

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD DEL MEDIDOR DE
DENSIDAD IN SITU, DENSÍMETRO PQI 380, EN PAVIMENTOS
ASFÁLTICOS”**

AUTOR:

ALICIA LORENA VIZCARRA VIDAURRE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN presentado a consideración de la
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como
requisito para optar el grado académico de Licenciatura en INGENIERÍA
CIVIL.

SEMESTRE II – 2017
TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MIASael SARACHO”
FACUTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO
DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

**“ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD DEL MEDIDOR DE
DENSIDAD IN SITU, DENSÍMETRO PQI 380, EN
PAVIMENTOS ASFÁLTICOS”**

Por:

ALICIA LORENA VIZCARRA VIDAURRE

PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA CIV-502

SEMESTRE II – 2017
TARIJA - BOLIVIA

V°B°

.....
M.Sc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gozalvez
Figueroa

DECANO
Facultad de Ciencias y Tecnología

.....
M.Sc. Lic. Elizabeth Castro

VICEDECANA
Facultad de Ciencias y Tecnología

TRIBUNAL:

.....
M.Sc. Ing. Marcelo Segovia Cortez

.....
M.Sc. Ing. Oscar Marcelo Chávez Calla

.....
M.Sc. Ing. Mario Luis Ticona Copa

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con los términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo esta responsabilidad de la autora.

DEDICATORIA:

A mis hijas Grecia y Valentina Chávez
por ser el motor de mi vida y a mis padres
que me enseñaron a perseverar ante los
obstáculos que se presentan en la vida.

AGRADECIMIENTO:

Primeramente a Dios.

A mis padres por el apoyo incondicional, el esfuerzo y la paciencia que me tuvieron estos años.

A mis docentes de proyecto de grado, por los consejos y el apoyo brindado.

A mi hermano y a mi abuela que estuvieron para mis hijas cuando yo no pude.

A todas las personas que me brindaron ayuda cuando más lo necesite.

PENSAMIENTO:

“La vida no se trata de encontrarte a ti mismo, sino de crearte a ti mismo.”

- George Bernard Shaw.

**ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD DEL MEDIDOR DE DENSIDAD IN SITU,
DENSÍMETRO PQI 380, EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

CAPITULO I

INTROD

INTRODUCCION.....	1
1.1. MARCO TEÓRICO.....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.4. OBJETIVOS.....	7
1.4.1. Objetivo general.....	7
1.4.2. Objetivos específicos.	7
1.5. FORMULACION DE LA HIPOTESIS.....	8
1.5.1. Hipótesis.....	8
1.5.2. Identificación de variables.....	8
1.6. ALCANCE.....	9
1.7. METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN.....	9
1.7.1. Identificación del tipo del diseño de investigación.....	9
1.7.2. Criterio asumido.....	10
1.7.3. Número de ensayos.....	11
1.7.4. Métodos y procedimientos lógicos.....	12
1.7.4.1. Listado de actividades a realizar.....	12

1.7.4.2. Esquema de actividades en función a procedimiento definido por la perspectiva.....	13
---	----

CAPTITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.....	14
2.1.1. Características y comportamiento de la mezcla.....	14
2.1.1.1 Densidad.....	14
2.1.1.2. Vacíos de aire (o simplemente vacíos).....	15
2.1.1.3. Vacíos en el agregado mineral.....	16
2.1.1.4. Contenido de asfalto.....	17
2.1.2. Propiedades consideradas en el diseño de mezclas.....	19
2.1.2.1. Estabilidad.....	19
2.1.2.2. Durabilidad.....	21
2.1.2.3. Impermeabilidad.....	23
2.1.2.4. Trabajabilidad.....	24
2.1.2.5. Flexibilidad.....	25
2.1.2.6. Resistencia a la fatiga.....	26
2.1.2.7. Resistencia al deslizamiento.....	27
2.2. DENSIDAD DE CAMPO.....	28
2.3. DENSIDAD DE CAMPO UTILIZANDO DENSÍMETRO PQI 380.....	29
2.3.1. Densidad por medio del densímetro PQI 380.....	31

