

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“COMPARACIÓN DE LA PÉRDIDA POR ABRASIÓN ENTRE AGREGADOS
NATURALES CON TRITURADOS MEDIANTE EL ENSAYO DE DESGASTE
DE LOS ÁNGELES”**

Por:

WAYAR LOZA ALCIRA ESTHER

Proyecto de grado presentado a consideración de la “**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
JUAN MISAEL SARACHO**”, como requisito para optar el grado académico la
Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE II – 2024

TARIJA - BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“COMPARACIÓN DE LA PÉRDIDA POR ABRASIÓN ENTRE AGREGADOS
NATURALES CON TRITURADOS MEDIANTE EL ENSAYO DE DESGASTE
DE LOS ÁNGELES”**

Por:

WAYAR LOZA ALCIRA ESTHER

SEMESTRE II – 2024

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

A mi papá Freddy +, que fue un pilar fundamental en mi vida y me enseñó a no rendirme jamás, a mi abuelita Teófila + que ya no se encuentra conmigo, aunque ambos me dejaron un vacío grande, espero que estén donde estén se sientan orgullosos de mí, a mi mamá Zulema que con su amor, paciencia y esfuerzo me ha permitido llegar al final de la meta. A mis hermanos Carmelo, Carlos, Gonzalo y en especial a Miguel que no me dejó sola en los momentos más difíciles para mí.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

DISEÑO TEÓRICO

	Página
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
1.2.1. Justificación académica.....	2
1.2.2. Justificación sobre la aplicación técnica – practica.....	2
1.2.3. Justificación e importancia social	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3.1. Situación problemática.....	3
1.3.2. Delimitación temporal.....	4
1.3.3. Delimitación espacial	5
1.3.4. Formulación del problema	5
1.4. OBJETIVOS	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. HIPÓTESIS	5
1.5.1. Formulación de la hipótesis	5
1.5.2. Conceptualización de las variables	6
1.5.3. Operacionalización de variables	6
1.6. ALCANCE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	6

CAPÍTULO II

ESTADO DE CONOCIMIENTO

	Página
2.1. MARCO CONCEPTUAL	8
2.1.1. Agregados pétreos	8

2.1.2.	Tipos de agregados.....	8
2.1.2.1.	Agregados naturales	8
2.1.2.2.	Agregados triturados	9
2.1.2.2.1.	Tipo de plantas trituradoras de agregados.....	10
2.1.2.3.	Agregados Artificiales.....	15
2.1.3.	Propiedades de los agregados pétreos.	15
2.1.3.1.	Propiedades individuales.....	15
2.1.3.2.	Propiedades de conjunto.	16
2.1.4.	Descripción de las características principales de los agregados pétreos para pavimentos.	16
2.1.4.1.	Forma y angulosidad.	16
2.1.4.2.	Resistencia al desgaste.	16
2.1.4.3.	Resistencia al pulimento.	17
2.1.4.4.	Adhesividad y resistencia al desplazamiento.	17
2.1.4.5.	Plasticidad y limpieza.	17
2.1.4.6.	Alterabilidad.....	18
2.1.4.7.	Resistencia al desprendimiento.	18
2.1.5.	Ensayos para caracterizar los agregados pétreos.....	19
2.1.5.1.	Granulometría	19
2.1.5.2.	Partículas planas y alargadas.....	20
2.1.5.3.	Caras fracturadas.....	21
2.1.5.4.	Máquina de desgaste de los Ángeles (Norma ASTM C–131)	21
2.2.	MARCO NORMATIVO	26
2.3.	MARCO REFERENCIAL	26
2.4.	ANÁLISIS DE APORTE TEÓRICO	27

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO Y RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

