

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**ANÁLISIS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE BLOQUES DE
HORMIGÓN UTILIZANDO GEOCELAS PARA SU USO EN PAVIMENTOS
ARTICULADOS**

Por:

LUIS ALFREDO BALDERAS AÑAZGO

SEMESTRE I - 2022

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

**ANÁLISIS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE BLOQUES DE
HORMIGÓN UTILIZANDO GEOCELDAS PARA SU USO EN PAVIMENTOS
ARTICULADOS**

Por:

LUIS ALFREDO BALDERAS AÑAZGO

PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA CIV 502

SEMESTRE I - 2022

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

A mis padres, por el apoyo incondicional en todo momento, y haberme guiado por el buen camino, muchos de mis logros se los debo a ustedes, entre ellos el presente proyecto.

Gracias, Victor Hugo Balderas, Natividad Añazgo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

	Página
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	3
1.2.1 Aporte académico.	4
1.2.2 Aplicación técnica – práctica.	4
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.3.1 Situación problemática.....	5
1.3.2 Problema.	6
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.4.1 Objetivo general.	6
1.4.2 Objetivos específicos.	6
1.5 ALCANCE DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN.	6
1.6 HIPÓTESIS.....	7
1.7 CONCEPTUALIZACIÓN DE VARIABLES	8
1.7.1 Variable dependiente.....	8
1.7.2 Variable independiente.....	8
1.7.3 Operacionalización de variables.	8
1.8 UNIDADES DE ESTUDIO Y DECISIÓN MUESTRAL.....	10

1.8.1 Unidad.....	10
1.8.2 Población.....	10
1.8.3 Muestra.....	10
1.8.4 Muestreo.....	10
1.9 METODOLOGÍA PARA EL PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	10
1.9.1 Parámetros de la estadística descriptiva.....	11

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LOS PAVIMENTOS ARTICULADOS Y LAS GEOCELDAS

	Página
2.1 PAVIMENTO ARTICULADO	16
2.1.1 Tipos de pavimentos articulados.....	17
2.1.2 Ventajas de los pavimentos articulados.	18
2.1.3 Limitaciones de los pavimentos articulados.	20
2.1.4 Aplicaciones de los pavimentos de articulados.....	21
2.1.5 Comportamiento estructural de los pavimentos articulados.	22
2.2 GEOSINTÉTICOS – GEOCELDAS.....	27
2.2.1 Sistema de confinamiento con geoceldas.....	27
2.2.2 Funciones y aplicaciones de las geoceldas.	28
2.2.3 Pavimento articulado de hormigón con geoceldas.....	29

2.3 MARCO NORMATIVO.....	30
2.3.1 Ensayos de caracterización de agregados.	30
2.3.2 Método para el cuarteo de muestras (ASTM C 702)	30
2.3.3 Método para tamizar y determinar la granulometría (ASTM C 136)	32
2.3.4 Contenido total de agua de los áridos por secado (ASTM C 566).....	34
2.3.5 Método para determinar el peso unitario de los agregados (ASTM C 29)	36
2.3.6 Método para determinar la densidad real, la densidad neta y la absorción de agua en áridos gruesos (ASTM C 127)	37
2.3.7 Método para determinar la densidad real, la densidad neta y la absorción de agua en áridos finos (ASTM C 128)	40
2.3.8 Método para determinar el desgaste mediante la Máquina Los Ángeles (ASTM C 131)	42
2.3.9 Método para determinar el equivalente de arena (ASTM D2419).....	44
2.3.10 Ensayos de caracterización del cemento.	46
2.3.11 Peso específico del cemento hidráulico (ASTM C 188).....	46
2.3.12 Finura del cemento hidráulico mediante tamices N°100 y N°200 (ASTM C 184)	47
2.3.13 Ensayos de control del hormigón.	48
2.3.14 Método para determinar la docilidad mediante el cono de Abrams (ASTM C-143).....	48
2.3.15 Preparación y curado de especímenes de hormigón (ASTM C 31).....	49
2.3.16 Método de ensayo a la compresión de probetas cúbicas y cilíndricas (ASTM C 39 AASHTO T 22).....	52

