estático, con el objetivo de obtener un equipo de bajo costo, fácil manejo y un método de análisis simple con resultados confiables.

La gran ventaja en el uso del Merlín es la exactitud en los resultados que solo puede ser superada por el método de la mira y el nivel. Pero también tiene la ventaja de que el rendimiento ofrecido por este equipo es muy bajo comparado con los equipos electrónicos y/o dinámicos y el problema es mayor aun cuando es necesario evaluar grandes distancias de carretera y si los resultados son necesarios con prontitud la utilización del MERLÍN se hace improductivo.

El ING. Pablo del Águila en sus diferentes publicaciones sobre la utilización del equipo Merlín hace hincapié en las bondades del equipo como son: la gran exactitud en los resultados obtenidos, en comparación con cualquier método dinámico y como también en el aspecto económico; siendo solamente necesario dos personas para su operación, lo cual resulta barato en comparación a los equipos dinámicos que necesitan para su operación de vehículos adicionales y el costo de mantenimiento y calibración de estos a su vez es relativamente alto.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°75 Medición con el Rugosímetro de Merlín. (Pablo del águila, 2011).

Metodología para determinar del IRI con Rugosímetro de Merlín

La determinación de la rugosidad de un pavimento se basa en el concepto de usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio. El Merlín mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. El desplazamiento es conocido como la desviación respecto a la cuerda promedio.

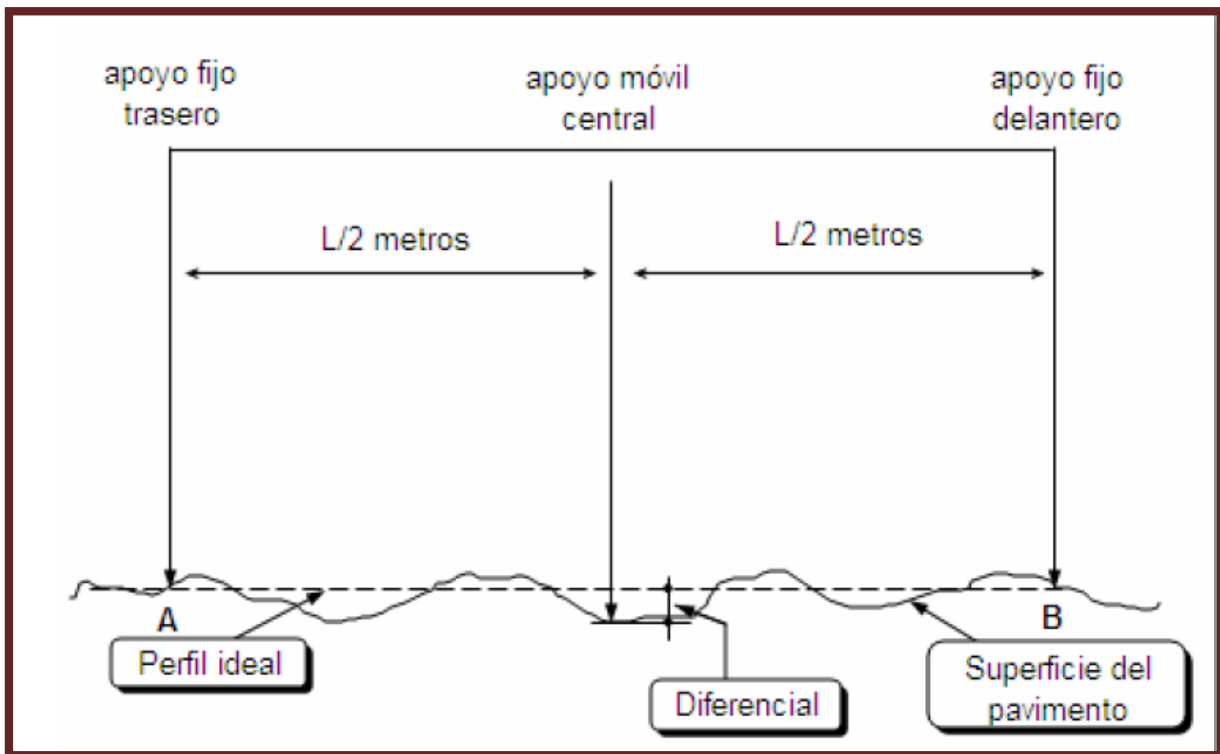
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°76 Desviación del pavimento respecto a la cuerda promedio. (Pablo del águila, 1999).

Histograma de la distribución de frecuencias

Se debe medir 200 desviaciones en forma continua para poder obtener el histograma de distribución de frecuencias, en el histograma existe la posibilidad de medir dispersión de las desviaciones, en la figura que sigue se muestra el parámetro estadístico D que representa la rugosidad del pavimento en escala Merlín, luego de hacer la depuración de 5% (10 datos) a cada lado (cola) del histograma, el máximo rango D debe ser convertido en unidades IRI mediante ecuaciones de correlación.

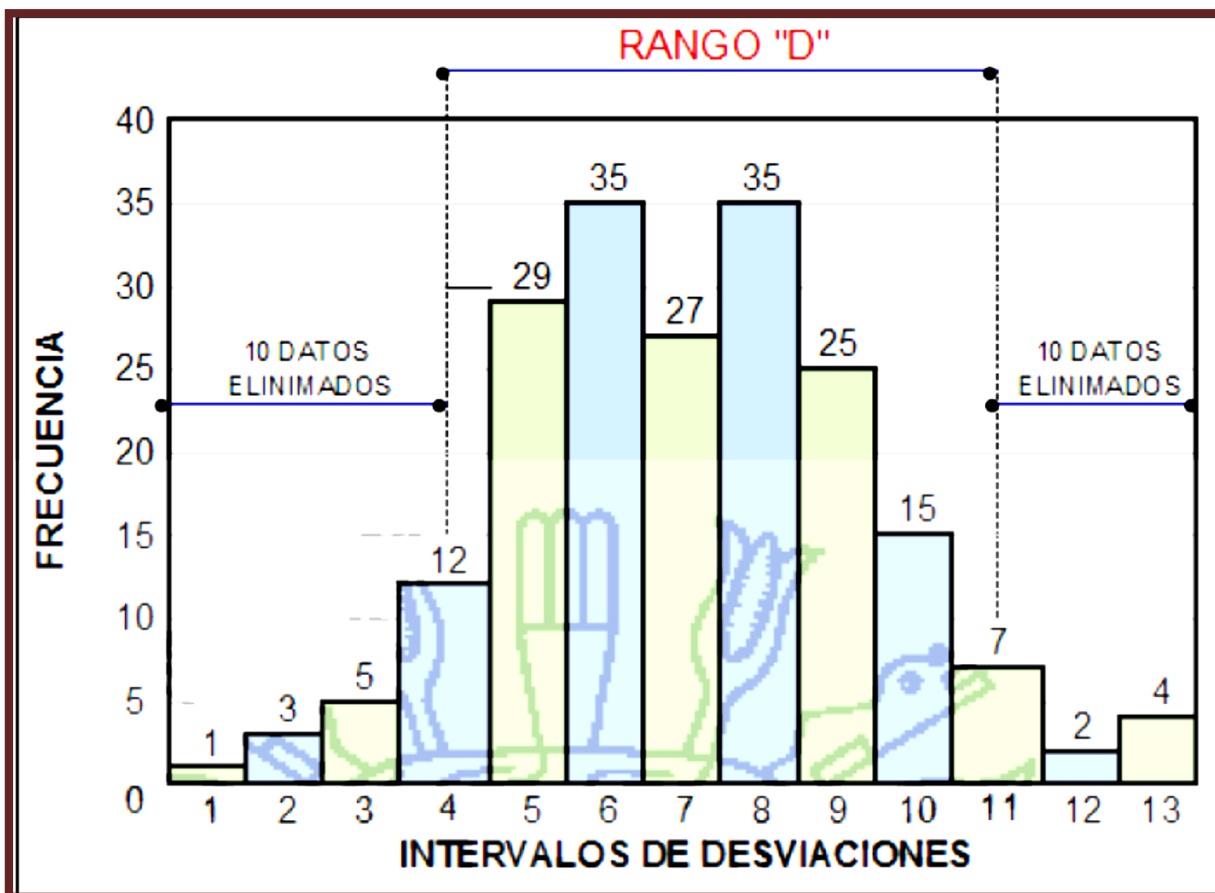
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°77 Histograma de la distribución de frecuencias. (Almanza, 2014).

Correlaciones D versus IRI

A partir de las investigaciones por encargo del banco mundial en la década de los 80's se estableció como parámetro patrón para relacionar los resultados obtenidos con la gran variedad de equipos medidores del IRI.

Para relacionar la rugosidad obtenida con el MERLÍN con el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) se deben usar las siguientes ecuaciones de correlación.

Cuando $2.4 < IRI < 15.9$, entonces $IRI = 0.593 + 0.0471D$ (1)

Cuando $IRI < 2.4$. Entonces $IRI = 0.0485$ (2)

La primera ecuación es una ecuación primigenia del TRRL, resultado de las investigaciones del banco mundial en el año 1982, la segunda ecuación es el resultado de las investigaciones en el



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Perú, el cual debe ser aplicado a pavimentos nuevos o en buen estado, tal como indica la condición de su utilización en la expresión segunda.

Rugosímetro de Merlín

Según (Almanza, 2014)

El Rugosímetro Merlín, es un instrumento versátil, sencillo y económico, pensando especialmente para uso en países en vías de desarrollo.

