

# Índice General

AGRADECIMIENTOS .....	i
DEDICATORIA .....	ii
RESUMEN .....	iii
ABSTRACT .....	iii
Índice General.....	iv
Índice de Tablas .....	viii
Índice de Figuras.....	ix
<b>CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES.....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes y Motivación.....	2
1.2. Descripción del Problema .....	3
1.3. Solución Propuesta .....	3
1.4. Objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos .....	4
1.5. Alcances .....	4
1.6. Metodología y Herramientas Utilizadas .....	5
1.7. Resultados Esperados.....	5
1.8. Organización del Documento .....	6
<b>CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES TEÓRICOS .....</b>	<b>7</b>
2.1. Sistemas Dispersos .....	8
2.2. Análisis de Tamizado.....	8
2.3. Caracterización .....	10
2.3.1. Caracterización de partículas sólidas.....	10

2.3.2.	Forma de las partículas .....	10
2.3.3.	Tamaño de las partículas .....	11
2.3.4.	Tamaños de las partículas mezcladas y análisis de tamaños.....	11
2.4.	Distribución de Tamaño de Partículas .....	12
2.4.1.	Análisis incremental .....	12
2.4.2.	Análisis acumulativo.....	14
2.5.	Función Normal Logarítmica .....	17
2.6.	Técnicas de Reducción de Tamaño de Partículas.....	18
2.6.1.	Molinos de bolas.....	19
	<b>CAPÍTULO 3: PROTOCOLO</b> .....	21
3.1.	Protocolo .....	22
3.1.1.	Introducción.....	22
3.1.2.	Planteamiento del problema .....	22
3.1.3.	Objetivo general del protocolo .....	22
3.1.4.	Objetivos específicos .....	22
3.1.5.	Metodología.....	23
3.1.6.	Recepción del material.....	24
3.1.7.	Preparación del equipamiento .....	24
3.1.8.	Realización de las pruebas .....	25
3.1.9.	Representación de los datos .....	26
3.2.	Normativas Utilizadas.....	26
3.3.	Procedimiento General.....	27
3.3.1.	Recepción de las muestras .....	27
3.3.2.	Preparación del equipo de molienda.....	28
3.3.3.	Preparación del equipo de tamizado .....	29

3.3.4. Preparación de la balanza.....	31
3.3.5. Desarrollo de las pruebas .....	32
3.3.6. Registro de los datos .....	33
3.3.7. Análisis de los datos .....	35
3.3.8. Construcción de la curva de molienda.....	36
3.3.9. Tiempos de molienda.....	37
3.3.10. Tiempo de tamizado.....	40
<b>CAPÍTULO 4: RESULTADOS OBTENIDOS .....</b>	<b>42</b>
4.1. Resultados Obtenidos (muestra 2 kg, 8 bolas) .....	43
4.2. Resultados Obtenidos (muestra 2 kg, 4 bolas) .....	46
<b>CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>49</b>
5.1. Análisis de los Resultados (muestras 2 kg, 8 bolas) .....	50
5.2. Análisis de los Resultados (muestras 2 kg, 4 bolas) .....	54
5.3. Análisis del Consumo de Energía.....	59
<b>CAPÍTULO 6: CURVA DE MOLIENDA .....</b>	<b>61</b>
6.1. Curva de Molienda.....	62
6.1.1. Curva de molienda para ensayos con 2 kg y 8 bolas .....	62
6.1.2. Curva de molienda para ensayos con 2 kg y 4 bolas .....	64
6.1.3. Representatividad y reproducibilidad .....	67
CONCLUSIONES .....	69
REFERENCIAS .....	73
APÉNDICE .....	75
A. DATOS PARA MOLIENDAS CON 2 kg y 8 BOLAS (GRAVA ¾”) .....	76
B. DISTRIBUCIONES INCREMENTAL Y ACUMULATIVA (2 kg y 8 BOLAS).....	80

C. DATOS PARA MOLIENDAS CON 2 kg, 4 BOLAS (GRAVA $\frac{3}{4}$ " ) .....	87
D. DISTRIBUCIONES INCREMENTAL Y ACUMULATIVA (2 kg y 4 BOLAS).....	91
E. DETERMINACIÓN DE LA MASA A ESTUDIAR .....	98