2.3.2. Partes y accesorios.....	32
2.3.3. Procedimiento.....	33
2.3.4. Modos de lectura	34
2.3.4.1. Modo de lectura sencillo.....	35
2.3.4.2. Modo de lectura promedio.....	36
2.3.4.3. Modo de lectura continuo.....	39
2.3.4.4. Modo de lectura de segregación.....	39
2.3.5. Calibración del equipo.....	42
2.3.5.1. Método de calibración de testigo.....	42
2.3.5.2. Método de calibración mediante la placa de verificación.....	46
2.3.6. Descarga de datos.....	47
2.4. DENSIDAD DE CAMPO UTILIZANDO EL CONO DE ARENA.....	49
2.4.1. Objetivo del cono de arena.....	49
2.4.2. Materiales y equipo.....	51
2.4.3. Procedimiento que debe de realizarse antes del ensayo.....	51
2.4.4. Procedimiento del ensayo In Situ.....	53
2.5. DENSIDAD EN LABORATORIO.....	55
2.5.1. Ubicación del punto de extracción de briqueta.....	55
2.5.2. Procedimiento de laboratorio.....	56
2.6. CONFIABILIDAD.....	58
2.6.1. Método de formas alternativas o paralelas.....	59
2.6.2. Método de mitades partidas (split-halves).....	60

2.6.3. Medidas de consistencia interna.....	60
2.6.4. Cómo mejorar la confiabilidad.....	61
2.6.5. Tipos de análisis o estudios en confiabilidad.....	62
2.7. CORRELACION.....	63
2.7.1. Correlación estadística.....	63
2.7.1.1. Frecuencia estadística.....	63
2.7.1.2. Histogramas.....	64
2.7.2. Diagrama de dispersión y correlación.....	67
2.7.2.1. Diagramas de dispersión.....	67
2.7.2.2. Correlación.....	68

CAPITULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1. OBTENCIÓN DE DATOS.....	70
3.1.1. Método del densímetro PQI 380.....	70
3.1.2. Método de Cono de arena.....	72
3.1.3. Método de extracción de briquetas.....	73
3.2. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	73
3.2.1. Método del densímetro PQI 380.....	74
3.2.2. Método de Cono de arena.....	77
3.2.3. Método de extracción de briquetas.....	78
3.3. ESTADISTICA INFERENCIAL.....	80

3.3.1. Método del densímetro PQI 380.....	80
3.3.2. Método de Cono de arena.....	85
3.3.3. Método de extracción de briquetas.....	87
3.4. RESULTADOS.....	89
3.4.1. Método del densímetro PQI 380.....	89
3.4.2. Método de Cono de arena.....	90
3.4.3. Método de extracción de briquetas.....	91
3.5. ANALISIS DE RESULTADOS.....	91
3.5.1. Comparación de las densidades obtenidas por los diferentes métodos.....	91
3.5.2. Comparación de la densidad promedio obtenida por los tres métodos.....	105

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES.....	110
4.2. RECOMENDACIONES.....	111

