

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DPTO. DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**



**“CORRELACIÓN ENTRE RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y  
FLEXOTRACCIÓN PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS CON  
LOSETAS DE CONCRETO EN VÍAS URBANAS”**

**Por:**

**RUT FLORES MONCADA**

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 - 2022**

**TARIJA - BOLIVIA**

### **DEDICATORIA:**

A Dios por darme la vida, salud y fortaleza que guía e ilumina mi camino y por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado valor para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres, Modesto Flores Herrera y Clementina Moncada Costancio, porque me dieron ejemplos dignos de superación y entrega, por haberme apoyado en los momentos buenos y en los más difíciles de mi carrera, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor y confianza.

A mis hermanos, Wilson Flores y Eva Flores por ser un ejemplo a seguir y por motivarme a mi formación profesional y a nunca rendirme.

# ÍNDICE

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

	Página
1.1. Introducción .....	1
1.2. Justificación .....	2
1.3. Objetivo .....	3
1.3.1. Objetivo general .....	3
1.3.2. Objetivos específicos .....	3
1.4. Planteamiento del problema .....	3
1.4.1. Situación problemática .....	3
1.4.2. Problema .....	4
1.5. Definición de variables dependiente e independiente .....	4
1.5.1. Variable dependiente .....	4
1.5.2. Variable independiente .....	4
1.5.3. Operacionalización de las variables .....	5
1.6. Hipótesis .....	6
1.7. Proceso metodológico .....	7
1.7.1. Tipo de investigación o estudio .....	7
1.7.2. Componentes .....	7
1.7.2.1. Unidad .....	7
1.7.2.2. Población .....	7
1.7.2.3. Muestra .....	7
1.7.2.4. Muestreo .....	7
1.7.3. Métodos .....	10
1.7.4. Técnicas .....	10
1.7.4.1. Técnicas experimentales .....	10
1.8. Alcance del proyecto .....	12

**CAPÍTULO II**  
**FUNDAMENTO TEÓRICO**

	Página
2.1. Definición de pavimento .....	14
2.2. Tipos de pavimentos .....	14
2.2.1. Pavimento articulado .....	14
2.2.2. Pavimento rígido .....	15
2.2.3. Pavimento flexible.....	16
2.2.4. Pavimento semirrígido.....	16
2.3. Pavimentos articulados.....	17
2.3.1. Historia .....	17
2.3.2. Definición .....	18
2.3.3. Elementos.....	19
2.3.4. Procedimiento de construcción de pavimentos articulados .....	19
2.3.4.1. Subrasante .....	19
2.3.4.2. Base.....	19
2.3.4.3. Capa de arena de asiento.....	20
2.3.5. Ventajas que ofrece el pavimento articulado .....	20
2.3.6. Fallas del pavimento articulado .....	21
2.3.7. Aplicaciones del pavimento articulado.....	24
2.4. Losetas de concreto .....	25
2.4.1. Definición: .....	25
2.4.2. Pruebas internas .....	25
2.4.3. Producto terminado .....	25
2.4.4. Propiedades de la loseta de concreto .....	26
2.4.5. Las ventajas de los adoquines de concreto .....	26
2.4.6. Tipos de losetas de concreto .....	27
2.4.6.1. Losetas rectangulares .....	27
2.4.6.2. Losetas cuadrados.....	27
2.4.6.3. Gramoquines .....	28
2.4.6.4. Losetas táctiles .....	29

2.4.7. Manejo de las losetas.....	29
2.4.7.1. Patrones de colocación.....	29
2.4.7.2. Procedimiento.....	30
2.5. Correlación entre dos variables.....	32
2.5.1. Definición .....	33
2.5.2. Fórmula del coeficiente de correlación .....	34

### **CAPÍTULO III**

#### **APLICACIÓN PRÁCTICA DE CORRELACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXOTRACCIÓN EN LOSETAS DE HORMIGÓN**