2.4 DISEÑO DE MEZCLAS	55
2.4.1 Resistencia de diseño.	55
2.4.2 Cálculo de la resistencia requerida por el método de desviación.....	55
2.4.3 Cálculo de la resistencia requerida por el método de desviación.....	56
2.4.4 Elección de asentamiento.	57
2.4.5 Selección del tamaño máximo del agregado.....	58
2.4.6 Estimación de la cantidad de agua y contenido de aire.....	58
2.4.7 Selección de relación agua/cemento.	59
2.4.8 Cálculo del contenido de cemento.	60
2.4.9 Estimación del contenido de agregado grueso.	60
2.4.10 Estimación del contenido de agregado fino.	61
2.4.11 Ajustes por humedad de los agregados.	62
2.4.12 Ajustes a la mezcla de prueba.	63

CAPÍTULO III

CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES Y DISEÑO DE LA MEZCLA

	Página
3.1 EXTRACCIÓN DE AGREGADOS	65
3.1.1 Coordenadas de extracción.	65
3.2 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN	66
3.3 CONTROL Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS	67

3.3.1 Análisis granulométrico.	67
3.3.2 Contenido de humedad.....	69
3.3.3 Peso unitario.....	69
3.3.4 Densidad real, la densidad neta y la absorción de agua en áridos gruesos.	70
3.3.5 Densidad real, la densidad neta y la absorción de agua en áridos finos.....	70
3.3.6 Equivalente arena.	71
3.3.7 Peso específico cemento.	71
3.3.8 Desgaste en la Máquina de Los Ángeles.....	71
3.4 RESULTADOS DE DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS	72

CAPÍTULO IV

PROCESAMIENTO, ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

	Página
4.1 DATOS OBTENIDOS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN EN LABORATORIO..	74
4.1.1 Resistencia a compresión en bloques de hormigón $f'c$ 210 kg/cm ²	74
4.1.2 Resistencia a compresión en bloques de hormigón $f'c$ 220 kg/cm ²	75
4.1.3 Resistencia a compresión en bloques de hormigón $f'c$ 230 kg/cm ²	76
4.1.4 Resistencia a compresión en bloques de hormigón $f'c$ 240 kg/cm ²	77
4.1.5 Resistencia a compresión en bloques de hormigón $f'c$ 250 kg/cm ²	78
4.1.6 Resistencia a compresión en bloques de hormigón con altura de 10 cm y $f'c=210$ kg/cm ²	79
4.1.7 Resultados procesados de ensayos a compresión	79

4.1.8 Evaluación de beneficio – costo.....	84
4.1.9 Análisis de resultados de resistencia.....	87

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1 CONCLUSIONES	89
5.2 RECOMENDACIONES	90

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO 1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

ANEXO 2. DETALLE PRECIO UNITARIO.

ANEXO 3. ENSAYOS PRELIMINARES.

ANEXO 4. DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS.

ANEXO 5. ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN.

ANEXO 6: MEMORIA FOTOGRÁFICA.

Índice de figuras	Página
Figura 1 Pavimento construido con geoceldas como refuerzo.	2
Figura 2 Deformación de un bloque de hormigón.	8
Figura 3 Superficie de rodadura.	20
Figura 4 Trabazón vertical, horizontal y rotacional de un pavimento de adoquín.	22
Figura 5 Efecto de la rotación de adoquines lisos y ondulados en aparejos lineales.	24
Figura 6 Efecto de la rotación de adoquines lisos y ondulados en aparejos espina de pescado.	25
Figura 7 Progresión de las deformaciones permanentes en pavimentos de adoquines.	26
Figura 8 Refuerzo de capa granular con geoceldas.	28
Figura 9 Cuarteador mecánico.	32
Figura 10 Medida de asentamiento.	52
Figura 11 Determinación de las dimensiones de probetas.	54
Figura 12 Vista satelital de "Seleccionadora de Áridos San Blas"	65
Figura 13 Seleccionadora de Áridos San Blas	66
Figura 14 Curva granulométrica agregado grueso.	67
Figura 15 Curva granulométrica agregado fino.	68
Figura 16 Resistencia a compresión para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	80
Figura 17 Resistencia a compresión para $f'c = 220 \text{ kg/cm}^2$	81
Figura 18 Resistencia a compresión para $f'c = 230 \text{ kg/cm}^2$	81
Figura 19 Resistencia a compresión para $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$	82
Figura 20 Resistencia a compresión para $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$	82
Figura 21 Resistencia adoquín 7.5 cm con/sin geocelda y adoquín 10 cm sin geocelda.	83