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1.1. Nivel de confianza.....	11
TABLA N° 2.1. Vacíos en el agregado mineral (Requisitos de VMA)...	17
TABLA N° 2.2. Causas y efectos de inestabilidad en el pavimento.....	21
TABLA N° 2.3. Causas y efectos de una poca durabilidad.....	22
TABLA N° 2.4. Causas y efectos de la permeabilidad.....	23
TABLA N° 2.5. Causas y efectos de problemas en la trabajabilidad.....	25
TABLA N° 2.6. Causas y efectos de una mala resistencia a la fatiga.....	27
TABLA N° 2.7. Causas y efectos de poca resistencia al deslizamiento....	28
TABLA N° 2.8. Tablas de densidades. Por Mart Arre H.....	29
TABLA N° 2.9. Calidad – redundancia.....	61
TABLA N° 3.1. Tabla de los datos tomados con el densímetro PQI 380.....	71
TABLA N° 3.2. Tabla resumen de los pesos del material, volúmenes y densidades de los diferentes puntos de aplicación.....	72
TABLA N° 3.3. Tabla de distancia de extracción de briquetas y pesos seco saturado y sumergido.....	73
TABLA N° 3.4. Tabla de densidad y distancia del primer tramo.....	74
TABLA N° 3.5. Tabla de densidad y distancia del segundo tramo.....	75
TABLA N° 3.5. Tabla de densidad y distancia del tercer tramo.....	76
TABLA N° 3.6. Tabla de comparación de densidad de briquetas y densímetro.....	76
TABLA N° 3.7. Tabla de densidad del material extraído y el punto de aplicación.....	77
TABLA N° 3.8. Resultado de volúmenes de briquetas y densidad.....	79
TABLA N° 3.9. Tabla de comparación de resultados.....	106
TABLA N° 3.23. Tabla de comparación de densidad de briquetas y del densímetro PQI.....	107
TABLA N° 3.23. Tabla de comparación de densidad de briquetas y de cono de arena.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1.1. Distribución de tramos a medir.....	10
FIGURA N° 1.2. Números de ensayos por tramos.....	11
FIGURA N° 2.1. Ilustración del VMA en una probeta de mezcla compactada.....	16
FIGURA N° 2.2. Simulación consol del densímetro.....	32
FIGURA N° 2.3. Partes del densímetro PQI 380.....	33
FIGURA N° 2.4. Modos de lectura.....	34
FIGURA N° 2.5. Modo de lectura sencilla.....	35
FIGURA N° 2.6. Confirmación del modo de lectura sencilla.....	36
FIGURA N° 2.7. Modos de lectura promedio.....	37
FIGURA N° 2.8. Visualización de la lectura promedio.....	37
FIGURA N° 2.9. Confirmación del modo de lectura promedio.....	38
FIGURA N° 2.10. Modos de lectura continuo.....	39
FIGURA N° 2.11. Modos de lectura de segregación.....	40
FIGURA N° 2.12. Toma de dato en el punto 1 B.....	41
FIGURA N° 2.13. Toma de dato en el punto 2 A.....	41
FIGURA N° 2.14. Toma de lectura promedio para la calibración.....	43
FIGURA N° 2.15. Menú principal y calculadora.....	44
FIGURA N° 2.16. Configuración de la desviación del PQI380.....	45
FIGURA N° 2.17. Tipo de lectura demasiado baja o demasiado alta.....	46
FIGURA N° 2.18. Calibración mediante la placa de verificación.....	47

FIGURA N° 2.19. Descarga de datos.....	47
FIGURA N° 2.20. Ensayo de densidad in situ.....	50
FIGURA N° 2.21. Ensayo densidad in situ, peso del aparato más cono de arena que quedo después de vaciar al hoyo.....	52
FIGURA N° 2.22. Cono de arena.....	53
FIGURA N° 2.23. Tramo Yesera-Santa Ana.....	56
FIGURA N° 2.24. Sumersión de las briquetas.....	57
FIGURA N° 2.25. Peso de las briquetas sumergidas.....	58
FIGURA N° 2.26. Coeficiente de correlación.....	60
FIGURA N° 2.27. Grafica de un histograma.....	65
FIGURA N° 2.28. Ejemplo de un diagrama de dispersión.....	67
FIGURA N° 2.29. Tipos genéricos de correlación entre dos variables X e Y.....	69
FIGURA N° 3.1. Modo de lectura promedio.....	70