	Página
3.1. Ubicación.....	36
3.2. Características de los materiales .....	37
3.2.1. Agregados .....	37
3.2.1.1. Gravilla .....	38
3.2.1.2. Arena.....	41
3.2.2. Cemento .....	44
3.2.3. Agua .....	46
3.3. Caracterización de losetas de concreto.....	46
3.3.1. Código .....	46
3.3.2. Dimensiones.....	46
3.3.3. Rendimiento .....	47
3.3.4. Peso promedio .....	47
3.3.5. Tipo de tráfico .....	47
3.4. Comportamiento de resistencia de las losetas de hormigón .....	54
3.4.1. Evaluación a resistencia de losetas a compresión .....	55
3.4.1.1. Loseta doble s.....	58
3.4.1.2. Loseta doble hexagonal.....	62
3.4.1.3. Loseta media luna .....	67
3.4.1.4. Loseta doble t .....	71
3.4.1.5. Loseta hexagonal .....	76

3.4.2. Evaluación a resistencia de losetas a flexotracción.....	83
3.4.2.1. Loseta doble s.....	86
3.4.2.2. Loseta doble hexagonal.....	93
3.4.2.3. Loseta media luna.....	98
3.4.2.4. Loseta doble t.....	104
3.4.2.5. Loseta hexagonal.....	110
3.5. Correlación entre resistencia a flexión y compresión.....	116
3.5.1. Losetas doble s.....	117
3.5.2. Loseta doble hexagonal.....	119
3.5.3. Loseta media luna.....	120
3.5.4. Loseta doble t.....	122
3.5.5. Loseta hexagonal.....	123

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

	Página
4.1. Resultados y discusión.....	126
4.1.1. Loseta doble s.....	126
4.1.2. Loseta doble hexagonal.....	127
4.1.3. Loseta media luna.....	129
4.1.4. Loseta doble t.....	130
4.1.5. Loseta hexagonal.....	131

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

	Página
5.1. Conclusiones y recomendaciones.....	134
5.1.1. Conclusiones.....	134
5.1.2. Recomendaciones.....	137

### **Bibliografía**

## ANEXOS

ANEXO A Certificación de los laboratorios de los ensayos realizados

ANEXO B Reporte fotográfico de la investigación realizada

ANEXO C Información proporcionada por la empresa nacional Concretec

ANEXO D Norma Boliviana NB 1223001

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1. Las variables y su operacionalización en la investigación.....	5
Tabla 1.2. Técnicas experimentales .....	11
Tabla 3.1. Humedad total evaporable.....	39
Tabla 3.2. Peso seco de la muestra.....	39
Tabla 3.3. Agregado grueso.....	40
Tabla 3.4. Humedad total evaporable.....	42
Tabla 3.5. Peso seco de la muestra.....	42
Tabla 3.6. Agregado fino .....	43
Tabla 3.7. Reporte de laboratorio para cemento Pórtland con puzolana.....	45
Tabla 3.8. Tipo de tráfico loseta doble s .....	48
Tabla 3.9. Dimensiones de la loseta.....	48
Tabla 3.10. Tipo de tráfico loseta hexagonal.....	49
Tabla 3.11. Dimensiones de la loseta.....	50
Tabla 3.12. Tipo de tráfico loseta doble t.....	51
Tabla 3.13. Dimensiones de la loseta.....	51
Tabla 3.14. Tipo de tráfico loseta media luna .....	52
Tabla 3.15. Dimensiones de la loseta.....	52
Tabla 3.16. Tipo de tráfico loseta doble hexagonal .....	53
Tabla 3.17. Dimensiones de la loseta.....	54
Tabla 3.18. Dimensiones medidas .....	58
Tabla 3.19. Pesaje de las losetas doble s .....	59
Tabla 3.20. Resultados de las áreas.....	60
Tabla 3.21. Datos ingresados al equipo de compresión .....	61

