

**EVALUACIÓN TÉCNICA DEL STREAMING CURRENT (EQUIPO DE  
DOSIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE COAGULANTE) E IMPLEMENTACIÓN EN  
LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CENTENARIO DE EMPOPASTO  
S.A. E.S.P.**

**LUIS ALBERTO CASTILLO JOJOA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN  
SAN JUAN DE PASTO  
2003**

**EVALUACIÓN TÉCNICA DEL STREAMING CURRENT (EQUIPO DE  
DOSIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE COAGULANTE) E IMPLEMENTACIÓN EN  
LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CENTENARIO DE EMPOPASTO  
S.A. E.S.P.**

**LUIS ALBERTO CASTILLO JOJOA**

**Trabajo presentado como requisito para optar  
el título de Ingeniero Civil**

**Directora  
GLORIA RODRÍGUEZ MARTÍNEZ  
INGENIERA CIVIL**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN  
SAN JUAN DE PASTO  
2003**

**Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado son responsabilidad exclusiva del autor.**

**Artículo 1º del acuerdo No. 324 del 11 de Octubre de 1966, emanado del honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.**

Dedico este trabajo a mi Madre, quien a luchado y me ha acompañado día a día en este corto camino recorrido de mi vida, quien me conoce y a sabido llevarme de su mano en los momentos mas difíciles y en aquellos cuando hemos sido felices, pocas palabras existen para expresarte madre la gratitud hacia ti por tu dedicación y amor que siempre haz tenido hacia mi. A mi Hermana por la lucha constante, sus enseñanzas con las cuales he logrado desatar mis miedos y me han permitido ser mejor; a mi Padre sus colaboración y ejemplos de vida, quien siempre me ha hecho ver la vida de una manera diferente. A mi novia por acompañarme y ser mi mejor amiga y a DIOS mi mejor amigo quien todo me ha dado y en quien pongo en sus manos toda mi vida.

*Luis Alberto Castillo Jojoa.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Reconocimiento especial a la EMPOPASTO S.A. E.S.P. a cargo del Doctor Germán Córdoba Ordóñez, por darme la oportunidad de desarrollar mi trabajo de pasante y contar con su constante apoyo.

Enorme admiración y gratitud a la Ingeniera Civil Gloria Rodríguez Martínez, Jefe del Departamento de Producción de EMPOPASTO S.A. E.S.P. y directora del presente Trabajo de Grado, quién inspiró en mí la responsabilidad, la calidad y la organización, adquiriendo conocimientos fundamentales, bases que sabré aplicar en el transcurso de mi profesión y vida personal.

Respeto y admiración al Ingeniero Ramiro Erazo, Jefe de Operaciones planta Centenario de EMPOPASTO S.A. E.S.P. e igualmente al Ingeniero Jaime Wilson Velandia, Gerente Bioscience Ltda.

A la Universidad de Nariño primordialmente a la Facultad de Ingeniería, docentes y personal administrativo, por mi formación profesional.

A mis amigos y compañeros quienes creyeron en mí y brindaron su amistad para alcanzar una de las tantas metas que se debe conseguir en la vida.

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCIÓN	17
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
2. JUSTIFICACIÓN	26
3. DELIMITACIÓN	27
4. OBJETIVOS	28
4.1. OBJETIVO GENERAL	28
4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
5. MARCO TEÓRICO	29
5.1. ASPECTOS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE POTABILIZACIÓN	29
5.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS PARTÍCULAS	29
5.3. FUNCIONAMIENTO DEL STREAMING CURRENT	30
5.3.1. Principio de medición del Streaming Current.	30
5.3.2. Potencial zeta.	31
5.3.3. Factores de respuesta del Streaming Current.	32
6. METODOLOGÍA	33
6.1. INVESTIGACIÓN PRELIMINAR	33
6.2. SEGUIMIENTO DEL PROYECTO	33
7. CRONOGRAMA	34
8. ANÁLISIS	35
8.1. ANÁLISIS TÉCNICO	37
8.2. ANÁLISIS GASTO DE COAGULANTE	90
8.2.1. Calculo del caudal de sulfato de aluminio suministrado.	91
8.3. OBSERVACIONES	91
8.4. CONCLUSIONES	92
8.5. ENCUESTA A LOS OPERADORES	93
8.5.1. Resultados encuesta a operadores.	94
8.6. ANÁLISIS BOMBAS DOSIFICADORAS	95
8.6.1. Bombas dosificadoras de sulfato de aluminio.	95
8.7. VARIADORES DE FRECUENCIA	97
8.7.1. El convertidor de frecuencia.	98
8.7.2. Aplicaciones.	101
8.7.3. Industrias donde se utilizan.	102
8.7.4. Selección de un variador de velocidad.	103
8.7.4.1. Circuito recomendado.	104
8.7.4.2. Recomendaciones de instalación.	105
8.7.5. Variador de frecuencia utilizado en la Planta Centenario.	106
8.8. FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS DOSIFICADORAS CON LOS VARIADORES DE FRECUENCIA	109

