

# ÍNDICE

<b>Resumen</b>	I
<b>Abstract</b>	II
<b>Índice</b>	III
<b>Nomenclatura</b>	VI
<b>1.0 Capítulo I : Introducción.</b>	
1.1 Antecedentes y motivación	2
1.2 Descripción de problema	2
1.3 Solución propuesta	2
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos	3
1.5 Alcances	3
1.6 Metodología y herramientas utilizadas	3
1.7 Resultados esperados	4
1.8 Organización de la memoria	4
<b>2.0 Capítulo II : Fundamentos teóricos.</b>	
2.1 Métodos de determinación de tamaño de micro partículas	6
2.2 Representación de la distribución de tamaño de micro partículas	7
2.3 Sedimentación	8
2.4 Conceptos de mecánica de fluidos	9
2.4.1 Viscosidad	9
2.4.2 Empuje y flotación	10
2.4.3 Flujo laminar	11
2.4.4 Numero de Reynolds	11
2.4.5 Aspectos hidrodinámicos	11
2.4.6 Fuerzas que actúan sobre una partícula	13
2.5 Métodos ópticos	19
2.5.1 Absorción y extinción	20
2.5.2 Ley de Lambert – Beer	20
2.6 Aspectos estadísticos	24
2.6.1 Coeficiente de correlación de Pearson	24

2.6.2	Pruebas de hipótesis	25
2.7	Software Excel de Microsoft®	27
3.0	<b>Capítulo III : Desarrollo.</b>	
3.1	Descripción del equipo de laboratorio	30
3.2	Descripción del equipo de referencia, espectrómetro de difracción láser Helos (Fa. Sympatec)	31
3.3	Partículas de Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	32
3.4	Datos obtenidos con el equipo de laboratorio	33
3.5	Datos obtenidos con el equipo de referencia espectrómetro de difracción láser Helos (Fa. Sympatec)	37
3.6	Calculo de correlación de Pearson	38
4.0	<b>Capitulo IV : Presentación y análisis de resultados</b>	
4.1	Resultados de la comparación de datos acumulativos	42
4.2	Resultados de la comparación de datos incrementales	45
	<b>Conclusiones</b>	49
	<b>Bibliografía</b>	51
	<b>Anexos</b>	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	Diagramas de distribución de micro partículas	7
Figura 2.2.	Esquema del proceso de sedimentación y análisis ópticos de partículas	8
Figura 2.3.	Diagrama de viscosidad	9
Figura 2.4	Diagrama de fuerzas que actúan sobre una partícula esférica suspendida en un medio acuoso	12
Figura 2.5.	Comportamiento del coeficiente de arrastre respecto al número de Reynolds	15
Figura 2.6.	Interacción de una partícula sometida a un campo de radiación Electromagnética	20
Figura 2.7.	Comportamiento de la extinción con respecto a la concentración volumétrica	22
Figura 2.8.	Curva T de Student	27
Figura 2.9.	Hoja de trabajo en Excel ®	28

Figura 3.1.	Esquema de la celda de sedimentación construida con materiales estándar y de bajo costo	30
Figura 3.2.	Fotografía de micro partículas Geltech 1,5 $\mu\text{m}$	32
Figura 3.3.	Diagrama de distribución acumulativa obtenida con el equipo de laboratorio	33
Figura 3.4.	Diagrama de distribución incremental obtenida con el equipo de laboratorio	34
Figura 3.5.	Comportamiento de la transmisión en términos de tensión eléctrica respecto del tiempo	35
Figura 3.6.	Comportamiento de la extinción en términos de tensión eléctrica respecto del Tiempo	36
Figura 3.7.	Gráfico de distribución de tamaño incremental y acumulativo de micro Partículas	37
Figura 3.8.	Función "Pearson" en Microsoft Excel ®.	38
Figura 3.9.	Función "DISTR.T.2C" en Microsoft Excel ®	40
Figura 4.1.	Gráfico de distribución acumulativa para el equipo Helos y el equipo de Laboratorio	42
Figura 4.2.	Gráfico de distribución acumulativa para el equipo Helos y el equipo de laboratorio, utilizando solo las medidas a comparar	44
Figura 4.3.	Gráfico de distribución incremental para el equipo Helos y el equipo de Laboratorio	46
Figura 4.4.	Gráfico de distribución incremental para el equipo Helos y el equipo de laboratorio, utilizando solo las medidas a comparar	47