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRAFICO N° 3.1. Distancia del punto de aplicación Vs. densidad del primer tramo.....	74
GRAFICO N° 3.2 Distancia del punto de aplicación Vs. densidad del segundo tramo.....	75
GRAFICO N° 3.3. Distancia del punto de aplicación Vs. densidad del tercer tramo.....	76
GRAFICO N° 3.4. Distancia del punto de aplicación Vs. densidad con el método del cono de arena.....	78
GRAFICO N° 3.5. Histograma de densidad con el densímetro PQI 380.....	80
GRAFICO N° 3.6. Histograma de compactación con el densímetro PQI 380.....	81
GRAFICO N° 3.7. Histograma de temperatura con el densímetro PQI 380.....	82
GRAFICO N° 3.8. Grafica de probabilidad de densidad con el densímetro PQI380.....	83
GRAFICO N° 3.9. Densidad Vs. grado de compactación (%).....	84
GRAFICO N° 3.10. Densidad Vs. temperatura superficial.....	84
GRAFICO N° 3.11. Densidad Vs. temperatura superficial.....	85
GRAFICA N° 3.12. Histograma de densidad por en medoto densidad in situ (cono de arena).....	86
GRAFICA N° 3.13. Histograma de punto de aplicación por en medoto densidad in situ (cono de arena).....	87
GRAFICA N° 3.14. Histograma de la densidad por en medoto densidad de laboratorio.....	88
GRAFICA N° 3.15. Histograma de punto de aplicación o distancia por el metodo de laboratorio.....	89
GRAFICA N° 3.16. Histograma de la densidad promedio por cada tramo.....	90
GRAFICA N° 3.17. Comparación de la densidad obtenida por los tres metodos para el punto de aplicación 1.....	91
GRAFICA N° 3.18. Comparación de la densidad obtenida por los tres metodos para el punto de aplicación 2.....	92
GRAFICA N° 3.19. Comparación de la densidad obtenida por los tres metodos para el punto de aplicación 3.....	93
GRAFICA N° 3.20. Comparación de la densidad obtenida por los tres metodos para el punto de aplicación 4.....	94

GRAFICA N° 3.21. Comparación de la densidad obtenida por los tres metodos para el punto de aplicación 5.....	95
GRAFICA N° 3.22. Comparación de la densidad obtenida por los tres metodos para el punto de aplicación 6.....	96
GRAFICA N° 3.23. Comparación de la densidad obtenida por los tres metodos para el punto de aplicación 7.....	97
GRAFICA N° 3.24. Comparación de la densidad obtenida por los tres metodos para el punto de aplicación 8.....	98
GRAFICA N° 3.25. Comparación de la densidad obtenida por los tres metodos para el punto de aplicación 9.....	99
GRAFICA N° 3.26. Comparación de la densidad obtenida por los tres metodos para el punto de aplicación 10.....	100
GRAFICA N° 3.27. Comparación de la densidad obtenida por los tres metodos para el punto de aplicación 11.....	101
GRAFICA N° 3.28. Comparación de la densidad obtenida por los tres metodos para el punto de aplicación 12.....	102
GRAFICA N° 3.29. Comparación de la densidad obtenida por los tres metodos para el punto de aplicación 13.....	103
GRAFICA N° 3.30. Comparación de la densidad obtenida por los tres metodos para el punto de aplicación 14.....	104
GRAFICA N° 3.32. Comparación de la densidad obtenida por los diferentes métodos.....	105
GRAFICA N° 3.32. Comparación de la densidad por los diferentes métodos.....	106
GRAFICA N° 3.33. Comparación densidad estraida de las briquetas Vs. densidad optenida del densímetro.....	107
GRAFICA N° 3.34. Comparación densidad estraida de las briquetas Vs. densidad optenida del cono de arena.....	109

ANEXOS

ANEXO 1. Reporte fotográfico

ANEXO 2. Manual de instrucciones del densímetro PQI 380

ANEXO 3. Norma ASTM D7830 / 7830M - 14

ANEXO 4. Cálculos adicionales

ANEXO 5. Ubicación de los puntos de aplicación

ANEXO 6. Informes generales de resultados