	<b>pág.</b>
8.8.1. Arreglo de grafica.	127
9. TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA CONTRATACIÓN	13
9.1. CONDICIONES GENERALES	133
9.1.1. Normas aplicables en el proceso.	133
9.1.2. Objeto.	133
9.1.3. Presupuesto oficial estimado.	133
9.1.4. Justificación técnica del proyecto.	133
9.1.5. Alcance de los servicios a contratarse.	134
9.1.6. Visita a la zona de los trabajos.	136
9.1.7. Participantes.	136
9.1.8. Consorcios y uniones temporales.	136
9.1.9. Cronograma de contratación.	137
9.1.10. Apertura de la invitación pública.	137
9.1.11. Consulta de los términos de referencia.	138
9.1.12. Aclaraciones y modificaciones a los términos de referencia.	138
9.1.13. Valor y venta de términos de referencia.	139
9.1.14. Cierre de la invitación pública y apertura de propuestas.	139
9.1.15. Informe de evaluación para observación de los oferentes.	139
9.1.16. Presentación de correspondencia.	139
9.2. INSTRUCCIONES A LOS PROPONENTES	139
9.2.1. Forma de presentación de las propuestas.	139
9.2.2. Precios unitarios de la oferta.	140
9.2.3. Garantías de equipos	140
9.2.4. Vigencia y plazo de ejecución del contrato	140
9.3. PAGOS Y DEDUCCIONES	141
9.3.1. Anticipo y pagos parciales	141
9.3.2. Impuestos	141
9.3.3. Deduciones	141
9.4. GARANTÍAS	141
9.4.1. Póliza única	142
9.4.2. Amparo de la póliza única	142
9.4.3. Reglas para evaluar la suficiencia de las garantías.	142
9.4.4. Aprobación de la garantía.	143
9.4.5. Ejecución de la garantía única.	143
9.5. REQUISITOS, DOCUMENTOS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN	144
9.5.1. Organismo competente para la evaluación de las propuestas.	144
9.5.2. Corrección aritmética.	144
9.5.3. Factores de selección.	144
9.5.3.1. Documentos esenciales de la propuesta no subsanables.	144
9.5.3.2. Carta de presentación de la propuesta.	144
9.5.3.3. Certificado de existencia y representación legal vigente.	145
9.5.3.3.1. Personas jurídicas.	145

	<b>pág.</b>
9.5.3.4. Propuestas conjuntas.	145
9.5.3.5. Certificado vigente de inscripción, registro y clasificación en el registro único de proponentes.	145
9.5.3.6. Garantía de seriedad de la oferta.	146
9.5.3.7. Documentación técnica y financiera.	147
9.5.4. Criterios de evaluación de las propuestas y puntaje	147
9.5.4.1. Puntaje para la evaluación.	148
9.5.5. Puntaje total y adjudicación.	152
9.5.6. Adjudicación parcial.	152
9.6. CAUSALES DE NO ACEPTACIÓN DE PROPUESTAS	152
10. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL SISTEMA	153
10.1. OBJETIVO	153
10.2. COMPONENTES DEL PROYECTO	153
10.2.1. Equipos.	153
10.2.1.1. Streaming Current monitor.	153
10.2.1.2. Sistema de monitoreo y control (unidad terminal).	155
10.2.1.3. Una plataforma para PC compacta con disco duro integral.	155
10.2.1.4. Un modulo remoto I/O.	156
10.2.1.5. Computador para visualización del sistema.	156
10.2.1.6. Suministro e instalación de dos -2 bombas dosificadoras para coagulante.	157
10.2.1.7. Automatización de cuatro -4 bombas dosificadoras existentes.	158
10.2.1.8. Inclusión de las señales del sistema de monitoreo de calidad de agua de la planta centenario.	159
10.2.1.9. Instalaciones y montajes.	159
10.2.1.10. Entrega y puesta en marcha.	159
10.3. ANEXO TÉRMINOS DE REFERENCIA No.1	160
10.4. ANEXO TÉRMINOS DE REFERENCIA No.2	162
10.5. ADJUDICACIÓN	162
11. DISEÑO DE MÍMICOS DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE DOSIFICACIÓN	163
12. IMPLEMENTACIÓN	170
13. CONCLUSIONES	182
14. RECOMENDACIONES	184
BIBLIOGRAFÍA	185
 ANEXO	
A. Esquema de implementación	187



## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Equipo utilizado para realizar la prueba de Jarras	24
Figura 2. Fuerzas eléctricas microscópicas para formar el Flor	30
Figura 3. Esquema del pistón resiprocante del Streaming Current	30
Figura 4. Partícula cargas eléctricas dentro del pistón	31
Figura 5. Pistón del Streaming Current en Movimiento	31
Figura 6. Esquema Laboratorio para medición del Potencial Z	31
Figura 7. Agua cruda con turbidez y color altos 12 de mayo	37
Figura 8. Apariencia del Sedimentador de placas el 12 de Mayo al tratar el agua de la figura 7	38
Figura 9. Resultados dosificación Automática y manual 1 de Mayo de 2003	40
Figura 10. Resultados dosificación Automática y manual 2 de Mayo de 2003	42
Figura 11. Resultados dosificación Automática y manual 3 de Mayo de 2003	44
Figura 12. Resultados dosificación Automática y manual 4 de Mayo de 2003	46
Figura 13. Resultados dosificación Automática y manual 5 de Mayo de 2003	48
Figura 14. Resultados dosificación Automática y manual 6 de Mayo de 2003	50
Figura 15. Resultados dosificación Automática y manual 7 de Mayo de 2003	52
Figura 16. Resultados dosificación Automática y manual 8 de Mayo de 2003	54
Figura 17. Resultados dosificación Automática y manual 9 de Mayo de 2003	56
Figura 18. Resultados dosificación Automática y manual 10 de Mayo de 2003	58
Figura 19. Resultados dosificación Automática y manual 11 de Mayo de 2003	60
Figura 20. Resultados dosificación Automática y manual 12 de Mayo de 2003	62
Figura 21. Resultados dosificación Automática y manual 13 de Mayo de 2003	64
Figura 22. Resultados dosificación Automática y manual 14 de Mayo de 2003	66
Figura 23. Resultados dosificación Automática y manual 15 de Mayo de 2003	68
Figura 24. Resultados dosificación Automática y manual 16 de Mayo de 2003	70
Figura 25. Resultados dosificación Automática y manual 17 de Mayo de 2003	72
Figura 26. Resultados dosificación Automática y manual 18 de Mayo de 2003	74
Figura 27. Resultados dosificación Automática y manual 19 de Mayo de 2003	76
Figura 28. Resultados dosificación Automática y manual 24 de Mayo de 2003	78
Figura 29. Resultados dosificación Automática y manual 25 de Mayo de 2003	80
Figura 30. Resultados dosificación Automática y manual 26 de Mayo de 2003	82
Figura 31. Resultados dosificación Automática y manual 27 de Mayo de 2003	84
Figura 32. Resultados dosificación Automática y manual 28 de Mayo de 2003	86
Figura 33. Calidad de agua cruda turbidez mayo de 2003	87
Figura 34. Calidad de agua tratada turbidez mayo de 2003	88
Figura 35. Ponderación de los sistemas de dosificación realizado por los operadores de la Planta Centenario de Empopasto S.A. E.S.P.	94
Figura 36. UNIDAD AR 91 Sodi Scientifica Para Control Automático no existente en la Planta Centenario	96

