

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS DE LA RELACIÓN DE ENSAYOS DE  
FRAGMENTACIÓN DINÁMICA DE LOS AGREGADOS  
PÉTREOS CON YACIMIENTOS DE LA REGIÓN**

Por:

**ABRAHAM ISAAC SINGURI FLORES**

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

**Julio de 2013**

**TARIJA – BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



**ANÁLISIS DE LA RELACIÓN DE ENSAYOS DE  
FRAGMENTACIÓN DINÁMICA DE LOS AGREGADOS  
PÉTREOS CON YACIMIENTOS DE LA REGIÓN**

Por:

**ABRAHAM ISAAC SINGURI FLORES**

**Julio de 2013**

**TARIJA – BOLIVIA**

**VºBº**

.....  
**ING. MARCELO H. PACHECO N.**

**DOCENTE GUÍA**

.....  
**ING. MSC. LUIS A. YURQUINA**

**DECANO FACULTAD**

**CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

.....  
**LIC. GUSTAVO SUCCI**

**VICEDECANO FACULTAD**

**CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

APROBADA POR:

.....  
**ING. LUIS A. YURQUINA.**

.....  
**ING. MARIO L. TICONA**

.....  
**ING. LAURA SOTO**

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

## **DEDICATORIA:**

A Dios, a mis padres Sr. Remigio Singuri y Sra. Casilda Flores, a mis hermanos: Ismael y Verónica, les dedico este trabajo ya que ellos fueron mi motivación y me demostraron que están a mi lado recorriendo el camino de la vida.

## **AGRADECIMIENTO:**

A Dios por estar siempre a mi lado en cada etapa de mi vida, por darme la fortaleza mental y espiritual necesaria para vencer los obstáculos que se presentan día a día.

A mis padres que siempre confiaron en mí, por el amor que me brindan y ahora me dan esta oportunidad de lograr uno de mis propósitos profesionales.

A mis hermanos: Ismael y Verónica y a todos mis amigos, por su comprensión y apoyo incondicional que influyó en la culminación de este proyecto.

## **PENSAMIENTO:**

Acuérdate de tu Creador en los días de tu **juventud**: antes que vengan los días malos, y lleguen los años de los cuales digas: “No tengo en ellos contentamiento”.

**Eclesiastés 12:1**

## ÍNDICE GENERAL

ADVERTENCIA

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

PENSAMIENTO

RESUMEN

### CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. JUSTIFICACION.....	4
1.3. PROBLEMA.....	6
1. 4. OBJETIVOS.....	6
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	6
1. 5. ALCANCE.....	7
1. 6. ELEMENTOS DE APOYO METODOLÓGICO.....	10

### CAPÍTULO II

2. 1. AGREGADOS PETREOS.....	12
2.1.1. DEFINICIÓN DE AGREGADOS PETREOS.....	12
2.1.2. TIPO DE AGREGADOS PETREOS.....	12
2.1.3. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS PETREOS.....	13
2.1.3.1. PROPIEDADES INDIVIDUALES.....	13
2.1.3.2. PROPIEDADES EN CONJUNTO.....	14
2.1.4. NATURALEZA PETROLÓGICA DE LOS AGREGADOS PETREOS.....	14

2.1.5. CONSIDERACIONES ACERCA DEL EMPLEO DE LOS AGREGADOS PETREOS .....	15
2.1.6. CLASIFICACIÓN DEL AGREGADO PÉTREO DE ACUERDO A SU TAMAÑO .....	16
2. 2. MATERIALES PÉTREOS PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS .....	20
2.2.1. DEFINICION Y CLASIFICACIÓN .....	20
2.2.2. REQUISITOS DE CALIDAD DE MATERIALES PETREOS PARA CARPETAS ASFÁLTICAS .....	21
2.2.3. ALMACENAMIENTO DE LOS AGREGADOS PÉTREOS .....	26
2. 3. DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO .....	28
2.3.1. ANÁLISIS TEÓRICO .....	28
2.3.2. RESISTENCIA AL DESGASTE .....	28
2. 4. PRUEBA DE DESGASTE DE LOS MATERIALES .....	29
2.4.1. MAQUINA DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES .....	29
2.4.2. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA .....	31
2. 5. FRAGMENTACIÓN DINÁMICA DE LOS AGREGADOS PÉTREOS .....	33
2.5.1. RESISTENCIA A LA FRAGMENTACION DE LOS AGREGADOS GRUESOS .....	33
2.5.2. EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN DINÁMICA .....	34
2.5.3. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA .....	35
 CAPÍTULO III	
3.1. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO .....	36
3.2. UBICACIÓN DE LOS YACIMIENTOS Y BANCOS DE PRÉSTAMO .....	36
3.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS .....	42
3.3.1. MUESTREO .....	42