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1.	Medidas utilizadas para la comparación de datos acumulativos	43
Tabla 4.2.	Cálculos necesarios para la comparación de datos acumulativos realizados en Excel ®	44
Tabla 4.3.	Medidas utilizadas para la comparación de datos incrementales	47
Tabla 4.4.	Cálculos necesarios para la comparación de datos incrementales realizados en Excel ®	48

## MENCLATURA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	UNIDAD
$\mu$	: Viscosidad dinámica del fluido	Pa·s
$\tau$	: Esfuerzo de corte	N/m <sup>2</sup>
$F_f$	: Fuerza de flotación	N
$V$	: Volumen	m <sup>3</sup>
$\gamma$	: Peso específico de un fluido	N/m <sup>3</sup>
$F_{ext}$	: Fuerzas externas	N
$m_p$	: Masa de la partícula	kg
$y$	: Posición en el eje vertical	m
$t$	: Tiempo	s
$\ddot{y}$	: Aceleración absoluta de la partícula	m/s <sup>2</sup>
$W_p$	: Peso propio de la partícula	N
$F_f$	: Fuerza de flotación sobre la partícula	N
$F_a$	: Fuerza de arrastre viscoso sobre la partícula	N
$\rho_p$	: Densidad de la partícula	kg/m <sup>3</sup>
$g$	: Aceleración de gravedad	m/s <sup>2</sup>
$V_p$	: Volumen de la partícula	m <sup>3</sup>
$m_f$	: Masa del fluido	kg
$\rho_f$	: Densidad del fluido	kg/m <sup>3</sup>
$C_a$	: Coeficiente de arrastre	-
$A_p$	: Área transversal a la dirección de escurrimiento de la partícula	m <sup>2</sup>
$v_s$	: Velocidad relativa de la partícula respecto del fluido	m/s
$X$	: Diámetro medio de la partícula	m
$Re$	: Número de Reynolds	-
$\mu_f$	: Viscosidad dinámica de la partícula	Pa·s
$v_{st}$	: Velocidad de Stokes	m/s
$v_{absoluta}$	: Velocidad absoluta de la partícula	m/s
$v_{fluido}$	: Velocidad absoluta del fluido	m/s
$T$	: Transmisión	-

$I$	: Intensidad luminosa que atraviesa un fluido con material Particulado suspendido	$\Omega$
$I_0$	: Intensidad luminosa que atraviesa el líquido libre	$\Omega$
$E$	: Extinción	-
$A_p$	: Área específica de extinción	1/m
$C_v$	: Concentración volumétrica	-
$L$	: Ancho de la cubeta que contiene la suspensión	m
$K(x)$	: Función coeficiente de extinción	-
$q_3(x)$	: Función de distribución incremental de tamaño de partícula	1/m
$Q_3(x)$	: Función distribución acumulativa de tamaño de partícula	-
$x_0$	: Diámetro inicial de partícula	m
$x_n$	: Diámetro final de partícula	m
$r_{xy}$	: Coeficiente de correlación de Pearson.	-
$\sigma_{xy}$	: Covarianza.	-
$\sigma_x$	: Desviación estándar en x.	-
$\sigma_y$	: Desviación estándar en y.	-
$\bar{x}$	: Media aritmética de los datos de la variables x.	-
$\bar{y}$	: Media aritmética de los datos de la variable y.	-
$N$	: Número total de datos de la muestra.	-