	<b>pág.</b>	
Figura 37.	Dimensiones de las bombas (capacidad de 240 l/h)	96
Figura 38.	Comportamiento variadores de frecuencia	98
Figura 39.	Diagrama Electrónico Típico	99
Figura 40.	Diagrama Frecuencia de Trabajo	100
Figura 41.	Micromaster 420	106
Figura 42.	Apertura de Bomba al 100%	110
Figura 43.	Apertura de Bomba al 90%	111
Figura 44.	Apertura de Bomba al 80%	112
Figura 45.	Apertura de Bomba al 70%	113
Figura 46.	Apertura de Bomba al 60%	114
Figura 47.	Apertura de Bomba al 50%	115
Figura 48.	Apertura de Bomba al 40%	116
Figura 49.	Apertura de Bomba al 30%	117
Figura 50.	Apertura de Bomba al 20%	118
Figura 51.	Apertura de Bomba al 10%	119
Figura 52.	Esquema lineal Dosificación al 100% de Apertura	120
Figura 53.	Esquema lineal Dosificación al 90% de Apertura	121
Figura 54.	Esquema lineal Dosificación al 80% de Apertura	121
Figura 55.	Esquema lineal Dosificación al 70% de Apertura	122
Figura 56.	Esquema lineal Dosificación al 60% de Apertura	122
Figura 57.	Esquema lineal Dosificación al 50% de Apertura	123
Figura 58.	Esquema lineal Dosificación al 40% de Apertura	123
Figura 59.	Esquema lineal Dosificación al 30% de Apertura	124
Figura 60.	Esquema lineal Dosificación al 20% de Apertura	124
Figura 61.	Esquema lineal Dosificación al 10% de Apertura	125
Figura 62.	Resumen dosificación bombas 1	126
Figura 63.	Resumen dosificación bombas 2	131
Figura 64.	Pagina de presentación del sistema	163
Figura 65.	Pagina visualización Procesos	164
Figura 66.	Pagina de visualización Estado SCM.	165
Figura 67.	Pagina visualización Tendencias	166
Figura 68.	Pagina de visualización Control bombas	166
Figura 69.	Configuración salidas digitales	167
Figura 70.	Configuración control	167
Figura 71.	Configuración entradas análogas	168
Figura 72.	Reportes	169
Figura 73.	Planta Centenario San Juan de Pasto Empopasto S.A. E.S.P.	170
Figura 74.	Cuarto de dosificación (1)	170
Figura 75.	Cuarto de dosificación (2)	171
Figura 76.	Tanque de Poli cloruro de Aluminio (coagulante)	171
Figura 77.	Cuarto de Dosificación caída de Coagulante	172
Figura 78.	Tubería direccionamiento de coagulante al punto de aplicación	172

	<b>pág.</b>
Figura 79. Ubicación de Sedimentador Convencional y de Placas	173
Figura 80. Punto de Dosificación Sedimentador Convencional	173
Figura 81. Punto de Dosificación Sedimentador de Placas	174
Figura 82. Puntos de Dosificación	174
Figura 83. Variadores de Frecuencia	175
Figura 84. Tres Módulos Remotos I/O para integración de señales	175
Figura 85. Pantalla de Visualización IQ Net (Sistema de Calidad)	176
Figura 86. Variadores de Frecuencia	176
Figura 87. Bombas sumergibles para succión de la muestra	177
Figura 88. Sensor Streaming Current	177
Figura 89. Cuarto de Control para Operadores	178
Figura 90. Visualización sistema Web Trac.	178
Figura 91. Plataforma para PC W.A.C. y Computador para el sistema	179
Figura 92. Sensor Sedimentador de Placas	179
Figura 93. Sensor Sedimentador Convencional	180
Figura 94. Calidad Agua Sedimentada	180
Figura 95. Recolección de Agua Sedimentada	181
Figura 96. Agua de Entrada a la Planta	181

## LISTA DE CUADROS

	<b>pág.</b>
Cuadro 1. Comparación de funcionamiento manual Sedimentador Convencional Vs Sedimentador de Placas	36
Cuadro 2. Calidad de Agua Mayo 1 de 2003	39
Cuadro 3. Calidad de Agua Mayo 2 de 2003	41
Cuadro 4. Calidad de Agua Mayo 3 de 2003	43
Cuadro 5. Calidad de Agua Mayo 4 de 2003	45
Cuadro 6. Calidad de Agua Mayo 5 de 2003	47
Cuadro 7. Calidad de Agua Mayo 6 de 2003	49
Cuadro 8. Calidad de Agua Mayo 7de 2003	51
Cuadro 9. Calidad de Agua Mayo 8de 2003	53
Cuadro 10. Calidad de Agua Mayo 9 de 2003	55
Cuadro 11. Calidad de Agua Mayo 10 de 2003	57
Cuadro 12. Calidad de Agua Mayo 11 de 2003	59
Cuadro 13. Calidad de Agua Mayo 12 de 2003	61
Cuadro 14. Calidad de Agua Mayo 13 de 2003	63
Cuadro 15. Calidad de Agua Mayo 14 de 2003	65
Cuadro 16. Calidad de Agua Mayo 15 de 2003	67
Cuadro 17. Calidad de Agua Mayo 16 de 2003	69
Cuadro 18. Calidad de Agua Mayo 17 de 2003	71
Cuadro 19. Calidad de Agua Mayo 18 de 2003	73
Cuadro 20. Calidad de Agua Mayo 19 de 2003	75
Cuadro 21. Calidad de Agua Mayo 24 de 2003	77
Cuadro 22. Calidad de Agua Mayo 25 de 2003	79
Cuadro 23. Calidad de Agua Mayo 26 de 2003	81
Cuadro 24. Calidad de Agua Mayo 27 de 2003	83
Cuadro 25. Calidad de Agua Mayo 28 de 2003	85
Cuadro 26. Resumen Análisis de Calidad	89
Cuadro 27. Gasto de Dosificante mes de Mayo de 2003	90
Cuadro 28. Características del variador Mocromaster 420	108
Cuadro 29. Apertura de Bomba al 100%	110
Cuadro 30. Apertura de Bomba al 90%	111
Cuadro 31. Apertura de Bomba al 80%	112
Cuadro 32. Apertura de Bomba al 70%	113
Cuadro 33. Apertura de Bomba al 60%	114
Cuadro 34. Apertura de Bomba al 50%	115
Cuadro 35. Apertura de Bomba al 40%	116
Cuadro 36. Apertura de Bomba al 30%	117
Cuadro 37. Apertura de Bomba al 20%	118