Según la clasificación de equipos para medición de la regularidad superficial de pavimentos, propuesta por el banco mundial, el Merlín pertenece a la clase 1, por obtener resultados muy exactos solo superado por el método de mira y nivel y además de ser una variación del Perfilómetro estático.

Esquema y representación de las partes de un equipo Merlín

El Merlín es un equipo sencillo y de fácil operación, lo cual hace que su utilización resulte completamente económica cuando se trate de evaluar tramos cortos de carretera.

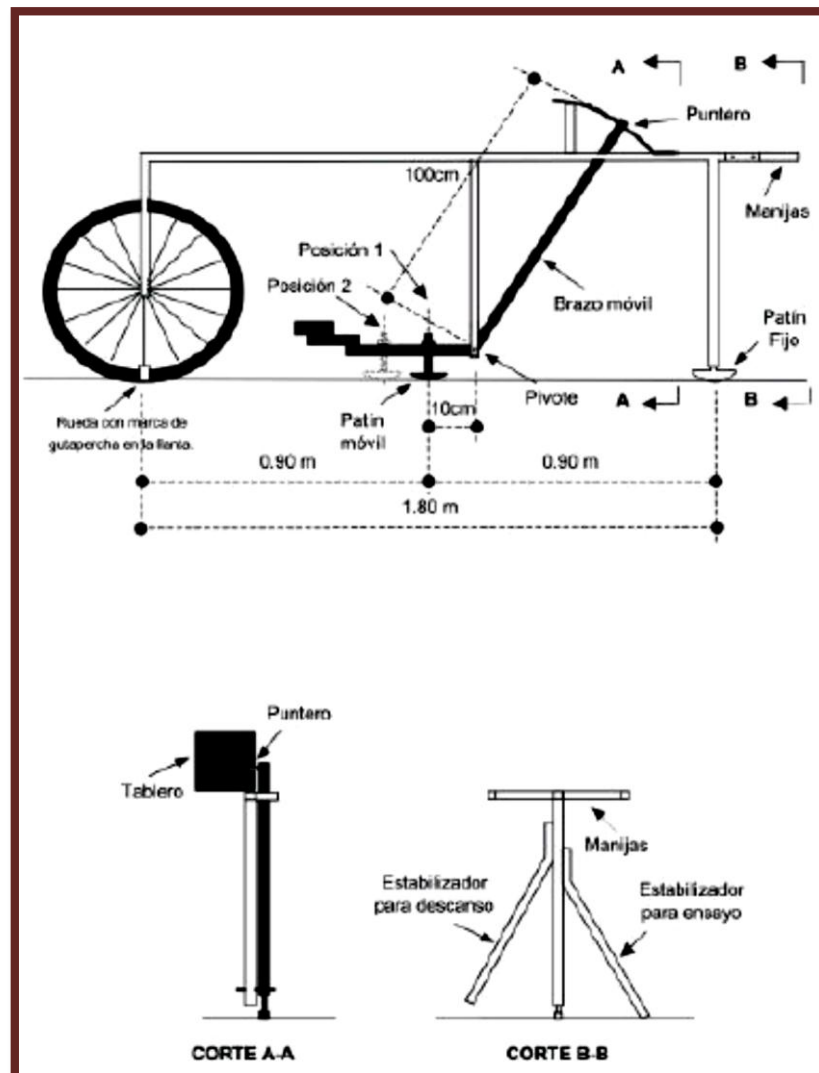
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°78 Esquema del Rugosímetro de Merlín. (Del Águila, 1999).

En la figura mostrada anteriormente se muestran las partes del equipo de Merlín:

- Rueda con arca de gutapercha.
- Patín móvil.
- Pivote.
- Brazo móvil.
- Puntero.
- Manijas.
- Patín fijo.
- Tablero.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

- Estabilizador para descanso.
- Estabilizador para el ensayo.

Método de ejecución de los ensayos**El tablero del Merlín**

La relación entre el patín móvil – pivot y pivot – puntero es de 1 a 10, lo cual da a entender que un movimiento en la parte inferior del patín móvil de 1 mm produce un desplazamiento de 1cm (10mm) en el puntero.

Para registrar los movimientos del puntero, se utiliza una escala grafica con 50 divisiones, de 5 mm de espesor cada una, que va adherido en el borde del tablero sobre el cual se desliza el puntero.

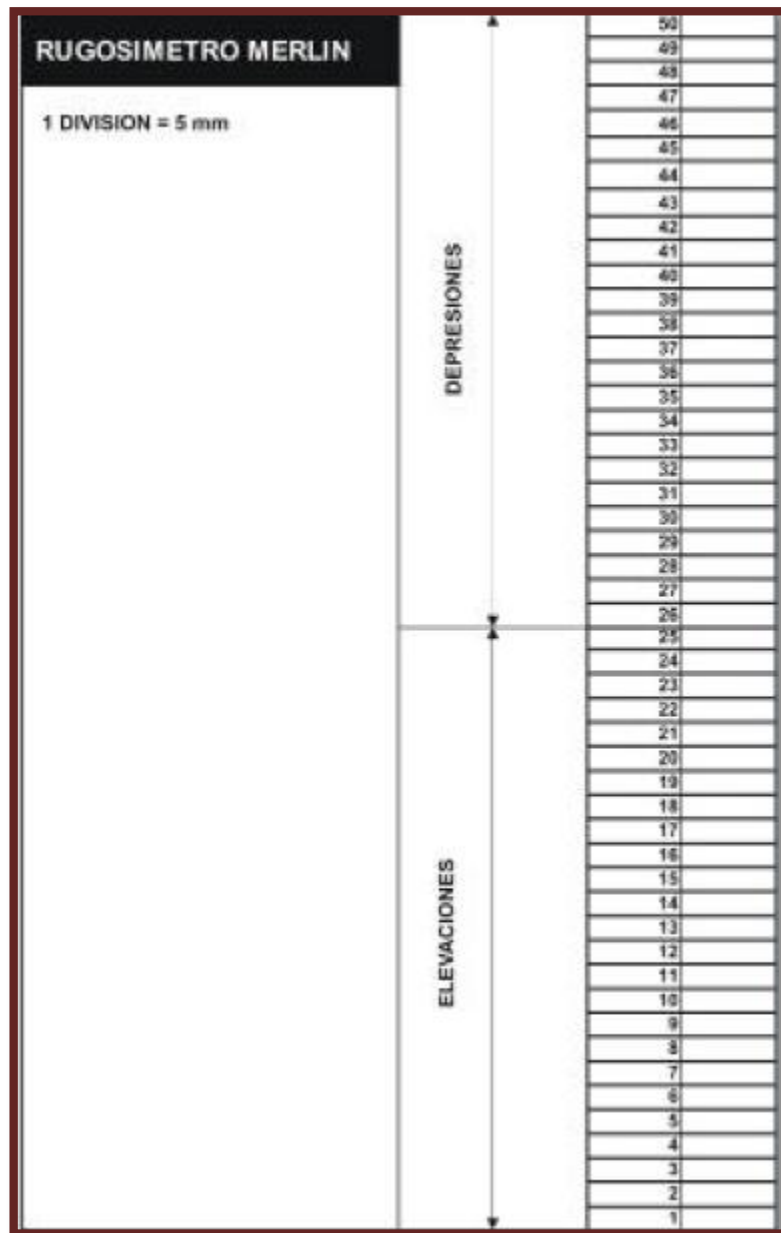
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°79 Configuración del tablero de Merlín. (Del Águila, 1999).

Procedimiento del ensayo

Se debe seleccionar una longitud de tramo de carretera de aproximadamente 400m, para la ejecución del ensayo en necesario dos personas uno que opera el equipo y otro que anota las desviaciones.

Las desviaciones detectadas por el patín móvil son indicadas en el tablero, se realizan las observaciones cada 2m, hasta completar las 200 lecturas, la velocidad de recorrido aproximado es de 2 Km/h.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Las anotaciones de las observaciones realizadas deben ser hechas en un formato como el que se muestra a continuación:

**ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
(HOJA DE CAMPO)**

PROYECTO : _____ OPERADOR : _____
SECTOR : _____ SUPERVISOR : _____
TRAMO : _____ FECHA : _____
CARRIL : _____

ENSAYO N° KM + HORA :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1											TIPO DE PAVIMENTO : MORMADO <input type="checkbox"/> BASE GRANULAR <input type="checkbox"/> BASE IMPROBADA <input type="checkbox"/> TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/> CARPETA EN FRO <input type="checkbox"/> CARP. EN CALIENTE <input type="checkbox"/> RECARGO ASFALTICO <input type="checkbox"/> BELLO <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

OBSERVACIONES : _____

Figura N°80 Formato de recolección de datos para el PCI. (Del Águila, 1999).

Los datos recolectados se deben representar en un histograma como parte del trabajo de gabinete de la evaluación de la rugosidad del pavimento.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Método para el cálculo de la rugosidad

Calculo del rango D

La dispersión de los datos obtenidos con el Merlín se analiza calculando la distribución de frecuencias de las lecturas o posiciones adoptadas por el puntero, la cual puede expresarse, para fines didácticos, en forma de histograma. Posteriormente se establece el rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D), luego de descartarse el 10% de datos que correspondan a posiciones del puntero poco representativas o erráticas, en la práctica se elimina 5% (10 datos) del extremo inferior del histograma y 5% (10 datos) del extremo superior. Efectuando el descarte de datos, se calculó el ancho del histograma en unidades de escala, considerando las fracciones que pudiesen resultar como consecuencia de la eliminación de los datos.

Debemos de tener en cuenta que cuando en el tablero el puntero indica valores cercanos a 25, indica que el pavimento presenta muchas imperfecciones.