Tabla 3.22.	Carga aplicada de las 5 losetas ensayadas.....	61
Tabla 3.23.	Dimensiones medidas .....	63
Tabla 3.24.	Pesaje de las losetas doble hexagonal.....	64
Tabla 3.25.	Resultados de las áreas.....	64
Tabla 3.26.	Datos ingresados al equipo de compresión .....	65
Tabla 3.27.	Carga aplicada de las 5 losetas ensayadas.....	66
Tabla 3.28.	Dimensiones medidas .....	68
Tabla 3.29.	Pesaje de las losetas media luna .....	68
Tabla 3.30.	Resultados de las áreas.....	69
Tabla 3.31.	Datos ingresados al equipo de compresión .....	70
Tabla 3.32.	Carga aplicada de las 5 losetas ensayadas.....	70
Tabla 3.33.	Posición de las dimensiones .....	72
Tabla 3.34.	Dimensiones medidas .....	72
Tabla 3.35.	Pesaje de las losetas doble t.....	73
Tabla 3.36.	Resultados de las áreas.....	73
Tabla 3.37.	Datos ingresados al equipo de compresión .....	74
Tabla 3.38.	Carga aplicada de las 5 losetas ensayadas.....	75
Tabla 3.39.	Dimensiones medidas .....	77
Tabla 3.40.	Pesaje de las losetas hexagonal .....	78
Tabla 3.41.	Resultados de las áreas.....	78
Tabla 3.42.	Carga aplicada de las 5 losetas ensayadas.....	79
Tabla 3.43.	Resumen de la carga aplicada .....	82
Tabla 3.44.	Dimensiones medidas .....	87
Tabla 3.45.	Pesaje de las 5 losetas doble s .....	87
Tabla 3.46.	Resultados de las áreas.....	88
Tabla 3.47.	Carga aplicada de las 5 losetas ensayadas.....	89
Tabla 3.48.	Datos para realizar los cálculos .....	92
Tabla 3.49.	Posición de las dimensiones .....	93
Tabla 3.50.	Dimensiones medidas .....	93
Tabla 3.51.	Pesaje de las losetas doble hexagonal.....	94
Tabla 3.52.	Resultado de las áreas .....	94



Tabla 3.53.	Carga aplicada de las 5 losetas ensayadas.....	96
Tabla 3.54.	Datos para realizar los cálculos .....	97
Tabla 3.55.	Dimensiones medidas .....	99
Tabla 3.56.	Pesaje de las losetas media luna .....	99
Tabla 3.57.	Resultados de las áreas.....	100
Tabla 3.58.	Carga aplicada de las 5 losetas ensayadas.....	101
Tabla 3.59.	Datos para realizar los cálculos .....	103
Tabla 3.60.	Dimensiones medidas .....	104
Tabla 3.61.	Pesaje de las losetas doble t.....	105
Tabla 3.62.	Resultados de las áreas.....	105
Tabla 3.63.	Carga aplicada de las 5 losetas ensayadas.....	106
Tabla 3.64.	Datos para realizar los cálculos .....	109
Tabla 3.65.	Dimensiones medidas .....	110
Tabla 3.66.	Pesaje de las losetas hexagonal .....	111
Tabla 3.67.	Resultados de las áreas.....	111
Tabla 3.68.	Carga aplicada de las 5 losetas ensayadas.....	112
Tabla 3.69.	Datos para realizar los cálculos .....	115
Tabla 3.70.	Resultados de las resistencias.....	117
Tabla 3.71.	Cálculos previos para el coef. de correlación.....	118
Tabla 3.72.	Resultados de las resistencias.....	119
Tabla 3.73.	Cálculos previos para coef. de correlación .....	119
Tabla 3.74.	Resultados de las resistencias.....	120
Tabla 3.75.	Cálculos previos para el coef. de correlación.....	121
Tabla 3.76.	Resultados de las resistencias.....	122
Tabla 3.77.	Cálculos previos para el coef. de correlación.....	122
Tabla 3.78.	Resultados de las resistencias.....	123
Tabla 3.79.	Cálculos previos para el coef. de correlación.....	124
Tabla 4.1.	Resultados de las resistencias del espécimen doble s .....	126
Tabla 4.2.	Resultado de correlación de la losetas doble s .....	127
Tabla 4.3.	Resultados de las resistencias del espécimen doble hexagonal.....	127
Tabla 4.4.	Resultados de correlación de la loseta doble hexagonal.....	128

Tabla 4.5.	Resultados de las resistencias del espécimen media luna .....	129
Tabla 4.6.	Resultados de correlación de la loseta media luna .....	130
Tabla 4.7.	Resultados de las resistencias del espécimen doble t .....	130
Tabla 4.8.	Resultado de correlación de la loseta doble t .....	131
Tabla 4.9.	Resultados de las resistencias del espécimen hexagonal .....	132
Tabla 4.10.	Resultado de correlación de la loseta hexagonal .....	133
Tabla 4.11.	Resumen de los resultados de la correlación de cada loseta .....	133