	Página
3.1. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN PRECISA DE LA ZONA DE PROYECTO.....	28
3.1.1. Cantera Santa Ana	28
3.1.1.1. Ubicación geográfica de la cantera Santa Ana	28
3.1.2. Cantera San Jacinto	29
3.1.2.1. Ubicación geográfica de la cantera San Jacinto	30
3.1.3. Cantera San Blas	30
3.1.3.1. Ubicación geográfica de la cantera San Blas	31
3.2. CRITERIOS DEL DISEÑO METODOLÓGICO	31
3.2.1. Unidad de estudio o muestra	31
3.2.2. Tamaño de la muestra.....	32
3.3. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS	33
3.4. ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS	36
3.4.1. Ensayo de muestreo.....	36
3.4.2. Contenido de Humedad.....	37
3.4.3. Granulometría	37
3.4.4. Ensayo de partículas planas y alargadas	39
3.4.5. Ensayo de caras fracturadas	40
3.5. PÉRDIDA POR ABRASIÓN EN EL DESGASTE DE LOS ÁNGELES	41

CAPÍTULO IV

DISEÑO Y ANÁLISIS

	Página
4.1. CALCULO DE PORCENTAJE DE EFECTO	45
4.1.1. Ordenamiento de datos.....	46
4.2. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	47

4.2.1.	Cálculos de Curva de Frecuencia Absoluta y Acumulada.....	47
4.2.1.1.	Elaboración de planillas y graficas de histograma y polígono de frecuencias.	48
4.2.2.	Cálculos de Medidas de Tendencia Central	52
4.2.2.1.	Valores medios	52
4.2.2.2.	Medidas de dispersión.....	52
4.3.	ANÁLISIS CON ESTADÍSTICA INFERENCIAL	53
4.3.1.	Tipo de prueba.....	53
4.3.2.	Intervalo de confianza	53
4.4.	PRUEBA DE HIPÓTESIS	54
4.4.1.	Prueba Anova	54
4.4.2.	Conclusión de hipótesis.....	56
4.5.	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES.....	56
4.5.1.	Concepto	56
4.5.2.	Materiales y equipos	56
4.5.3.	Procedimiento	57
4.5.4.	Costo por unidad de cubicación	57

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1.	CONCLUSIONES
5.2.	RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXOS FOTOGRAFICOS