El rango obtenido del histograma debe ser convertido a milímetros (mm), para lo cual se multiplica con el valor de cada unidad (5mm), cuando se llega a este punto se ha calculado la rugosidad a escala MERLÍN en cual debe ser convertido a escala IRI.

Factor de corrección para el ajuste de “D”

La condición de relación de los brazos del Rugosímetro de 1 a 10 en ocasiones, cambia como consecuencia del desgaste del patín del brazo móvil, lo cual debe ser ajustado con el factor de corrección “FC”. El procedimiento de obtención de “FC” se encuentra en: metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos, Pablo del Águila Rodríguez”.

La ecuación a utilizar para el ajuste D es:



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

$$F.C. = \frac{EP \times 10}{[(LI - LF) \times 5]} \dots\dots\dots(03)$$

Dónde:

EP=espesor de la pastilla

LI=posición inicial del puntero

LF=posición final del puntero

Al multiplicar el rango D por el F.C. se obtiene el valor de la rugosidad en “Unidades Merlín”.

Determinación de la rugosidad en la escala IRI

Mediante las ecuaciones de correlación de “D” versus IRI explicadas anteriormente calculamos la rugosidad del pavimento en escala “Índice de rugosidad Internacional” IRI, teniendo presente las condiciones de ambas expresiones.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se desprende por las características del estudio es del **“tipo cuantitativa”** ya que se recolecto los datos que se desprenden de los dos métodos de análisis de pavimento flexible para demostrar la hipótesis planteada en dicha investigación y esto se hizo en forma numérica, esto nos ayudó a hallar la relación de equivalencia de estos métodos.

3.1.2. Nivel de Investigación

La tesis que se desarrollo es una investigación del **“tipo descriptiva con alcances correlacionales”**, ya que se hizo un análisis descriptivo de nuestra carretera tal y como esta, y tiene un alcance correlacional ya que se vio la relación de equivalencia entre dos métodos de análisis pero sin llegar al nivel correlacional en sí, y todos los requisitos que este trae.

3.1.3. Método de investigación

El método que se empleó en la investigación es **“Hipotético-Deductivo”** ya que se propuso una hipótesis producto de nuestras inferencias que se desprenden de los métodos estudiados para llegar a comprobar si las inferencias propuestas son ciertas o no de acuerdo a la experiencia experimental.

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Diseño metodológico

El diseño de la investigación es del tipo **“NO EXPERIMENTAL”**, ya que las condiciones de la carretera no han sido manipuladas ni alteradas de ninguna forma y solo nos limitamos a la observación para aceptar o rechazar nuestra hipótesis planteada.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Se seguirá el siguiente esquema metodológico para obtener los resultados deseados en la siguiente investigación:

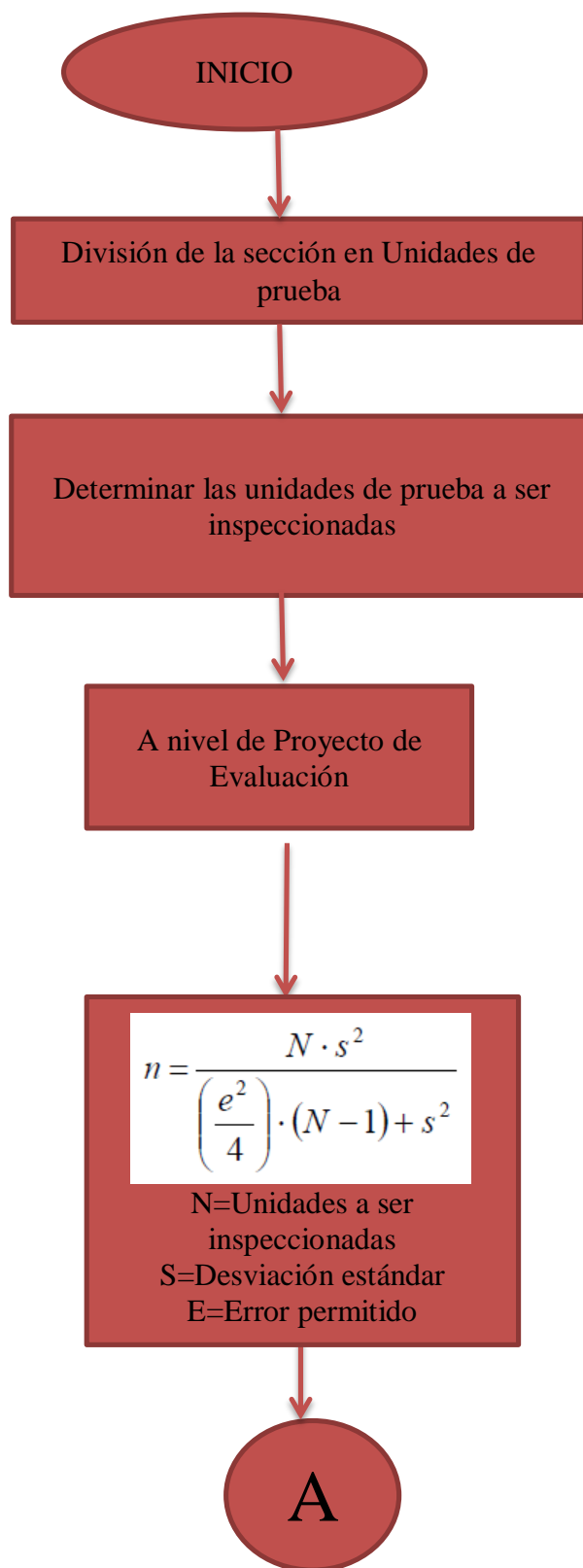


3.2.2. Diseño de ingeniería



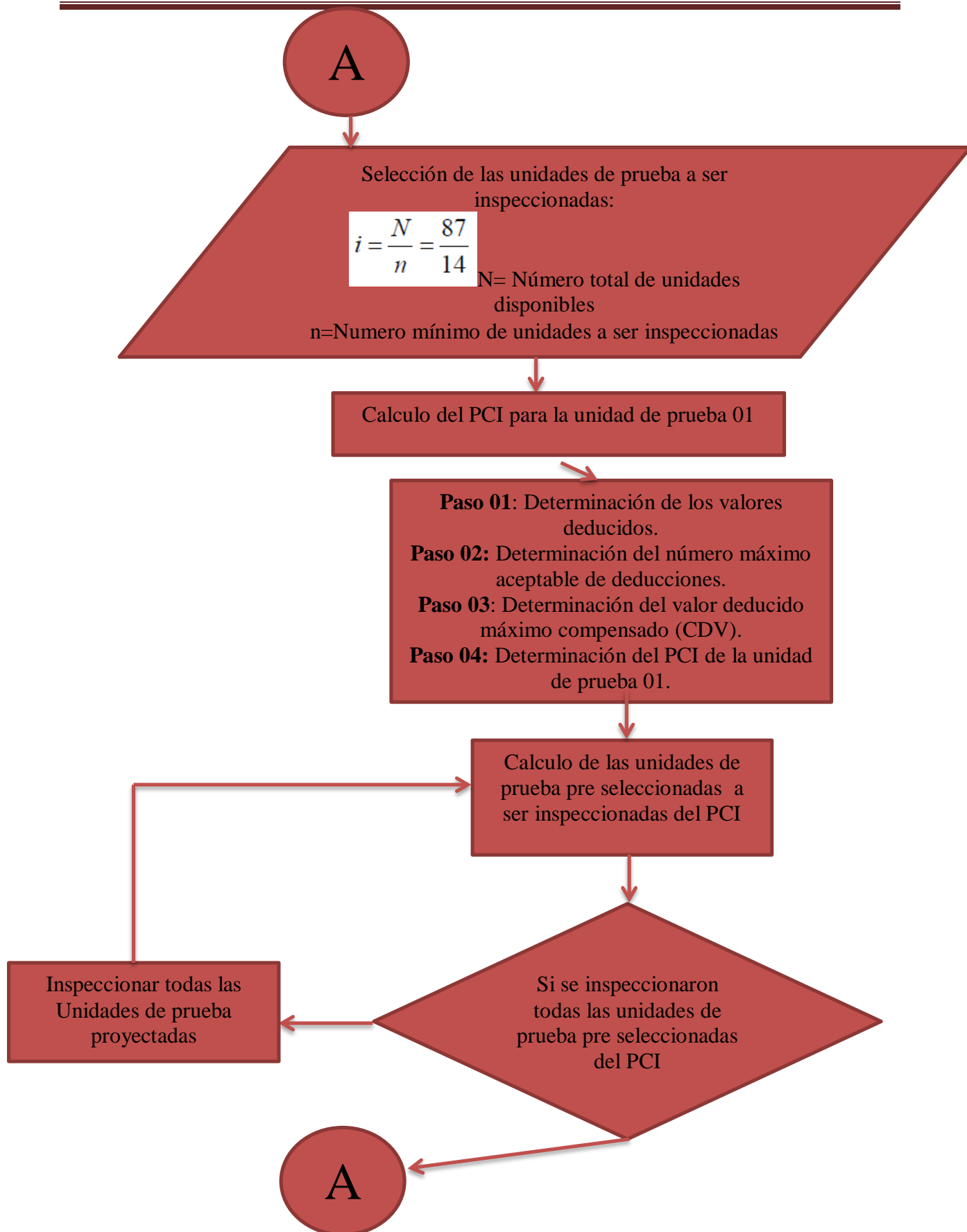
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Diagrama de flujo del cálculo del PCI