	<b>pág.</b>
Cuadro 38. Apertura de Bomba al 10%	119
Cuadro 39. Ecuaciones Obtenidas Por cada Apertura de Bomba	120
Cuadro 40. Tabulaciones para obtención de graficas 100-90%	121
Cuadro 41. Tabulaciones para obtención de graficas 80-70%	122
Cuadro 42. Tabulaciones para obtención de graficas 60-50%	123
Cuadro 43. Tabulaciones para obtención de graficas 40-30%	124
Cuadro 44. Tabulaciones para obtención de graficas 20-10%	125
Cuadro 45. Promedios de pendiente	128
Cuadro 46. Pendientes obtenidas	128
Cuadro 47. Tabulación Nuevas Ecuaciones 100-90-80%	129
Cuadro 48. Tabulación Nuevas Ecuaciones 70-60-50%	129
Cuadro 49. Tabulación Nuevas Ecuaciones 40-30-20-10%	130

## GLOSARIO

**ALUMINOSILICATOS:** la arcilla se compone de un grupo de minerales Aluminosilicatos formados por la meteorización de rocas feldespáticas, como el granito. El grano es de tamaño microscópico y con forma de escamas.

**ÁTOMO:** la unidad más pequeña posible de un elemento químico. En la filosofía de la antigua Grecia, la palabra “átomo” se empleaba para referirse a la parte de materia más pequeña que podía concebirse.

**COAGULANTE:** Hace que se solidifique una sustancia albuminosa disuelta en un líquido.

**COLOIDE:** Cuerpo que, disgregado en un líquido, aparece como disuelto por la extremada pequeñez de sus partículas, pero que, a diferencia del cristaloides, no se difunde con su disolvente si tiene que atravesar ciertas láminas porosas.

**COLOR:** Calidad de los fenómenos visuales que depende de la impresión distinta que producen en el ojo las luces de distinta longitud de onda, la ausencia total de luz (~ negro ), o la suma de todas las luces (~ blanco ): ~ rojo; ~ de fuego; ~ del espectro solar.

**CORRIENTE ALTERNA:** paso de la electricidad entre dos puntos de diferente potencial, a través de un conductor cuando cambia periódicamente de dirección.

**ELECTRODO:** componente de un circuito eléctrico que conecta el cableado convencional del circuito a un medio conductor como un electrolito o un gas.

**FLOCULACIÓN:** Coagulación de un precipitado finamente dividido, para formar partículas de mayor tamaño.

**MOLÉCULA:** Agrupación definida y ordenada de átomos, de volumen pequeñísimo, que constituye la menor porción de un cuerpo que existe y puede subsistir en libertad sin dejar de participar de la naturaleza del todo.

**SEDIMENTACIÓN:** Formar sedimento las materias suspendidas en un líquido.

**TURBIDEZ:** calidad de turbio. Oposición que ofrece una sustancia al paso de la luz y que es mayor que la que presenta naturalmente en estado puro.

**VOLTAJE:** Potencial eléctrico, expresado en voltios.

## RESUMEN

El siguiente informe contiene la descripción del trabajo de grado en modalidad de pasantía denominado: **“EVALUACIÓN TÉCNICA DEL STREAMING CURRENT (EQUIPO DE DOSIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE COAGULANTE) E IMPLEMENTACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CENTENARIO DE EMPOPASTO S.A. E.S.P.”** con el objetivo de optar el título de Ingeniero Civil; desarrollado en EMPOPASTO S.A. E.S.P., en el Departamento de Producción.

