



**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA
SANTANDER**
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



RESUMEN – TESIS DE GRADO

AUTORES MAIRA YANETH PÉREZ MONCADA

FACULTAD INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

DIRECTOR CARMEN LEONOR BARAJAS FORERO

TITULO DE LA TESIS ESTUDIO DE LAS VARIABLES QUE INTERVIENEN EN
EL PROCESO DE FILTRACIÓN DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO EL
PÓRTICO DE LA E.I.S CÚCUTA E.S.P. E IMPLEMENTACIÓN DE LOS
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN

RESUMEN

Este estudio evalúa el estado actual del Sistema de Filtración de las plantas de tratamiento de agua potable El Pórtico de la E.I.S CUCUTA E.S.P., analizando las variables principales que lo afectan y siguiendo las metodologías existentes planteadas por la CEPIS (Centro Panamericano De Ingeniería Sanitaria). Así mismo, se establecen parámetros de control para mejorar la eficiencia y productividad del sistema de filtración beneficiándose la empresa y la comunidad.

CARACTERÍSTICAS

PAGINAS 324 **PLANOS** _____ **ILUSTRACIONES** _____ **CD-ROM** 1

**ESTUDIO DE LAS VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE
FILTRACIÓN DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO EL PÓRTICO DE LA
E.I.S CÚCUTA E.S.P. E IMPLEMENTACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE
MEDICIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN**

MAIRA YANETH PÉREZ MONCADA

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2004**

**ESTUDIO DE LAS VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE
FILTRACIÓN DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO EL PÓRTICO DE LA
E.I.S CÚCUTA E.S.P. E IMPLEMENTACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE
MEDICIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN**

MAIRA YANETH PÉREZ MONCADA

**Proyecto de grado presentado para optar al título de
Ingeniero de Producción Industrial**

**Director
CARMEN LEONOR BARAJAS FORERO
Ph D en Ciencias Ambientales**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL
SAN JOSE DE CÚCUTA
2004**



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: Cúcuta, 7 de diciembre de 2004

HORA: 16:00

LUGAR: Sala 4 - Edificio CREAD

Plan de estudio: INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

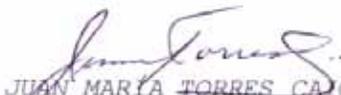
Título de la tesis: "ESTUDIO DE LAS VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE FILTRACIÓN DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO EL PÓRTICO DE LA E.I.S CÚCUTA E.S.P. E IMPLEMENTACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN"

Jurados: JUAN MARÍA TORRES CAICEDO
PEDRO SAÚL RIVERA CARVAJAL
JESÚS ERNESTO URBINA CÁRDENAS

Director: CARMEN LEONOR BARAJAS FORERO

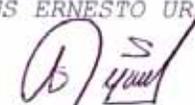
Nombre de los estudiantes	Código	Calificación
		Letra Número
MAIRA YANETH PÉREZ MONCADA	190398	Cuatro, cuatro 4,4

A P R O B A D A


JUAN MARÍA TORRES CAICEDO


PEDRO SAÚL RIVERA CARVAJAL


JESÚS ERNESTO URBINA CÁRDENAS


Vo.Bo. FABIO ORLANDO SEGURA ESCOBAR
Coordinador Comité Curricular
Ingeniería de Producción Industrial

Jeannette C.

Quise encontrar el mejor motivo, la mejor razón, la palabra más exacta, y todo se resume en GRACIAS DIOS, por permitirme llegar y brindarme este nuevo camino.

A mis padres Ramón y María por su creación y educación.

A mis hermanos David, Ayarid y Adrian por su cariño.

A mis sobrinas Lucero y Tita por su dulzura.

Maira Yaneth

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa sus agradecimientos a:

Dr. Edigson Pérez Bedoya y Judith Stella Velásquez, Gerentes de la E.I.S. Cúcuta E.S.P, por el aval dado para la realización del proyecto.

Dra. Carmen Leonor Barajas, directora del proyecto, por los conocimientos compartidos.

María Eugenia Moreno Hernández, Jefe del Departamento Laboratorio de agua de la Planta de tratamiento El Pórtico, por su apoyo incondicional.

Alvaro A. Mojica, por su compañerismo.

Los Operadores y ayudantes de operación de La Planta de Tratamiento El Pórtico: Gladys Vargas, Gustavo Acevedo, Modesto Contreras, Jorge Caballero, Pedro Pablo Silva, Primitivo Torres, Oscar Gómez y Guillermo Soto, por su colaboración, ya que sin ella no hubiese sido posible la realización del presente proyecto.

Virgilio Jácome, Jefe de operación de la Planta de Tratamiento El Pórtico, por su amistad y apoyo.