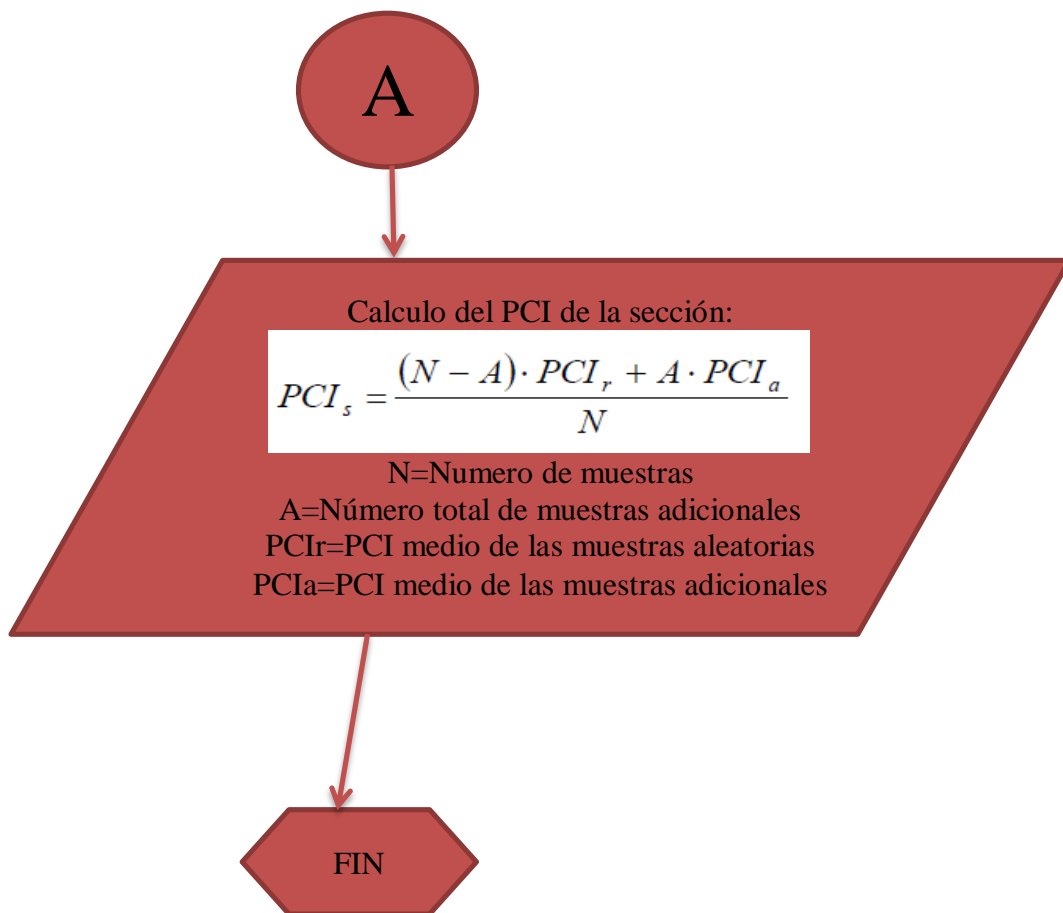


UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL





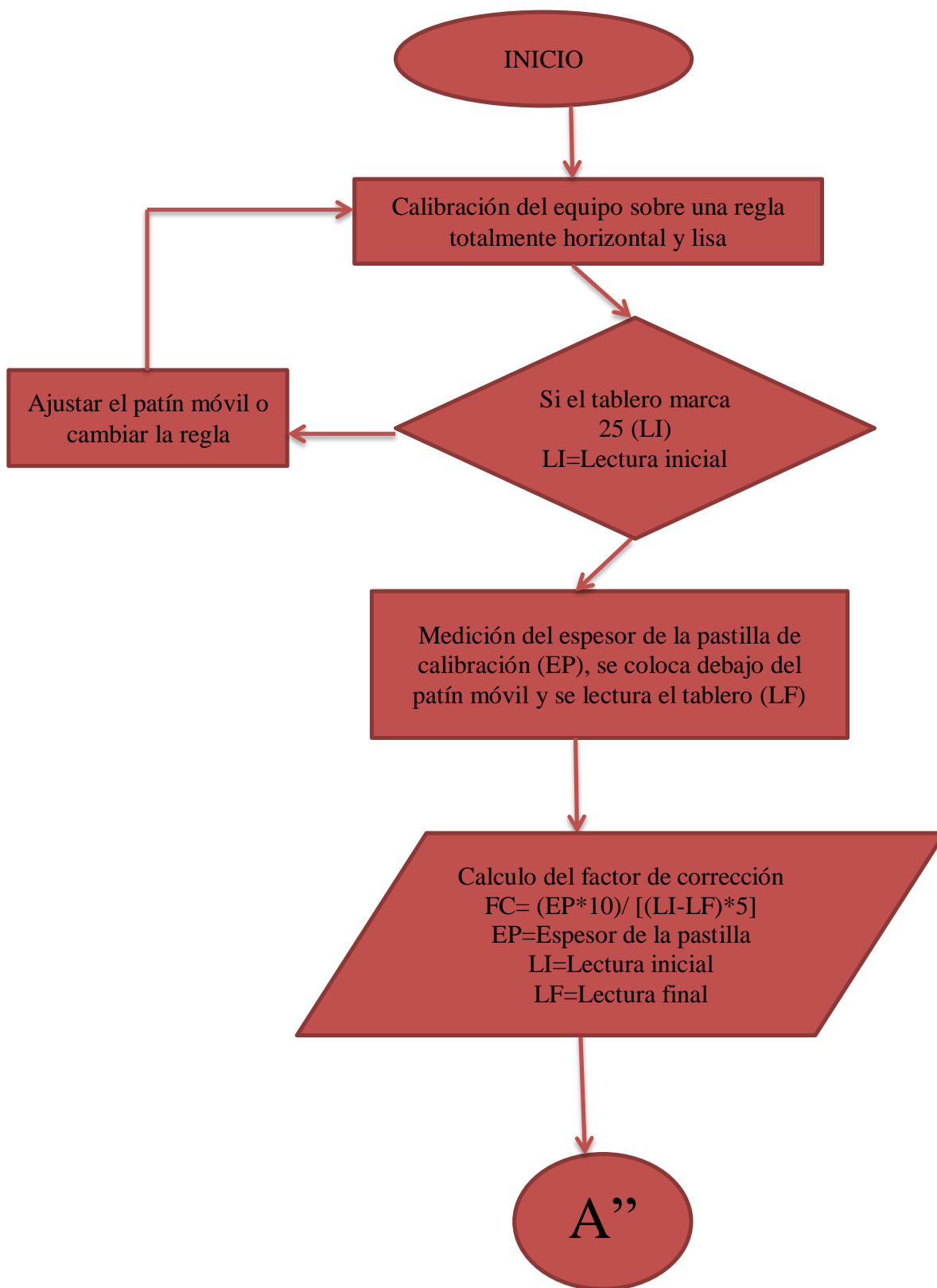
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL





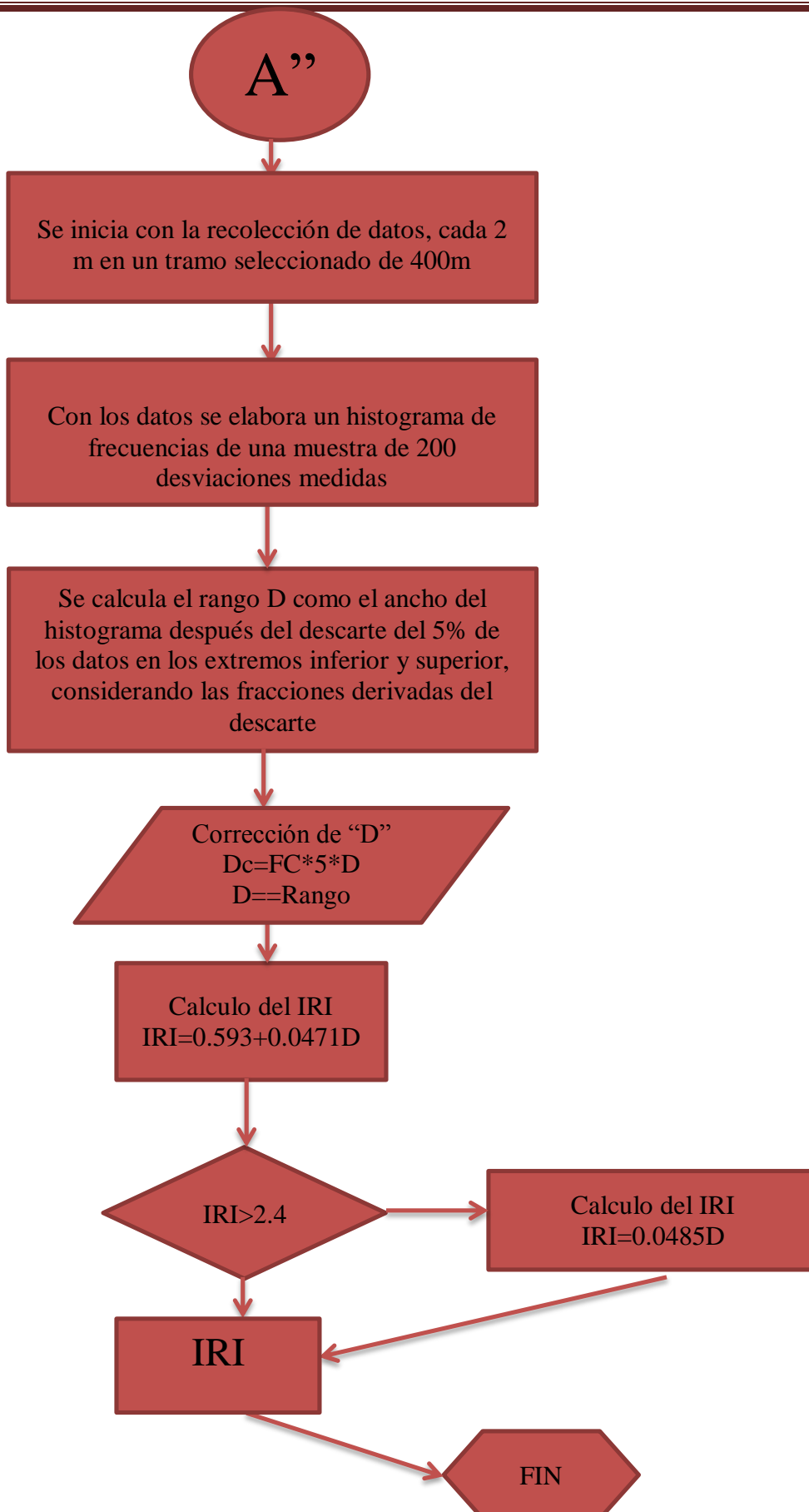
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Diagrama de flujo del cálculo del IRI con el Merlín





UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL





UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

3.3.1.1. Descripción de la población

La población de la siguiente investigación son todas las carreteras del departamento de cusco, que estén comprendidas entre la ciudad del cusco, el distrito de San Sebastián y la localidad de Pisac las cuales deben de ser de un pavimento asfaltico únicamente y estén conformadas por más de un kilómetro de vía.

3.3.1.2. Cuantificación de la población

La población de la siguiente investigación está conformada por 7 tramos de vías, los cuales son los siguientes:

- Saphi-Saqsaywaman.
- Saqsaywaman-Abra Ccorao.
- Abra Ccorao-Ccorao.
- Ccorao-Rayaniyoc.
- Rayaniyoc-Ccaccacollo.
- Ccaccacollo-Taray.
- Taray-Pisac

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción de la muestra

Las muestras seleccionadas sistemáticamente, fueron elegidas por la facilidad de estudio de estas vías, ya que dichas vías se encuentran más cercanas a la ciudad del cusco a comparación de las restantes, y son las siguientes:

- Saphi-Saqsaywaman.
- Saqsaywaman-Abra Ccorao.
- Abra Ccorao-Ccorao.
- Ccorao-Rayaniyoc.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

La muestra está conformada por 4 vías de aproximadamente 6 km de longitud cada una, las cuales tienen una carpeta de rodadura flexible en su mayoría.

3.3.2.3. Método de muestreo

El método de muestreo elegido es el **muestreo probabilístico**, ya que todos los elementos de mi población pueden ser elegidos, para este estudio elegí las muestras por comodidad para el análisis.

3.3.2.4. Criterios de evaluación de muestra

La muestra se analizó con guías de recolección de datos de campo, así como con formatos pre diseñados para un mejor entendimiento de los métodos de análisis de pavimentos flexibles, como son el Índice internacional de Rugosidad (IRI) y el Índice de condición del pavimento (PCI).

3.3.3. Criterios de inclusión

Los tramos de vía estudiados tendrán los siguientes criterios de inclusión:

- Los tramos de vía serán de mínimo 1 kilómetro de longitud.
- Los tramos de vía tienen que estar conformados por un pavimento del tipo flexible (asfalto).
- Los tramos de vía analizados tienen que tener una antigüedad de construcción mayor a los 2 años.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

- Guías de recolección de datos de campo.
- Formatos de análisis pre diseñados.

3.4.2. Instrumentos de ingeniería



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

- Cinta métrica
- Odómetro laser
- Rugosímetro de Merlín
- Regla metálica

3.5. Procedimiento de recolección de datos

3.5.1. Recolección de datos de campo para el ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI).

a) Equipos utilizados en la prueba:

Cinta métrica

Odómetro laser

Regla metálica

b) Procedimiento

- a. Se seleccionan tramos de 240 metros cuadrados; es decir, 30 metros de largo por 8 metros de ancho de vía, para el análisis de las secciones de nuestro primer tramo. Los análisis se hacen cada 150 metros lineales hasta llegar a los 4 km de vía, se seleccionaron 4 tramos para fines de la investigación.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N° 81: Demarcación del pavimento de las Unidades de prueba. (Fuente propia)

- b. Se procede a medir los 30 metros lineales de la sección a ser analizada.



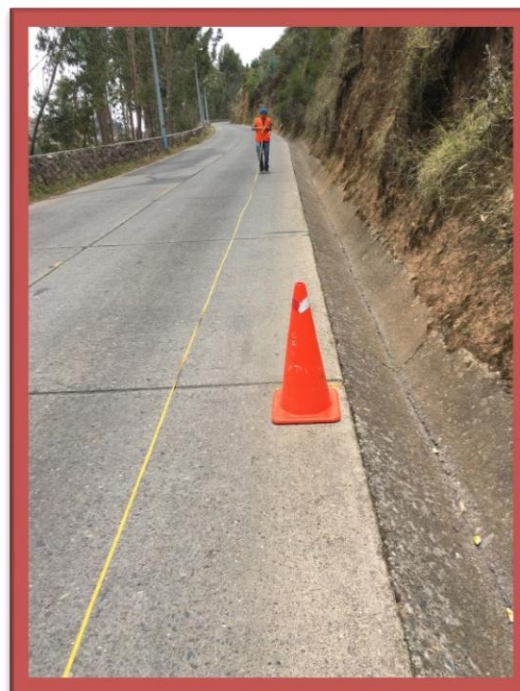
Figura N° 82: Medición de la sección a ser analizada.
(Fuente propia)

- c. Se realiza el análisis de la sección de 240 metros cuadrados, midiendo y recolectando todas las fallas encontrados en la sección mencionada.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N° 83: Medición de las fallas del pavimento flexible.
(Fuente propia)

- d. Se procede a medir 150 metros lineales de carretera para poder seguir con el análisis de la siguiente sección pre seleccionada.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N° 84: Medición de los intervalos entre Unidades de prueba. (Fuente propia)

- e. Y se procede a analizar la sección de 240 metros cuadrados, tal como en el paso c.

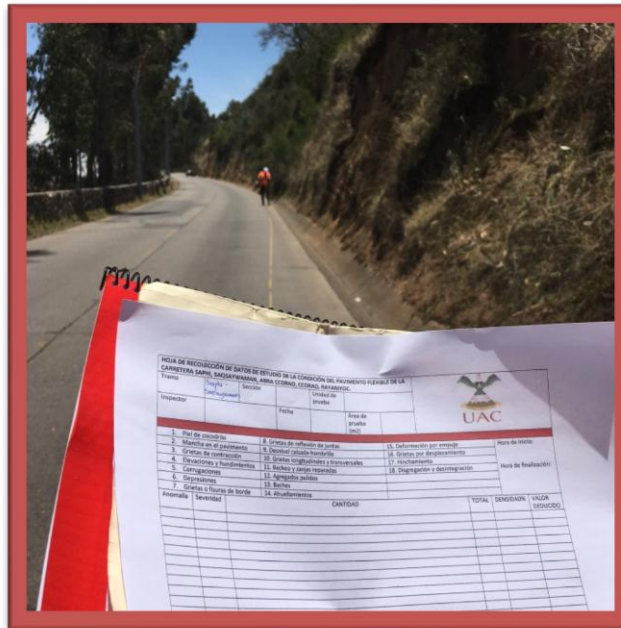


Figura N° 85: Recolección de datos de campo. (Fuente propia)

- f. Se repite el procedimiento desde el paso b hasta el paso e, hasta llegar a los 4 km de vía de nuestro primero tramo.
- g. Se realizara el mismo procedimiento para los tres tramos de vía restantes.
- c) Toma de datos del **ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO**

Legenda:

L: Nivel de severidad bajo

M: Nivel de severidad medio

H: Nivel de severidad alto




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.									
Tramo	Saphi-Saqsaywaman	Sección	01	Unidad de prueba	01				
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	20/10/16	Área de prueba (m2)	240				
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio:		10.00				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento	Hora de finalización:		11.50				
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento							
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración							
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos								
6. Depresiones	13. Baches								
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos								
Anomalía	Severidad	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO	
1	H	1.10*1.15/1.0*4.53/1.35*3.73/4.05*1.70							
1	M	16*0.95							
4	M	30.00							
7	M	1.5/1.9/0.50/0.90/2.10/0.70/0.70/0.65/3.06							
11	M	0.75*5.70/2.60*1.15/2.60*6.30/3.24*1.40/1.57*1.10							
11	L	3.16*8.00							
12	M	13.8*3.14/7.20*3.14/5.90*3.15/3.28*2.83							
13	M	1.10*0.30/0.30*0.14/0.30*0.30/0.16*0.14/0.28*0.22/0.14*0.15/0.23*0.30							
13	L	0.23*0.30/0.24*0.21/0.14*0.10/0.33*0.22/0.11*0.10/0.26*0.18/0.40*0.18							
13	H	0.44*0.49/0.18*0.18/0.30*0.15/0.18*0.17/0.39*0.32							
15	L	2.80*1.45							