EMPOPASTO S.A. E.S.P. en la búsqueda del mejoramiento de la calidad del agua y de prestar un mejor servicio, a partir del 1 de enero de 1999, por medio de su administración, orienta un proceso de planeación con la conformación de un equipo interno de trabajo integrado por 17 trabajadores pertenecientes a todas las áreas de la Empresa con el objetivo fundamental de generar un proceso de transformación cultural y organizacional. El proceso de planeación participativa dio como resultado el Plan de Desarrollo de EMPOPASTO S.A. E.S.P., que fue llamado: **“PLAN HACIA UNA EMPRESA RENTABLE, Y GENERADORA DE BIENESTAR 2000 - 2004”**. El Plan de Desarrollo dirige el accionar integral y dinámico para consolidar una Empresa competitiva, auto sostenible, con responsabilidad social, capaz de satisfacer las necesidades y expectativas de sus clientes.

Las funciones asignadas en la pasantía corresponden a Apoyo Técnico en el: Análisis e Implementación de una nueva tecnología encargada de dosificar automáticamente el coagulante dentro de las dos líneas de tratamiento ( Convencional y Acelerada ) en la Planta de tratamiento Centenario de EMPOPASTO S.A. E.S.P. Lo anterior se complementa con un registro fotográfico de las actividades, elementos y equipos utilizados en obra y anexos que ayudan a la elaboración de este informe.

Con la pasantía se logró poner en práctica los conocimientos obtenidos en la carrera y adquirir otros que me permitirán desempeñarme como un buen profesional.

## SUMMARY

The following report contains the description of the degree work in denominated internship modality: "TECHNICAL EVALUATION OF THE STREAMING CURRENT (TEAM OF AUTOMATIC DOSAGE OF CLOTTING) AND IMPLEMENTATION IN THE PLANT OF TREATMENT OF IT DILUTES CENTENNIAL DE EMPOPASTO CORP. E.S.P". With the objective of opting Civil Engineer's title; developed in EMPOPASTO CORP. E.S.P. in the Department of Production.

EMPOPASTO S.A. E.S.P. in the search of the improvement of the quality of the water and of lending a better service, starting from the first of January of 1999, by means of their administration, it guides a to plan process with the conformation of an internal team of work integrated by 17 workers belonging to all the areas of the Company with the fundamental objective of generating a process of cultural and organizational transformation. The process of to plan participative gave the Plan of Development of EMPOPASTO CORP. as a result E.S.P.

that it was called: "PLAN TOWARD A PROFITABLE, AND GENERATING COMPANY OF WELL-BEING 2000 - 2004". The Plan of Development directs working integral and dynamic to consolidate a competitive Company, sustainable car, with social responsibility, able to satisfy the necessities and its clients' expectations.

The functions assigned in the internship correspond to Support Technician in the one: Analysis and Implementation of a new technology in charge of dosing the coagulant automatically inside the two treatment lines (Conventional and Quick) in the Plant of Centennial treatment of EMPOPASTO CORP. E.S.P. The above-mentioned is supplemented with a photographic registration of the activities, elements and teams used in work and annexes that you/they help to the elaboration of this report.

With the internship it was possible to put into practice the knowledge obtained in the career and to acquire others that will allow to act as a good professional.



## INTRODUCCIÓN

La producción de un agua potable a partir de una fuente de aprovisionamiento de agua contaminada por sustancias introducidas naturalmente o como resultado de las actividades del hombre, implica el empleo de uno o una serie de procesos u operaciones unitarias. Desde el punto de vista del tratamiento de agua, una operación unitaria es un proceso químico, físico o biológico, mediante el cual las sustancias no deseadas contenidas en las aguas crudas, se separan y/o se transforman en sustancias aceptables. Se debe considerar en todos estos procesos, su estudio sobre la eficiencia de los procesos unitarios aplicables para la mejora de la calidad de agua, sus parámetros fundamentales y las cargas que pueden tomar un determinado contaminante o característica del agua, donde establecemos criterios básicos de selección de procesos que pueden integrarse en forma de un conjunto, agrupados en diferente combinación y secuencia, con el objeto de convertir el agua cruda de calidad objetable en agua tratada de calidad acorde con las normas<sup>1</sup>.

El Streaming Current es un instrumento usado para la caracterización continua de la carga superficial coloidal. Mide la corriente alterna generada por el móvil contradiciendo cuando el material cargado adhiere momentáneamente a las paredes del cilindro y del pistón mientras que el pistón se intercambia. Las partículas pequeñas suspendidas en una solución tendrán a menudo una carga superficial. Por ejemplo, la mayoría de partículas naturalmente que concurren en las aguas superficiales son Aluminosilicatos (arcillas) que tienen una carga superficial negativa. Esto significa que las partículas se rechazarán y por lo tanto no se aglomerarán en las partículas bastante grandes para decidir de la suspensión. Una medida de la carga en partículas en la solución se puede hacer de dos maneras:

- Usando un microscopio para observar el movimiento de partículas cuando se aplica un voltaje. Este método calcula el potencial Zeta.
- Midiendo el voltaje que se produjo cuando se mueven las partículas. Esto se llama corriente que fluye y es el método más común, el cual usa el Streaming Current.