3.3.2. ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA .....	42
3.3.3. DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO .....	46
3.3.4. DETERMINACION DEL TIPO DE AGREGADO .....	51
3.3.5. ENSAYOS DE DESGASTE DEL AGREGADO CON MÁQUINA DE LOS ÁNGELES .....	52
3.3.6. ENSAYOS DE FRAGMENTACIÓN DE LOS AGREGADOS PÉTREOS .....	66
3.4. ANALISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS .....	79
3.5. RELACIÓN DE LOS RESULTADOS DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES Y FRAGMENTACION DINÁMICA .....	81
 <b>CAPÍTULO IV</b>	
4.1. CONCLUSIONES .....	88
4.2. RECOMENDACIONES .....	89
BIBLIOGRAFÍA .....	90

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO 1 CARTA PEDIDO DE MATERIAL**

**ANEXO 2 MAPA GENERAL DE TOMA DE MUESTRA**

**ANEXO 3 CARTA SOLUCITUD PARA USAR LABORATORIO DE SEDECA (SERVICIO  
DEPARTAMENTAL DE CAMINOS)**

**ANEXO 4 CARTA SOLUCITUD PARA USAR LABORATORIO DE SUELOS  
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”**

**ANEXO 5 TABLAS DE ANALISIS GRANULOMETRICO DE MUESTRAS**

**ANEXO 6 TABLAS DE ENSAYO DE PESO UNITARIO DE MUESTRAS**

**ANEXO 7 PROCESO DE ELABORACIÓN DEL EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN DINÁMICA**

**ANEXO 8 NOTA DE ENTREGA DE EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN DINÁMICA**

**ANEXO 9 PRÁCTICA DE LOS ÁNGELES**

**ANEXO 10 PRÁCTICA FRAGMENTACIÓN DINÁMICA**

**ANEXO 11 TABLA PARA CLASIFICAR RELACIONES**

**ANEXO 12 CERTIFICACIÓN DE ENSAYOS REALIZADOS EN SEDECA (SERVICIO DEPARTAMENTAL DE CAMINOS)**

**ANEXO 13 TABLAS “ENSAYOS DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES DE MUESTRAS”**

**ANEXO 14 TABLAS “ENSAYOS DE FRAGMENTACIÓN DINÁMICA DE MUESTRAS”**

**ANEXO 15 GRÁFICAS DE COMPARACIÓN LA vs FD**

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>FIGURA 1 DESARROLLO DE LA INVESTIGACION</b> .....	<b>10</b>
<b>FIGURA 2 FORMA DE LAS PARTÍCULAS DE AGREGADO PÉTREO</b> .....	<b>22</b>
<b>FIGURA 3 ALMACENAMIENTO DE LOS AGREGADOS</b> .....	<b>27</b>
<b>FIGURA 4 ALMACENAMIENTO DE LOS AGREGADOS</b> .....	<b>27</b>
<b>FIGURA 5 ALMACENAMIENTO DE LOS AGREGADOS</b> .....	<b>27</b>
<b>FIGURA 6 ESQUEMA DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES</b> .....	<b>30</b>
<b>FIGURA 7 ESQUEMA Y FOTO DEL EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN DINAMICA</b> .....	<b>34</b>
<b>FIGURA 8 AGREGADO PÉTREO DE CHANCADORA ERICKA</b> .....	<b>37</b>
<b>FIGURA 9 AGREGADO PÉTREO DE CHANCADORA ERICKA</b> .....	<b>38</b>