Tabla N° 11 Unidad de prueba 01 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.																											
Tramo	Saphi-Saqsaywaman	Sección	08	Unidad de prueba	02																						
Inspector	Fabrizio allende		Fecha	22/10/16	Área de prueba (m2)		240																				
<table border="1"> <tr> <td>1. Piel de cocodrilo</td> <td>8. Grietas de reflexión de juntas</td> <td>15. Deformación por empuje</td> <td rowspan="7"> Hora de inicio: 10.05 Hora de finalización: 11.03 </td> </tr> <tr> <td>2. Mancha en el pavimento</td> <td>9. Desnivel calzada-hombrillo</td> <td>16. Grietas por desplazamiento</td> </tr> <tr> <td>3. Grietas de contracción</td> <td>10. Grietas longitudinales y transversales</td> <td>17. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td>4. Elevaciones y hundimientos</td> <td>11. Bacheo y zanjas reparadas</td> <td>18. Disgregación y desintegración</td> </tr> <tr> <td>5. Corrugaciones</td> <td>12. Agregados pulidos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6. Depresiones</td> <td>13. Baches</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7. Grietas o fisuras de borde</td> <td>14. Ahuellamientos</td> <td></td> </tr> </table>						1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 10.05 Hora de finalización: 11.03	2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento	3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento	4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración	5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos		6. Depresiones	13. Baches		7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos	
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 10.05 Hora de finalización: 11.03																								
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento																									
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento																									
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración																									
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos																										
6. Depresiones	13. Baches																										
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos																										
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO																				
1	L	0.70*10.50/0.70*4.10																									
1	M	5.10*1.43/30.00*0.60/1.40*5.70																									
1	H	8.00*1.80/7.50*1.50/5.00*2.90																									
2	M	1.00*3.10																									
4	L	22.00																									
7	M	60.00																									
18	L	30.00*6.50																									

Tabla N° 12 Unidad de prueba 02 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Saphi-Saqsaywaman	Sección	15	Unidad de prueba	03		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	21/10/16	Area de prueba (m2)	240		
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 11.00 Hora de finalización: 12.05				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombriello	16. Grietas por desplazamiento					
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
1	M	1.10*0.60/1.42*0.56/2.37*0.60					
1	H	3.17*1.00					
1	L	1.88*0.74/3.26*1.34					
3	M	6.70*8.00/1.54*8.00					
7	M	13.85/16.00					
9	L	2.52					
9	M	3.77					
9	H	1.64					
11	L	2.57*8.00/2.10*16.00					
12	M	11.13					
13	M	0.21*0.29/0.39*0.52					

Tabla N° 13 Unidad de prueba 03 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Saphi-Saqsaywaman	Sección	22	Unidad de prueba	04		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	22/10/16	Área de prueba (m2)	240		
							
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 11.10 Hora de finalización: 12.15				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento					
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
3	M	30.00/1.23/0.80/0.75/0.90/1.00					
3	H	30.00/37.1					
9	M	30.00					
10	L	0.75/0.50/1.13/0.90/1.50/1.24/1.10					
10	M	1.53/1.50/1.96/1.63/1.60					
10	H	2.98					

Tabla N° 14: Unidad de prueba 04 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Saphi-Saqsaywaman	Sección	36	Unidad de prueba	06		
Inspector	Fabrizio allende		Fecha	08/11/16	Área de prueba (m2)		240
1. Piel de cocodrilo		8. Grietas de reflexión de juntas		15. Deformación por empuje		Hora de inicio: 10.05 Hora de finalización: 11.15	
2. Mancha en el pavimento		9. Desnivel calzada-hombrillo		16. Grietas por desplazamiento			
3. Grietas de contracción		10. Grietas longitudinales y transversales		17. Hinchamiento			
4. Elevaciones y hundimientos		11. Bacheo y zanjas reparadas		18. Disgregación y desintegración			
5. Corrugaciones		12. Agregados pulidos					
6. Depresiones		13. Baches					
7. Grietas o fisuras de borde		14. Ahuellamientos					
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
2	M	30.00*1.40					
8	M	42.00/30.00					
9	L	30.00					
10	L	1.00					
12	M	30.00*6.00					

Tabla N° 16 Unidad de prueba 06 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Saphi-Saqsaywaman	Sección	43	Unidad de prueba	07		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	08/11/16	Área de prueba (m2)	240		
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 11.00 Hora de finalización: 11.55				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento					
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
2	L	1.10*30.00					
3	L	1.20*0.76/2.06*2.56					
6	M	8.16					
8	M	30.00/36.00					
10	L	3.37/3.60/1.26/8.28/1.90/4.23					
10	H	3.00/1.27					
11	M	3.20*2.00/3.00*3.36/2.28*6.75/1.80*1.28/1.74*1.22					
12	M	30.00*6.00					

Tabla N° 17 Unidad de prueba 07 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI. (Fuente propia)



HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Saphi-Saqsaywaman	Sección	50	Unidad de prueba	08		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	09/11/16	Área de prueba (m2)	240		
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 10.00 Hora de finalización: 11.10				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento					
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
2	M	1.90*30.00					
4	M	1.75/25.00/4.00/2.35					
8	H	36.00/30.00					
10	L	3.00/3.00/4.00					
12	M	6.00*30.00					
13	M	1.00*0.28					

Tabla N° 18 Unidad de prueba 08 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Saphi-Saqsaywaman	Sección	57	Unidad de prueba	09		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	09/11/16	Área de prueba (m2)	240		
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 11.55 Hora de finalización: 12.45				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento					
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
2	M	1.50*30.00					
8	H	30.00/6.30/3.30/18.90/18.90					
10	M	3.40/1.12/3.16					
10	L	1.73/2.15/2.06					
10	H	3.10/5.56/1.68					
12	M	6.50*30.00					

Tabla N° 19 Unidad de prueba 09 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Saphi-Saqsaywaman	Sección	64	Unidad de prueba	10		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	09/11/16	Área de prueba (m2)	240		
1. Piel de cocodrilo		8. Grietas de reflexión de juntas		15. Deformación por empuje		Hora de inicio: 11.10 Hora de finalización: 11.55	
2. Mancha en el pavimento		9. Desnivel calzada-hombrillo		16. Grietas por desplazamiento			
3. Grietas de contracción		10. Grietas longitudinales y transversales		17. Hinchamiento			
4. Elevaciones y hundimientos		11. Bacheo y zanjas reparadas		18. Disgregación y desintegración			
5. Corrugaciones		12. Agregados pulidos					
6. Depresiones		13. Baches					
7. Grietas o fisuras de borde		14. Ahuellamientos					
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
2	M	30.00*0.74/30.00*0.76					
4	M	4.35/7.65					
8	M	6.30/30.00					
10	L	1.50/2.15/4.04/4.08					
10	M	2.93					
12	M	7.20*30.00					

Tabla N° 20 Unidad de prueba 10 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI. (Fuente propia)



HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Saphi-Saqsaywaman	Sección	71	Unidad de prueba	11		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	10/11/16	Área de prueba (m2)	240		
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 2.00 Hora de finalización: 2.50				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento					
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
1	M	0.60*5.20/0.90*5.40					
1	L	0.90*3.00					
1	H	1.20*27.50					
2	L	0.90*30.00					
7	M	30.00					
18	M	30.00*5.00					
18	L	30.00*3.00					

Tabla N° 21 Unidad de prueba 11 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Saphi-Saqsaywaman	Sección	78	Unidad de prueba	12		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	09/11/16	Área de prueba (m2)	240		
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 12.15 Hora de finalización: 1.03				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento					
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
1	L	1.50*16.00/3.04*1.00/7.33*2.20					
1	M	1.60*5.70/13.20*1.40/4.95*1.30					
1	H	17.15*1.50/1.35*14.50					
4	M	2.15/2.40/3.20					
7	L	30.00					
10	M	14.23/30.00					
18	L	30.00*5.70					

Tabla N° 22 Unidad de prueba 12 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Saphi-Saqsaywaman	Sección	85	Unidad de prueba	13		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	09/11/16	Área de prueba (m2)	240		
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 1.25				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento	Hora de finalización: 2.20				
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
1	L	5.30*0.70/7.90*1.00/4.50*0.96					
1	M	8.00*1.20					
4	M	2.30/3.20					
7	L	30.00/28.00					
10	L	1.90/3.20/3.17/2.44/3.20/1.27/1.00					
10	M	30.00/1.70/1.50/2.76/2.90/1.33/2.90/2.10					
10	H	3.00					
18	M	6.33*30.00					

Tabla N° 23 Unidad de prueba 13 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI. (Fuente propia)



HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Saphi-Saqsaywaman	Sección	92	Unidad de prueba	14		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	11/11/16	Área de prueba (m2)	240		
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 8.00 Hora de finalización: 9.05				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento					
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
1	L	7.90*1.20/1.22*6.76					
1	M	17.31*1.40					
1	H	6.73*1.91					
3	L	3.67*30.00					
7	L	30.00					
9	M	30.00					
10	L	4.44/1.82					
10	M	30.00/5.87/4.41					
10	H	5.87/1.87					
13	H	1.22*0.20					
18	M	5.58*30.00					

Tabla N° 24 Unidad de prueba 14 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Saqsaywaman -Abra Ccorao	Sección	01	Unidad de prueba	01		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	11/11/16	Área de prueba (m2)	240		
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 9.10				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombriello	16. Grietas por desplazamiento	Hora de finalización: 10.05				
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
1	L	2.30*5.33					
4	M	1.30/2.20/0.50					
7	L	10.50					
10	L	30.00/28.00					
10	L	0.80/0.54					
10	M	2.23/1.60					
11	M	0.64*0.40/0.71*0.59/0.60*0.57/2.05*1.39					
11	L	0.69*1.09/1.14*1.14					
11	H	0.69*0.89/0.76*0.74/0.80*0.80					
18	M	2.91*30.00					
18	H	3.00*30.00					