Eduardo Noya, Jefe de Mantenimiento de la Planta de Tratamiento El Pórtico por su ayuda para llevar a cabo el proyecto.

Cecilia y Freddy por su colaboración para llevar a feliz término este proyecto.

Todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron para la realización del presente proyecto.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	26
1. PROBLEMA	27
1.1 TITULO	27
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	27
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	28
1.4 DELIMITACIÓN	28
1.4.1 Delimitación espacial	28
1.4.2 Delimitación temporal	28
1.4.3 Delimitación conceptual	28
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	28
1.6 OBJETIVOS	29
1.6.1 General	29
1.6.2 Específicos	29

1.7 LIMITACIONES	29
2. MARCO DE REFERENCIA	31
2.1 ANTECEDENTES	31
2.2 BASES CONTEXTUALES	32
2.2.1 Características de los filtros de la planta 1	32
2.2.2 Características de los filtros de la planta 2	34
2.3 BASES TEÓRICAS	36
2.3.1 Factores que influyen en la filtración	37
2.3.2 Sistemas de filtración	39
2.3.3 Control del proceso de filtración	42
2.4 BASES LEGALES	45
3. DISEÑO METODOLÓGICO	46
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	46
3.2 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN	46
3.2.1 Observación directa	46
3.2.2 Pruebas de las variables de estudio	46

3.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	47
3.4 ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO	47
3.5 RESULTADOS DEL PROCESO	47
4. DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTOS	48
4.1 VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE FILTRACIÓN	48
4.1.1 Velocidad y caudal de filtración	48
4.1.2 Pérdida de carga	49
4.1.3 Fluctuaciones de presión en el filtro	50
4.1.4 Índice de penetración e índice de dureza del flóculo	51
4.1.5 Número de Mintz	52
4.1.6 Calidad del filtrado inicial	53
4.1.7 Eficiencia del proceso	54
4.2 VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL LECHO FILTRANTE	55
4.2.1 Granulometría del medio filtrante	55
4.2.2 Bolas de lodo	57

4.3 VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE LAVADO	58
4.3.1 Caudal y velocidad de lavado del filtro	58
4.3.2 Expansión del lecho filtrante	59
4.3.3 Duración del proceso de lavado	60
4.3.4 Desplazamiento de la grava	61
5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	62
5.1 VELOCIDAD Y CAUDAL DE FILTRACIÓN	62
5.1.1 Filtros planta 1	63
5.1.2 Filtros planta 2	66
5.2 PERDIDA DE CARGA	70
5.2.1 Pérdida de carga planta 1	70
5.2.2 Pérdida de carga planta 2	75
5.3 FLUCTUACIONES DE PRESIÓN	80
5.3.1 Fluctuaciones de presión filtros planta 1	82
5.3.2 Fluctuaciones de presión filtros planta 2	83

5.4	ÍNDICE DE PENETRACIÓN E ÍNDICE DE DUREZA DEL FLOCULO	86
5.5	NUMERO DE MINTZ	86
5.5.1	Número de Mintz filtros planta 1	86
5.5.2	Número de Mintz filtros planta 2	100
5.6	CALIDAD DEL FILTRADO INICIAL	133
5.6.1	Calidad del filtrado inicial filtros planta 1	133
5.6.2	Calidad de filtrado inicial filtros planta 2	133
5.7	EFICIENCIA DEL PROCESO	148
5.7.1	Calidad del agua filtrada	148
5.7.2	Correlación turbiedad agua sedimentada-turbiedad filtrada	153
5.8	CARACTERÍSTICAS DEL LECHO FILTRANTE	153
5.8.1	Granulometría del medio filtrante	153
5.8.2	Bolas de lodo	167
5.9	CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE LAVADO	169
5.9.1	Caudal y velocidad de lavado	169
5.9.2	Duración del proceso de lavado	174

5.9.3 Expansión del lecho filtrante	194
5.9.4 Perfil del lecho de grava	195
5.10 OTROS	197
5.10.1 Ensayos bacteriológicos filtros planta 1	197
5.10.2 Ensayos bacteriológicos filtros planta 2	198
6. ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS	200
6.1 PROCESO DE LAVADO	200
6.1.1 Velocidad de lavado	200
6.1.2 Extensión periodo de lavado y calidad filtrado inicial	202
6.2 REDUCCIÓN CAUDAL DE FILTRACIÓN	206
6.3 CALIDAD AGUA FILTRADA	210
6.4 LECHOS FILTRANTES	214
7. CONCLUSIONES	220
8. RECOMENDACIONES	222
BIBLIOGRAFÍA	224
ANEXOS	225