## Índice de Tablas

TABLA 2.1 <i>Registro de datos</i> .....	9
TABLA 2.2 <i>Índices para las distribuciones</i> .....	17
TABLA 3.1 <i>Tiempo de molienda en cada prueba</i> .....	25
TABLA 3.2 <i>Registro de recepción de las muestras</i> .....	27
TABLA 3.3 <i>Tamices utilizados</i> .....	31
TABLA 3.4 <i>Registro de las fracciones de masa para cada una de las pruebas</i> .....	34
TABLA 3.5 <i>Análisis de tamización</i> .....	34
TABLA 3.6 <i>Parámetros para la confección de la curva</i> .....	36
TABLA 3.7 <i>Parámetros para la confección de curvas de molienda</i> .....	36
TABLA 4.1 <i>Datos de ensayos para 2 kg de material de grava, utilizando 8 bolas</i> .....	44
TABLA 4.2 <i>Datos de ensayos para 2 kg de material de grava, utilizando 4 bolas</i> .....	47
TABLA 5.1 <i>Parámetros eléctricos obtenidos</i> .....	60
TABLA 6.1 <i>Datos para curva de molienda (2 kg, 8 bolas)</i> .....	63
TABLA 6.2 <i>Datos para curva de molienda (2 kg, 4 bolas)</i> .....	65
TABLA 7.1 <i>Pérdidas de masa en muestras en los ensayos de 2 kg utilizando 8 bolas</i> .....	70

## Índice de Figuras

FIGURA 2.1 <i>Distribución incremental</i> .....	14
FIGURA 2.2 <i>Distribución acumulativa</i> .....	16
FIGURA 2.3 <i>Molino de bolas</i> .....	20
FIGURA 2.4 <i>Tablero de control del molino</i> .....	20
FIGURA 3.1 <i>Organigrama de actividades</i> .....	24
FIGURA 3.2 <i>Conjunto de tamices</i> .....	30
FIGURA 3.3 <i>Tamiz de fondo</i> .....	33
FIGURA 3.4 <i>Tapa de tamiz</i> .....	33
FIGURA 3.5 <i>Curva de molienda a obtener</i> .....	37
FIGURA 3.6 <i>Procedimiento ensayo pre-prueba</i> .....	38
FIGURA 4.1 <i>Aberturas del tamiz que afectan el tamizado</i> .....	45
FIGURA 4.2 <i>Muestra obtenida tras molienda al primer giro del molino</i> .....	47
FIGURA 4.3 <i>Fracción de masa de la muestra retenida en el tamiz N°200</i> .....	48
FIGURA 4.4 <i>Material a moler</i> .....	48
FIGURA 5.1 <i>Variación de la fracción de masa para clase 10 (2kg, 8 bolas</i> .....	50
FIGURA 5.2 <i>Distribución incremental para 52,4 min de molienda (2 kg, 8 bolas)</i> .....	51
FIGURA 5.3 <i>Distribución acumulativa para muestra de 2 kg molida tras 1.784 revoluciones y 8 bolas</i> .....	52
FIGURA 5.4 <i>Comportamiento de la molienda</i> .....	53

FIGURA 5.5 <i>Distribución incremental para muestra de 2 kg molida durante 1.784 revoluciones con 8 bolas</i> .....	54
FIGURA 5.6 <i>Variación de la masa de la clase 10 (2kg, 4bolas)</i> .....	55
FIGURA 5.7 <i>Distribución incremental para 52,4 min de molienda (2kg, 4bolas)</i> .....	56
FIGURA 5.8 <i>Distribución acumulativa para muestra de 2 kg molida tras 1.784 revoluciones y 4 bolas</i> .....	57
FIGURA 5.9 <i>Comportamiento de la molienda (2kg, 4 bolas)</i> .....	58
FIGURA 5.10 <i>Distribución incremental (2kg, 4 bolas)</i> .....	58
FIGURA 5.11 <i>Consumo de energía en cada una de las pruebas</i> .....	60
FIGURA 5.12 <i>Energía requerida en las pruebas realizadas</i> .....	60
FIGURA 6.1 <i>Curva de molienda (2 kg, 8 bolas)</i> .....	63
FIGURA 6.2 <i>Curva de molienda para finos</i> .....	64
FIGURA 6.3 <i>Curva de molienda (2 kg, 4 bolas)</i> .....	65
FIGURA 6.4 <i>Curva de molienda para finos (2kg, 4 bolas)</i> .....	66
FIGURA 6.5 <i>Comparación de dos pruebas para iguales condiciones de molienda</i> .....	67