Tabla N° 25 Unidad de prueba 01 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.																										
Tramo	Saqsaywaman -Abra Ccorao	Sección	08	Unidad de prueba	02																					
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	11/11/16	Área de prueba (m2)	240																					
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	<table border="1"> <tr> <td>2. Mancha en el pavimento</td> <td>9. Desnivel calzada-hombrillo</td> <td>16. Grietas por desplazamiento</td> <td rowspan="4"> Hora de inicio: 10.06 Hora de finalización: 11.08 </td> </tr> <tr> <td>3. Grietas de contracción</td> <td>10. Grietas longitudinales y transversales</td> <td>17. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td>4. Elevaciones y hundimientos</td> <td>11. Bacheo y zanjas reparadas</td> <td>18. Disgregación y desintegración</td> </tr> <tr> <td>5. Corrugaciones</td> <td>12. Agregados pulidos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6. Depresiones</td> <td>13. Baches</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7. Grietas o fisuras de borde</td> <td>14. Ahuellamientos</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento	Hora de inicio: 10.06 Hora de finalización: 11.08	3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento	4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración	5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos		6. Depresiones	13. Baches			7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos		
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento				Hora de inicio: 10.06 Hora de finalización: 11.08																				
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento																								
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración																								
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos																									
6. Depresiones	13. Baches																									
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos																									
Anomalía	Severidad	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO																		
1	L	1.32*0.92/0.80*1.76																								
4	M	0.30/1.14																								
4	L	0.22/2.30																								
7	M	30.00																								
9	H	30.00																								
9	M	70.00																								
11	M	0.70*0.72/0.92*0.88/1.32*0.44																								
11	H	0.72*0.63/0.78*0.78																								
11	L	1.60*0.60																								
13	H	0.53*0.33																								
13	L	0.13*0.13																								
18	L	2.90*30.00																								
18	M	2.00*30.00																								

Tabla N° 26 Unidad de prueba 02 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.											
Tramo	Saqsaywaman -Abra Ccorao	Sección	15	Unidad de prueba	03						
Inspector	Fabrizio allende		Fecha	11/11/16	Área de prueba (m2)		240				
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Hora de inicio:</td> <td>11.10</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Hora de finalización:</td> <td>12.12</td> </tr> </table>			Hora de inicio:		11.10	Hora de finalización:		12.12
Hora de inicio:		11.10									
Hora de finalización:		12.12									
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento									
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento									
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración									
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos										
6. Depresiones	13. Baches										
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos										
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO				
4	M	1.13/2.22/4.34									
7	H	60.00									
9	H	60.00									
10	L	2.27/2.00/0.14/0.21									
11	M	2.84*1.22/5.75*0.71									
18	L	6.66*30.00									

Tabla N° 27 Unidad de prueba 03 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)



HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Saqsaywaman -Abra Ccorao	Sección	22	Unidad de prueba	04		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	11/11/16	Área de prueba (m2)	240		
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 12.15 Hora de finalización: 1.20				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento					
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
2	M	0.20*15.00/0.26*14.00/0.30*25.00					
4	L	12.00/14.50/2.20/4.40					
4	M	4.80/5.20					
9	M	25.00/5.00/30.00					
11	L	2.30*6.00/2.65*0.26/1.05*0.44					
11	M	1.30*5.75					
11	H	0.80*0.65/3.81*0.28/4.21*1.01					
15	M	5.50/11.22					
15	L	2.50					
18	L	2.00*30.00					

Tabla N° 28 Unidad de prueba 04 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Saqsaywaman -Abra Ccorao	Sección	29	Unidad de prueba	05		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	14/11/16	Área de prueba (m2)	240		
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 10.10 Hora de finalización: 11.15				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento					
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
2	M	24.50					
4	L	2.00/3.50/1.25					
9	M	11.25					
11	M	4.8*0.71/4.42*0.42/1.16*0.25					
14	L	6.25*30.00					
18	L	2.25/3.30					

Tabla N° 29 Unidad de prueba 05 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Saqsaywaman -Abra Ccorao	Sección	36	Unidad de prueba	06		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	14/11/16	Área de prueba (m2)	240		
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 10.10 Hora de finalización: 11.15				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento					
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
2	L	2.25*30.00/0.50*30.00					
4	L	2.40/4.35/6.50					
9	L	0.71					
10	L	1.44*0.07					
14	L	2.25/4.40					
18	L	7.32*30.00					

Tabla N° 30 Unidad de prueba 06 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Saqsaywaman -Abra Ccorao	Sección	43	Unidad de prueba	07		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	14/11/16	Área de prueba (m2)	240		
							
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 12.20 Hora de finalización: 1.25				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento					
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
1	L	1.42*0.50/2.84*0.71/4.25*0.41					
2	M	2.22*30.00/0.80*30.00					
4	L	2.20/3.55/1.40					
7	L	1.05/2.25/4.71					
9	M	60.00					
11	M	4.21*1.10/3.30*0.26/3.45*0.27/2.55*0.86/4.55*0.60					
11	L	1.85*0.55/1.94*0.65/2.09*0.72					
18	L	4.45*30.00					

Tabla N° 31 Unidad de prueba 07 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Saqsaywaman -Abra Ccorao	Sección	50	Unidad de prueba	08		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	14/11/16	Área de prueba (m2)	240		
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 2.30 Hora de finalización: 3.40				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento					
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
2	L	1.06*30.00/0.25*30.00					
4	L	3.25/4.30					
7	L	2.20/3.35/4.49/1.20					
9	M	60.00					
11	M	2.63*0.38/6.07*0.73					
18	L	6.63*30.00					

Tabla N° 32 Unidad de prueba 08 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Saqsaywaman -Abra Ccorao	Sección	64	Unidad de prueba	10		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	15/11/16	Área de prueba (m ²)	240		
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>Hora de inicio: 9.05</p> <p>Hora de finalización: 10.15</p> </div> </div>				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombriello	16. Grietas por desplazamiento					
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
4	M	2.50/3.45/5.20/6.40/1.70/4.79					
9	L	60.00					
11	L	5.20*1.10/2.52*1.04/1.07*0.68/13.50*0.84/2.54*0.25					
11	M	7.50*0.90/5.40*0.58/6.00*1.10/7.30*0.75/3.20*1.50/3.45*0.66					
11	H	5.07*1.24/0.34*2.22/1.70*2.60/4.10*0.45/2.40*1.20					
17	M	1.10*1.00					
18	L	6.20*30.00					

Tabla N° 34 Unidad de prueba 10 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Saqsaywaman -Abra Ccorao	Sección	71	Unidad de prueba	11		
Inspector	Fabrizio allende		Fecha	15/11/16	Área de prueba (m2)		240
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas		15. Deformación por empuje		Hora de inicio: 10.20 Hora de finalización: 11.10		
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo		16. Grietas por desplazamiento				
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales		17. Hinchamiento				
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas		18. Disgregación y desintegración				
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
2	M	2.85*30.00					
2	H	2.40*30.00					
4	L	2.20/3.10/1.45					
4	M	4.30/5.50/3.20/4.45					
9	L	30.00/5.20					
10	L	1.50/2.00					
11	H	1.80*1.20					
14	M	21.40*0.30					
18	L	6.20*30.00					

Tabla N° 35 Unidad de prueba 11 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Saqsaywaman -Abra Ccorao	Sección	78	Unidad de prueba	12		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	15/11/16	Área de prueba (m2)	240		
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 11.05				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento	Hora de finalización: 12.10				
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
2	M	0.50*30.00/0.20*30.00					
4	M	2.20/4.50/2.40/3.24					
7	L	2.90					
7	M	4.70/1.10					
9	M	30.00					
11	M	0.70*0.85/2.50*1.00/0.75*1.45/0.70*0.80					
11	H	0.50*0.80/0.93*1.12/1.20*1.85/7.20*1.45					
18	L	6.20*30.00					

Tabla N° 36 Unidad de prueba 12 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.								
Tramo	Saqsaywaman -Abra Ccorao	Sección	85	Unidad de prueba	13			
Inspector	Fabrizio allende		Fecha	15/11/16	Área de prueba (m2)			240
1. Piel de cocodrilo		8. Grietas de reflexión de juntas		15. Deformación por empuje		Hora de inicio: 2.00 Hora de finalización: 3.10		
2. Mancha en el pavimento		9. Desnivel calzada-hombrillo		16. Grietas por desplazamiento				
3. Grietas de contracción		10. Grietas longitudinales y transversales		17. Hinchamiento				
4. Elevaciones y hundimientos		11. Bacheo y zanjas reparadas		18. Disgregación y desintegración				
5. Corrugaciones		12. Agregados pulidos						
6. Depresiones		13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde		14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO	
2	M	0.50*30.00/0.70*30.00						
4	M	0.70/4.10/2.22						
9	L	60.00						
11	L	5.20*0.40/0.35*0.20/0.40*0.35/0.60*0.55						
11	M	1.50*0.30/0.70*0.20/1.60*0.30/1.30*0.25/0.90*0.70						
11	H	0.35*0.45/1.55*1.20						
14	L	0.20*30.00						
18	L	6.05*30.00						

Tabla N° 37 Unidad de prueba 13 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Saqsaywaman -Abra Ccorao	Sección	92	Unidad de prueba	14		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	15/11/16	Área de prueba (m ²)	240		
							