Índice de tablas	Página
Tabla 1 Operacionalización de variable dependiente.....	9
Tabla 2 Operacionalización de variable independiente.	9
Tabla 3 Resistencia a compresión de probetas cilíndricas	11
Tabla 4 Resistencia a compresión de probetas cilíndricas con datos procesados.	15
Tabla 5 Aplicaciones de los pavimentos articulados según nivel de solicitud de tránsito.	21
Tabla 6 Tamaño de la muestra de ensayo del árido fino.	33
Tabla 7 Tamaño de la muestra de ensayo del árido grueso.....	33
Tabla 8 Especificaciones de graduación para el agregado fino.	34
Tabla 9 Especificaciones de graduación para el agregado grueso.	34
Tabla 10 Tamaño de muestras de áridos con peso normal.....	35
Tabla 11 Dimensiones de las medidas cilíndricas.	37
Tabla 12 Cantidad mínima de muestra según tamaño máximo nominal del árido.	40
Tabla 13 Grados de ensayo definidos por sus rangos de tamaño, en mm.....	43
Tabla 14 Diámetro de varilla y número de golpes por capa.	51
Tabla 15 Resistencia promedio requerida.	57
Tabla 16 Asentamientos recomendados para diferentes tipos de estructuras.	57
Tabla 17 Contenido de aire y agua de mezcla para diferentes asentamientos y tamaños nominales máximos de agregados.	59
Tabla 18 Relación Agua/Cemento en función de la resistencia.....	60
Tabla 19 Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto.	61
Tabla 20 Resumen de caracterización de agregados obtenido en laboratorio.	66
Tabla 21 Resumen de caracterización del cemento obtenido en laboratorio.	67
Tabla 22 Diferencia de pesos en agregado fino.	68
Tabla 23 Diferencia de pesos en agregado grueso.	68

Tabla 24	Peso de agregado fino y grueso húmedo.....	69
Tabla 25	Contenido de humedad obtenido en laboratorio.	69
Tabla 26	Resultado de peso unitario de agregado grueso obtenido en laboratorio.....	69
Tabla 27	Resultado de peso unitario de agregado fino obtenido en laboratorio.....	70
Tabla 28	Densidad y absorción del agregado grueso.....	70
Tabla 29	Densidad y absorción del agregado fino.....	70
Tabla 30	Equivalente de arena.	71
Tabla 31	Peso específico del cemento.	71
Tabla 32	Desgaste de los Ángeles.....	72
Tabla 33	Dosificación para resistencia 210 kg/cm ²	72
Tabla 34	Dosificación para resistencia 220 kg/cm ²	72
Tabla 35	Dosificación para resistencia 230 kg/cm ²	72
Tabla 36	Dosificación para resistencia 240 kg/cm ²	73
Tabla 37	Dosificación para resistencia 250 kg/cm ²	73
Tabla 38	Resistencia en probetas cilíndricas.	74
Tabla 39	Resistencia en probetas cúbicas sin geocelda.	74
Tabla 40	Resistencia en probetas cúbicas con geocelda.	75
Tabla 41	Resistencia en probetas cilíndricas.	75
Tabla 42	Resistencia en probetas cúbicas sin geocelda.	75
Tabla 43	Resistencia en probetas cúbicas con geocelda.	76
Tabla 44	Resistencia en probetas cilíndricas.	76
Tabla 45	Resistencia en probetas cúbicas sin geocelda.	76
Tabla 46	Resistencia en probetas cúbicas con geocelda.	77
Tabla 47	Resistencia en probetas cilíndricas.	77
Tabla 48	Resistencia en probetas cúbicas sin geocelda.	77

Tabla 49 Resistencia en probetas cúbicas con geocelda.	78
Tabla 50 Resistencia en probetas cilíndricas.	78
Tabla 51 Resistencia en probetas cúbicas sin geocelda.	78
Tabla 52 Resistencia en probetas cúbicas con geocelda.	79
Tabla 53 Resistencia en probetas cúbicas sin geocelda y altura 10 cm.	79
Tabla 54 Resumen de resistencias a compresión.	80
Tabla 55 Resistencia a compresión para adoquines con 10 cm de espesor.	83
Tabla 56 Comparación de resistencias con variación de altura en los bloques.	84
Tabla 57 Precio unitario bloques de hormigón con geocelda altura 7.5 cm.	85
Tabla 58 Precio unitario bloques de hormigón sin geocelda altura 8 cm.	86
Tabla 59 Resistencia a compresión obtenidas en laboratorio.	87
Tabla 60 Resistencia a compresión de bloques de hormigón con altura de 7.5 cm vs 10 cm.	87
Tabla 61 Relación costo – resistencia.	88