El efecto de corte del pistón pela lejos los iones cargados en el agua que rodean normalmente la partícula, saliendo solamente de las partículas que se mueven a lo

---

<sup>1</sup>PÉREZ PARRA, Jorge Arturo. Manual de Potabilización de Agua, Medellín : Sección de Publicaciones, Universidad Nacional 1990. p. 40.

largo de la pared del compartimiento. Esta carga móvil es una corriente (llamada la corriente que fluye) y se puede medir entre dos puntas de prueba en los extremos opuestos del compartimiento del pistón.

EMPOPASTO S.A. E.S.P. en la búsqueda del mejoramiento de la calidad del agua y de prestar un mejor servicio en su El Plan de Desarrollo dirige el accionar integral y dinámico para consolidar una Empresa competitiva, auto sostenible, con responsabilidad social, capaz de satisfacer las necesidades y expectativas de sus clientes. A partir del año 1999, la administración de EMPOPASTO S.A. E.S.P., se plantea la visión con base en un diagnóstico de su situación técnica, administrativa y financiera, emprendió la elaboración de un Plan de Modernización tendiente a hacer de la Empresa una institución competitiva, auto sostenible, comprometida con el bienestar de sus clientes y reconocida a nivel nacional, capaz de responder a las necesidades y exigencias de la población en el marco político, económico y social cambiante. En adelante, para EMPOPASTO S.A. E.S.P. cualquier proyecto que se formule debe responder a las estrategias formuladas para lograr los objetivos de dicho plan. Durante 1999 se alcanzaron logros significativos con la implementación de proyectos para la reducción de costos de producción, como la nueva contratación de compra de energía en el mercado nacional a precios muy favorables para la Empresa; la investigación para la sustitución de aluminio sólido por líquido, que implica menores costos de insumos químicos con mejoramiento de la calidad de agua, el ahorro de agua tratada en los procesos internos de purificación, y la recuperación de estructuras en Plantas de Tratamiento con el objeto de optimizar las condiciones hidráulicas del sistema. En cuanto se refiere a los procesos de producción, durante 1999 se desarrollaron importantes proyectos con el fin de obtener ahorros financieros, garantizando volúmenes y calidad de agua tratada, de los cuales, menciono los relacionados al presente proyecto:

- **SUSTITUCIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO SÓLIDO POR LIQUIDO PARA TRATAMIENTO DE AGUA EN PLANTA CENTENARIO.** Un aspecto de relevante importancia para la optimización de las Plantas en cuanto se refiere a la reducción de costos de producción mejorando la calidad del agua se relaciona con la sustitución del Sulfato de Aluminio Sólido por Sulfato Líquido en el tratamiento. En el segundo semestre de 1999 se realizó la construcción de las obras e instalación de la infraestructura necesaria para almacenamiento, dosificación y distribución del producto químico, previéndose su puesta en marcha para el año 2000 después de adelantar las pruebas a nivel de Planta con el objeto de validar los resultados de investigación realizados a nivel de laboratorio.
- **ESTADO FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA.** Los reportes diarios de control de calidad realizados en los laboratorios de la Empresa, permiten deducir que el agua potable suministrada día por día

por parte de EMPOPASTO S.A. E.S.P. para el consumo humano y uso doméstico, cumple con todos los requerimientos fisicoquímicos, organolépticos y microbiológicos, establecidos por el MSP. mediante el decreto 475 de 1998. Para este momento la Empresa adquirió modernos equipos de laboratorio, que permiten llevar un riguroso control de calidad del agua suministrada al consumidor.