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 4.20 Hora de finalización: 5.15				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombriello	16. Grietas por desplazamiento					
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
2	M	0.70*30.00/0.80*30.00					
4	M	1.20/0.44/2.25/3.30					
7	M	12.50/15.20					
9	M	6.00/9.26					
11	L	2.20*1.50/0.69*0.50					
11	M	2.10*0.68/2.35*1.35/3.70*0.98					
11	H	3.50*0.20/5.40*2.38/4.06*1.65/4.10*1.33					
18	M	6.10*30.00					

Tabla N° 38 Unidad de prueba 14 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.								
Tramo	Abra Ccorao-Ccorao	Sección	01	Unidad de prueba	01			
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	19/11/16	Área de prueba (m2)	240			
1. Piel de cocodrilo			8. Grietas de reflexión de juntas		15. Deformación por empuje		Hora de inicio: 10.00 Hora de finalización: 11.05	
2. Mancha en el pavimento			9. Desnivel calzada-hombriello		16. Grietas por desplazamiento			
3. Grietas de contracción			10. Grietas longitudinales y transversales		17. Hinchamiento			
4. Elevaciones y hundimientos			11. Bacheo y zanjas reparadas		18. Disgregación y desintegración			
5. Corrugaciones			12. Agregados pulidos					
6. Depresiones			13. Baches					
7. Grietas o fisuras de borde			14. Ahuellamientos					
Anomalía	Severidad	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
2	M	0.70*30.00/1.30*30.00						
4	M	0.30/0.20/1.40/3.40						
9	M	30.00						
11	M	0.95*1.05/1.20*4.50/1.40*2.00						
17	M	2.07*1.90						
18	L	6.70*30.00						

Tabla N° 39 Unidad de prueba 01 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Abra Ccorao-Ccorao	Sección	08	Unidad de prueba	02		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	19/11/16	Área de prueba (m2)	240		
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 11.06 Hora de finalización: 12.03				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento					
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
2	M	1.20*30.00/0.95*30.00					
4	M	2.40/3.20/1.60/2.35/6.70					
9	M	30.00					
10	L	2.85					
17	M	2.20*30.00					
18	L	6.70*30.00					

Tabla N° 40 Unidad de prueba 02 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.								
Tramo	Abra Ccorao-Ccorao	Sección	15	Unidad de prueba	03			
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	19/11/16	Area de prueba (m2)	240			
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio:		12.04			
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento	Hora de finalización:		1.10			
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento						
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración						
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos							
6. Depresiones	13. Baches							
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos							
Anomalía	Severidad	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
2	M	1.60*30.00						
4	M	2.20/1.50/3.40						
9	M	30.00						
10	L	0.20/0.15/0.25/0.05/0.10/1.30/2.20						
14	L	0.51*30.00						
18	L	6.70*30.00						

Tabla N° 41 Unidad de prueba 03 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Abra Ccorao-Ccorao	Sección	22	Unidad de prueba	04		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	20/11/16	Área de prueba (m2)	240		
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 10.02 Hora de finalización: 11.08				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombriello	16. Grietas por desplazamiento					
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
2	M	0.70*10.00/0.20*5.40					
4	M	2.70/3.20/1.40					
9	M	30.00					
11	L	0.34*0.07/0.86*0.60/2.51*0.53/4.82*0.54/0.67*3.70					
11	M	7.78*1.41/1.34*1.00/1.72*2.78/4.38*0.71/4.20*0.68					
18	M	3.40*30.00					
18	L	3.30*30.00					

Tabla N° 42 Unidad de prueba 04 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Abra Ccorao-Ccorao	Sección	36	Unidad de prueba	06		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	20/11/16	Área de prueba (m2)	240		
							
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 12.11 Hora de finalización: 1.06				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento					
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
2	M	1.70*30.00/0.85*30.00					
4	M	4.50/2.30/0.20/3.45					
9	M	30.00					
9	L	14.20					
14	L	0.32*30.00					
18	L	6.70*30.00					

Tabla N° 44 Unidad de prueba 06 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Abra Ccorao-Ccorao	Sección	43	Unidad de prueba	07		
Inspector	Fabrizio allende		Fecha	21/11/16	Área de prueba (m2)		240
1. Piel de cocodrilo		8. Grietas de reflexión de juntas		15. Deformación por empuje		Hora de inicio: 9.10 Hora de finalización: 10.11	
2. Mancha en el pavimento		9. Desnivel calzada-hombriello		16. Grietas por desplazamiento			
3. Grietas de contracción		10. Grietas longitudinales y transversales		17. Hinchamiento			
4. Elevaciones y hundimientos		11. Bacheo y zanjas reparadas		18. Disgregación y desintegración			
5. Corrugaciones		12. Agregados pulidos					
6. Depresiones		13. Baches					
7. Grietas o fisuras de borde		14. Ahuellamientos					
Anomalia	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
1	M	4.80*0.61/4.50*0.64					
2	M	0.70*30.00/0.95*30.00					
4	M	2.20/4.80/1.20					
7	L	2.20/0.70/0.25					
9	L	25.40					
10	L	2.49/0.70/1.40					
11	L	3.80*1.20/4.20*0.95/4.40*1.05					
17	M	1.20*0.40/3.00*0.84/1.30*0.90					
18	M	6.70*30.00					

Tabla N° 45 Unidad de prueba 07 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.																											
Tramo	Abra Ccorao-Ccorao	Sección	50	Unidad de prueba	08																						
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	21/11/16	Área de prueba (m ²)	240																						
<table border="1"> <tr> <td>1. Piel de cocodrilo</td> <td>8. Grietas de reflexión de juntas</td> <td>15. Deformación por empuje</td> <td rowspan="7"> Hora de inicio: 10.15 Hora de finalización: 11.21 </td> </tr> <tr> <td>2. Mancha en el pavimento</td> <td>9. Desnivel calzada-hombrillo</td> <td>16. Grietas por desplazamiento</td> </tr> <tr> <td>3. Grietas de contracción</td> <td>10. Grietas longitudinales y transversales</td> <td>17. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td>4. Elevaciones y hundimientos</td> <td>11. Bacheo y zanjas reparadas</td> <td>18. Disgregación y desintegración</td> </tr> <tr> <td>5. Corrugaciones</td> <td>12. Agregados pulidos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6. Depresiones</td> <td>13. Baches</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7. Grietas o fisuras de borde</td> <td>14. Ahuellamientos</td> <td></td> </tr> </table>						1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 10.15 Hora de finalización: 11.21	2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento	3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento	4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración	5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos		6. Depresiones	13. Baches		7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos	
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 10.15 Hora de finalización: 11.21																								
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombrillo	16. Grietas por desplazamiento																									
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento																									
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración																									
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos																										
6. Depresiones	13. Baches																										
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos																										
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO																				
2	L	0.30*30.00																									
2	M	1.70*24.20/0.66*30.00																									
4	M	1.30/4.20/0.55/0.30																									
7	L	2.70/2.20																									
9	L	60.00																									
11	L	2.60*0.80																									
18	L	6.70*30.00																									

Tabla N° 46 Unidad de prueba 08 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Abra Ccorao-Ccorao	Sección	57	Unidad de prueba	09		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	21/11/16	Área de prueba (m2)	240		
1. Piel de cocodrilo	8. Grietas de reflexión de juntas	15. Deformación por empuje	Hora de inicio: 11.20 Hora de finalización: 12.10				
2. Mancha en el pavimento	9. Desnivel calzada-hombriello	16. Grietas por desplazamiento					
3. Grietas de contracción	10. Grietas longitudinales y transversales	17. Hinchamiento					
4. Elevaciones y hundimientos	11. Bacheo y zanjas reparadas	18. Disgregación y desintegración					
5. Corrugaciones	12. Agregados pulidos						
6. Depresiones	13. Baches						
7. Grietas o fisuras de borde	14. Ahuellamientos						
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
2	M	1.55*30.00/0.60*30.00					
4	L	0.70/2.20/1.45					
4	M	2.30/1.40/4.20/3.70					
9	L	30.00					
9	H	30.00					
11	H	0.88*3.80/0.34*1.10					
11	M	0.33*0.34/0.82*0.90					
14	L	0.25*30.00					
18	L	6.70*30.00					

Tabla N° 47 Unidad de prueba 09 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)




HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTUDIO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA SAPHI, SAQSAYWAMAN, ABRA CCORAO, CCORAO, RAYANIYOC.							
Tramo	Abra Ccorao-Ccorao	Sección	64	Unidad de prueba	10		
Inspector	Fabrizio allende	Fecha	21/11/16	Área de prueba (m2)	240		
1. Piel de cocodrilo		8. Grietas de reflexión de juntas		15. Deformación por empuje		Hora de inicio: 12.11	
2. Mancha en el pavimento		9. Desnivel calzada-hombrillo		16. Grietas por desplazamiento			
3. Grietas de contracción		10. Grietas longitudinales y transversales		17. Hinchamiento		Hora de finalización: 1.10	
4. Elevaciones y hundimientos		11. Bacheo y zanjas reparadas		18. Disgregación y desintegración			
5. Corrugaciones		12. Agregados pulidos					
6. Depresiones		13. Baches					
7. Grietas o fisuras de borde		14. Ahuellamientos					
Anomalía	Severidad	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD%	VALOR DEDUCIDO
1	H	0.48*0.34					
2	M	0.45*30.00					
4	L	0.70/2.20/0.85/3.12/0.11					
4	M	1.50/0.20/1.25/2.01					
9	M	30.00					
9	L	30.00					
14	L	0.15*30.00					
18	L	3.50*30.00					

Tabla N° 48 Unidad de prueba 10 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI. (Fuente propia)