ANEXOS DE PLANILLAS DE RESULTADOS

ANEXO N°1 CONTENIDO DE HUMEDAD

ANEXO N°2 GRANULOMETRIA

ANEXO N°3 PARTÍCULAS PLANAS Y ALARGADAS

ANEXO N°4 CARAS FRCTURADAS

ANEXO N°5 DESGASTE DE LOS ÁNGELES

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Delimitación temporal.....	4
Tabla 2. Operacionalización de la variable "pérdida por abrasión"	6
Tabla 3. Granulometrías representativas de los agregados, para selección del método de ensayo a usar	24
Tabla 4. Marco normativo	26
Tabla 5. Coordenadas UTM de la cantera Santa Ana y puntos de extracción.....	28
Tabla 6. Coordenadas UTM de la cantera San Jacinto y puntos de extracción.....	30
Tabla 7. Coordenadas UTM de la cantera San Blas y puntos de extracción.....	31
Tabla 8. Muestra.....	32
Tabla 9. Planilla de cálculo del tamaño de muestra	32
Tabla 10. Tamaño de la muestra.....	33
Tabla 11. Contenido de humedad cantera Santa Ana material natural	37
Tabla 12. Granulometría de cantera Santa Ana material natural.....	38
Tabla 13. Partículas planas y alargadas de cantera Santa Ana material natural	40
Tabla 14. Caras fracturadas de cantera Santa Ana	41
Tabla 15. Granulometrías representativas de los agregados, para la selección del tipo de gradación a usar.....	42
Tabla 16. Tabla de resultados de desgaste de los Ángeles	43
Tabla 18. Planilla resumen de caracterización de agregados	44
Tabla 19. Datos iniciales de porcentaje de desgaste.....	45
Tabla 20. Porcentaje de efecto de las distintas canteras.....	46
Tabla 21. Porcentaje de efecto de las distintas canteras en orden ascendente	46
Tabla 22. Datos para elaboración de planilla de frecuencia.....	47
Tabla 23. Distribución de frecuencias de Cantera Santa Ana	48
Tabla 24. Distribución de frecuencias de Cantera San Jacinto	49
Tabla 25. Distribución de frecuencias de Cantera San Blas.....	51
Tabla 26. Resumen de los valores de medidas de tendencia central	53
Tabla 27. Valores para determinar el intervalo de confianza al 95%.	54
Tabla 28. Cuadrados del efecto	55
Tabla 29. Cálculo de prueba Anova	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Agregado Natural.....	8
Figura 2. Agregado triturado.....	9
Figura 3. Proceso de fabricación de agregados triturados.....	9
Figura 4. Trituradora de mandíbula de efecto simple	10
Figura 5. Trituradora de mandíbulas de doble efecto.....	11
Figura 6. Trituradora giratoria.....	12
Figura 7. Trituradora de cono.....	12
Figura 8. Trituradora de impacto horizontal	13
Figura 9. Trituradora de impacto vertical.....	14
Figura 10. Molino de martillos.....	14
Figura 11. Agregados artificiales	15
Figura 12. Granulometría.....	19
Figura 13. Calibrador de partículas planas y alargadas.....	20
Figura 14. Degradación del agregado durante el ensayo	21
Figura 15. Especificaciones generales de la máquina de los Ángeles	23
Figura 16. Máquina de desgaste de los Ángeles.....	25
Figura 17. Ubicación de la cantera Santa Ana	29
Figura 18. Ubicación de la cantera San Jacinto.	30
Figura 19. Ubicación de la cantera San Blas.....	31
Figura 20. Pala, bolsa de yute y varilla de madera.....	33
Figura 21. Taras y bandejas.....	34
Figura 22. Balanza de 6 y 60 kg de capacidad.....	34
Figura 23. Horno y serie de tamices.....	34
Figura 24. Calibrador de partículas planas y alargadas.....	35
Figura 25. Brocha, cepillo metálico y cuchara.....	35
Figura 26. Esferas metálicas, llave y Alargador.....	35
Figura 27. Máquina de desgaste de los Ángeles	36
Figura 28. Proceso de cuarteo	36
Figura 29. Proceso de tamizado	38
Figura 30. Curva Granulométrica de cantera Santa Ana material natural.....	39

Figura 31. Proceso de separación de las partículas	39
Figura 32. Partículas fracturadas.....	40
Figura 33. Manipulación de la máquina de desgaste de los Ángeles.....	42
Figura 34. Histograma y Polígono de frecuencia de la Cantera Santa Ana	48
Figura 35. Frecuencias Acumuladas de Cantera Santa Ana.....	49
Figura 36. Histograma y Polígono de frecuencia de Cantera San Jacinto	50
Figura 37. Frecuencias Acumuladas de Cantera San Jacinto	50
Figura 38. Histograma y Polígono de frecuencia de Cantera San Blas	51
Figura 39. Frecuencias Acumuladas de Cantera San Blas	52
Figura 40. Extracción de material	61
Figura 41. Proceso de cuarteo	61
Figura 42. Pesaje de los agregados de granulometría	62
Figura 43. Proceso del ensayo de partículas planas y alargadas	62
Figura 44. Agregados separados entre planas y alargadas	63
Figura 45. Tamizado de los agregados.....	63
Figura 46. Introducción de agregados a la máquina de desgaste de los Ángeles.....	64
Figura 47. Manipulación de la máquina de los Ángeles después de las revoluciones.....	64
Figura 48. Finalización del triturado del agregado	65
Figura 49. Levantamiento de material	65
Figura 50. Tamizado de material después del desgaste.....	66
Figura 51. Lavado de material	66