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página	
Figura 1.1.	Loseta doble s .....	8
Figura 1.2.	Loseta hexagonal .....	8
Figura 1.3.	Loseta doble t .....	8
Figura 1.4.	Loseta media luna .....	9
Figura 1.5.	Loseta doble hexagonal.....	9
Figura 2.1.	Pavimento articulado .....	15
Figura 2.2.	Pavimento rígido.....	15
Figura 2.3.	Pavimento flexible .....	16
Figura 2.4.	Pavimento semirrígido .....	16
Figura 2.5.	Historia de los adoquines .....	18
Figura 2.6.	Abultamiento .....	22
Figura 2.7.	Ahuellamiento .....	22
Figura 2.8.	Desgaste superficial .....	22
Figura 2.9.	Perdida de arena.....	23
Figura 2.10.	Fracturamiento de confinamientos internos .....	23
Figura 2.11.	Desplazamiento de juntas.....	23
Figura 2.12.	Vegetación en la calzada .....	23
Figura 2.13.	Juntas abiertas.....	24
Figura 2.14.	Losetas rectangulares .....	27
Figura 2.15.	Loseta cuadrado.....	28
Figura 2.16.	Losetas gramoquinas.....	28

Figura 2.17.	Losetas táctiles.....	29
Figura 2.18.	Patrones de colocación.....	30
Figura 2.19.	Colocación de losetas.....	30
Figura 2.20.	Compactación final .....	32
Figura 2.21.	Correlación positiva.....	33
Figura 2.22.	No existe correlación .....	33
Figura 2.23.	Correlación negativa .....	34
Figura 3.1.	Ubicación de las oficinas de Concretec .....	36
Figura 3.2.	Ubicación de las oficinas y distribuidora de Concretec en La Paz.....	36
Figura 3.3.	Ubicación de la planta de Concretec en Tarija.....	37
Figura 3.4.	Curva granulométrica.....	40
Figura 3.5.	Curva granulométrica.....	44
Figura 3.6.	Loseta doble s .....	47
Figura 3.7.	Pavimento articulado finalizado, usando losetas doble s.....	48
Figura 3.8.	Loseta hexagonal .....	49
Figura 3.9.	Pavimento articulado finalizado, usando losetas hexagonal .....	49
Figura 3.10.	Loseta doble t .....	50
Figura 3.11.	Pavimento articulado finalizado, usando losetas doble t .....	50
Figura 3.12.	Loseta media luna .....	51
Figura 3.13.	Pavimento articulado finalizado, usando losetas media luna .....	52
Figura 3.14.	Loseta doble hexagonal.....	53
Figura 3.15.	Pavimento articulado finalizado, usando losetas doble hexagonal.....	53
Figura 3.16.	Loseta de hormigón doble s .....	55
Figura 3.17.	Loseta de hormigón doble hexagonal .....	55
Figura 3.18.	Loseta de hormigón media luna .....	55
Figura 3.19.	Loseta de hormigón doble t.....	56
Figura 3.20.	Loseta de hormigón hexagonal.....	56
Figura 3.21.	Posición de las dimensiones .....	58
Figura 3.22.	Posición de las dimensiones .....	63
Figura 3.23.	Posición de las dimensiones .....	67
Figura 3.24.	Posición de las dimensiones .....	77

Figura 3.25.	Loseta de hormigón doble s .....	83
Figura 3.26.	Loseta de hormigón doble hexagonal .....	83
Figura 3.27.	Loseta de hormigón media luna .....	84
Figura 3.28.	Loseta de hormigón doble t.....	84
Figura 3.29.	Loseta de hormigón hexagonal.....	84
Figura 3.30.	Posición de las dimensiones .....	86
Figura 3.31.	Posición de las dimensiones .....	98
Figura 3.32.	Posición de las dimensiones .....	104
Figura 3.33.	Posición de las dimensiones .....	110
Figura 3.34.	Diagrama de dispersión.....	118
Figura 3.35.	Diagrama de dispersión.....	120
Figura 3.36.	Diagrama de dispersión.....	121
Figura 3.37.	Diagrama de dispersión.....	123
Figura 3.38.	Diagrama de dispersión.....	124
Figura 4.1.	Diagrama de dispersión, correlación entre compresión y flexión .....	126
Figura 4.2.	Diagrama de dispersión, correlación entre compresión y flexión .....	128
Figura 4.3.	Diagrama de dispersión, correlación entre compresión y flexión .....	129
Figura 4.4.	Diagrama de dispersión, correlación entre compresión y flexión .....	131
Figura 4.5.	Diagrama de dispersión, correlación entre compresión y flexión .....	132