<b>FIGURA 10 AGREGADO PÉTREO DE CHANCADORA SEDECA .....</b>	<b>38</b>
<b>FIGURA 11 AGREGADO PÉTREO DE CHANCADORA SEDECA .....</b>	<b>39</b>
<b>FIGURA 12 AGREGADO PÉTREO DE SELECCIONADORA LA PINTADA .....</b>	<b>39</b>
<b>FIGURA 13 AGREGADO PÉTREO DE SELECCIONADORA LA PINTADA .....</b>	<b>40</b>
<b>FIGURA 14 AGREGADO PÉTREO DE SELECCIONADORATARIJA .....</b>	<b>40</b>
<b>FIGURA 15 AGREGADO PÉTREO DE SELECCIONADORA LA TARIJA .....</b>	<b>41</b>
<b>FIGURA 16 AGREGADO PÉTREO DE SELECCIONADORA LA PINTADA .....</b>	<b>41</b>
<b>FIGURA 17 MUESTRA CHANCADORA SEDECA Y LA PINTADA .....</b>	<b>42</b>
<b>FIGURA 18 MOLDE Y VARILLA PARA ENSAYO DE PESO UNITARIO .....</b>	<b>46</b>
<b>FIGURA 19 MOLDE, VARILLA Y BALANZA (SEDECA).....</b>	<b>48</b>
<b>FIGURA 20 LLENADO DE LA ÚLTIMA CAPA EN EL MOLDE .....</b>	<b>48</b>
<b>FIGURA 21 ENRASADO EN EL MOLDE DE LOS AGREGADOS .....</b>	<b>49</b>
<b>FIGURA 22 PESADO DE LA MUESTRA EN EL MOLDE.....</b>	<b>49</b>
<b>FIGURA 23 MOLDE Y VARILLA USADOS PARA EL ENSAYO DE PESO UNITARIO (SEDECA).....</b>	<b>50</b>
<b>FIGURA 24 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA PARA INTRODUCIR A LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES.....</b>	<b>55</b>
<b>FIGURA 25 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA PARA INTRODUCIR A LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES .....</b>	<b>55</b>
<b>FIGURA 26 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA FRANJA B PESO 5000 gr.....</b>	<b>56</b>
<b>FIGURA 27 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA FRANJA B PESO 5000 gr.....</b>	<b>56</b>
<b>FIGURA 28 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA FRANJA B PESO 5000 gr.....</b>	<b>57</b>
<b>FIGURA 29 MEZCLADO DEL MATERIAL PARA SU POSTERIOR PESADO .....</b>	<b>57</b>

<b>FIGURA 30 PESADO DE LA MUESTRA EN LA BALANZA .....</b>	<b>58</b>
<b>FIGURA 31 MÁQUINA LISTA PARA INTRODUCIR LA MUESTRA .....</b>	<b>58</b>
<b>FIGURA 32 INTRODUCCIÓN DE LAS MUESTRAS A LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES .....</b>	<b>59</b>
<b>FIGURA 33 MUESTRA INTRODUCIDA EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES .....</b>	<b>59</b>
<b>FIGURA 34 DESTAPADO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES .....</b>	<b>60</b>
<b>FIGURA 35 MATERIAL EXTRAÍDO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES .....</b>	<b>60</b>
<b>FIGURA 36 MATERIAL EXTRAÍDO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES .....</b>	<b>61</b>
<b>FIGURA 37 MATERIAL EXTRAÍDO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES .....</b>	<b>61</b>
<b>FIGURA 38 MATERIAL EXTRAÍDO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES .....</b>	<b>62</b>
<b>FIGURA 39 TAMIZADO EN EL TAMIZ N.- 12 .....</b>	<b>62</b>
<b>FIGURA 40 TAMIZADO EN EL TAMIZ N.- 12 .....</b>	<b>63</b>
<b>FIGURA 41 MUESTRA SEPARADA POR TAMIZ N.- 12 .....</b>	<b>63</b>
<b>FIGURA 42 MUESTRA SEPARADA POR TAMIZ N.- 12 .....</b>	<b>64</b>
<b>FIGURA 43 MUESTRA SEPARADA POR TAMIZ N.- 12 .....</b>	<b>64</b>
<b>FIGURA 44 MUESTRA SEPARADA POR TAMIZ N.- 12 .....</b>	<b>65</b>
<b>FIGURA 45 PESADO DEL MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ N.- .....</b>	<b>65</b>
<b>FIGURA 46 MUESTRAS OBTENIDAS DE CADA ENSAYO DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES .....</b>	<b>70</b>
<b>FIGURA 47 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS .....</b>	<b>70</b>
<b>FIGURA 48 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS .....</b>	<b>71</b>
<b>FIGURA 49 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS .....</b>	<b>71</b>
<b>FIGURA 50 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS .....</b>	<b>72</b>
<b>FIGURA 51 COLOCADO DE LA MUESTRA EN EL MOLDE .....</b>	<b>72</b>

<b>FIGURA 52 UBICACIÓN DEL MOLDE EN EL EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN DINÁMICA I</b> .....	<b>73</b>
<b>FIGURA 53 UBICACIÓN DEL MOLDE EN EL EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN DINÁMICA II</b> .....	<b>73</b>
<b>FIGURA 54 REALIZACIÓN DEL ENSAYO DE FRAGMENTACIÓN DINÁMICA</b> .....	<b>74</b>
<b>FIGURA 55 EXTRACCIÓN DEL MOLDE CON EL MATERIAL ENSAYADO</b> .....	<b>75</b>
<b>FIGURA 56 VACIADO DEL MATERIAL ENSAYADO EN EL TAMIZ N.- 12</b> .....	<b>75</b>
<b>FIGURA 57 TAMIZADO DEL MATERIAL ENSAYADO EN EL TAMIZ N.- 12</b> .....	<b>76</b>
<b>FIGURA 58 MATERIAL TAMIZADO</b> .....	<b>76</b>
<b>FIGURA 59 VACIADO DEL MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ N.-12 PARA SU PESADO</b> .....	<b>77</b>
<b>FIGURA 60 PESADO DEL MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ N.-12</b> .....	<b>77</b>

#### **ÍNDICE DE TABLAS**

<b>TABLA 1 GRANULOMETRIA Y NUMERO DE GOLPES SEGÚN NORMA IRAM 1556</b> .....	<b>35</b>
<b>TABLA 2 GRANULOMETRIA UTILIZADA POR LA AASTHO PARA MEZCLAS ASFALTICAS</b> .....	<b>44</b>
<b>TABLA 3 GRANULOMETRIAS DE LOS BANCOS DE EXTRACCION DE MUESTRAS</b> .....	<b>45</b>
<b>TABLA 4 RESULTADO DE ENSAYOS DE PESO UNITARIO</b> .....	<b>47</b>
<b>TABLA 5 RESULTADOS DE LOS ÁNGELES</b> .....	<b>53</b>
<b>TABLA 6 RESULTADOS DE LOS ÁNGELES</b> .....	<b>53</b>
<b>TABLA 7 RESULTADOS DE ENSAYOS DE FRAGMENTACIÓN DINÁMICA</b> .....	<b>68</b>

<b>TABLA RESULTADOS DE FRAGMENTACIÓN DINÁMICA Y DESGASTE DE LOS ÁNGELES</b> .....	<b>78</b>
---	-----------

<b>TABLA 9 NORMA USADA POR BOLIVIA PARA ENSAYO DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES</b> .....	<b>85</b>
---	-----------

<b>TABLA 10 NORMA IRAM 1556 PARA USAR ENSAYO DE FRAGMENTACIÓN DINÁMICA</b> .....	<b>85</b>
--	-----------

<b>TABLA 11 VARIACIÓN ENTRE ENSAYOS DE LOS ÁNGELES Y FRAGMENTACIÓN DINÁMICA</b> .....	<b>86</b>
---	-----------

#### **ÍNDICE DE GRAFICAS**

<b>GRAFICA 1 CURVA GRANULOMETRICA UTILIZADA POR LA AASTHO PARA MEZCLAS ÁSFALTICAS</b> .....	<b>44</b>
---	-----------

<b>GRÁFICA 2 ECUACION GENERAL ENTRE ENSAYO DE LOS ÁNGELES Y FRAGMENTACIÓN DINÁMICA</b> .....	<b>81</b>
--	-----------

<b>GRAFICA 3 COMPORTAMIENTO DE LOS ÁNGELES Y FRAGMENTACIÓN DINÁMICA</b> .....	<b>86</b>
--	-----------