Para el año 2000 se continúa con los proyectos de INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO. Es el área cuya responsabilidad dentro del sistema de calidad se centra en el seguimiento al sistema, la identificación de causas de no conformidad de la calidad y del mejoramiento continuo con autoridad para proponer cambios en el sistema, revisar las propuestas de modificación de procesos y procedimientos generadas en cada departamento y presentar propuestas de modernización e innovación para el mejoramiento continuo. En cuanto al SISTEMA DE CALIDAD el direccionamiento gerencial se enfoca en el año 2000, en la adopción del sistema de gestión de la calidad con una perspectiva interna centrada en la producción que le permite ofrecer el producto y servicios conformes y una perspectiva externa que integra la dimensión del mercado hacia un entorno competitivo que se traduce en la satisfacción de las necesidades y expectativas del cliente como eje esencial de la razón de ser de EMPOPASTO S.A. E.S.P. S.A. en el área de gestión de Producción se logra agua potable de Acuerdo a parámetros establecidos. El índice de Aceptabilidad fue del 97.95% por encima del 95% exigido en el Decreto 475 de 1998. Se participó en la formulación e implementación del Plan de Acción del área por departamento y secciones y en levantamiento de los siguientes procesos enmarcados en el sistema de calidad:

Cuencas: orientado a garantizar la calidad y continuidad del recurso hídrico.  
Captación: garantiza la obtención de agua cruda para el tratamiento  
Potabilización: para asegurar la calidad y cantidad del agua de consumo.

La formulación de los procesos y procedimientos se realizó en un 100% y en el mes de agosto de 2000 se implementaron los procesos de captación y Potabilización, realizando los correspondientes ajustes en la medida del avance y dirigidos por la oficina de Investigación y Desarrollo. El proceso de cuencas amerito la asignación de los recursos humanos para lograr su desarrollo al 100%.

La cuenca provee el principal insumo para EMPOPASTO S.A. E.S.P., como lo es el agua, por lo que requiere adelantar estudios y proyectos que garanticen la continuidad y calidad del recurso hídrico. En este

sentido se iniciaron actividades tendientes a identificar los conflictos en las cuencas de interés para la Empresa y la formulación del Plan de Manejo Ambiental con propuestas iniciales de proyectos a ejecutar. Una de las primeras intervenciones se adelantó en la cuenca del río Bobo, involucrando la capacitación y sensibilización ambiental de las comunidades asentadas en el área del proyecto con el objeto de contribuir a la protección de las fuentes de agua, a la lucha contra la deforestación y el deterioro de los suelos en las fuentes abastecedoras de agua; y la reforestación de 20 Has. Distribuidas así: 4.5 Has. en predios de EMPOPASTO S.A. E.S.P., sector la Pradera y 15.5 Has. en el perímetro del embalse y nacimientos aledaños.

- **IMPLEMENTACIÓN DEL SULFATO DE ALUMINIO LIQUIDO AÑO 2000.**  
Como producto del estudio de investigación realizado por la Empresa en el año de 1999 a escala de laboratorio y planta, se estableció la viabilidad de la aplicación de Sulfato de Aluminio líquido tipo B, sustituyendo el sulfato de aluminio sólido utilizado como coagulante inorgánico para el tratamiento de aguas. Los resultados obtenidos permitieron La implementación en la Planta de tratamiento El Centenario, la cual comenzó a reportar beneficios parciales en el presente año por el mejoramiento en la calidad de agua producida debido a la reacción inmediata de la parte activa del coagulante en comparación con el producto anteriormente usado que por efectos de su baja solubilidad se precipitaba en los floculadores no reaccionando totalmente ni en forma eficiente al entrar en contacto con el agua. La disminución de los costos de producción es otro de los beneficios obtenidos por el uso de sulfato de aluminio líquido que además de ser un producto más económico, la relación del gasto se da en la proporción 1:1.6 teniendo en cuenta que la concentración de alúmina en el sulfato de aluminio líquido es la mitad de la que posee el sólido.
- **CONTROL DIARIO DE CALIDAD DE AGUA AÑO 2000.** Según el Ras 98 se debe determinar la eficiencia de los diferentes procesos de tratamiento como mecanismo de control, razón por la cual se implementó la toma de muestras del agua de entrada y salida de los sedimentadores, filtros y tanques de almacenamiento, además de involucrar el análisis del agua captada. A través de formatos diseñados para este propósito, se comenzó a partir del 1 de julio a medir las siguientes variables cada dos horas durante las 24 horas del día, tanto en la planta Centenario como Mijitayo.
  - Agua Cruda: turbiedad, color aparente, color real, pH y alcalinidad.
  - Agua Floculada: Se medirá turbiedad y color aparente.
  - Agua Sedimentada: Turbiedad, color aparente y pH.

- Agua Filtrada: Turbiedad, color aparente.
- Agua Tratada: Turbiedad, color aparente, color real, pH y alcalinidad.

La información obtenida conduce a elaborar modelos de iza eficiencia de las diferentes unidades para la estandarización de los procesos, por lo que se requirió de información que contemple las diferentes condiciones de calidad de agua cruda a través del tiempo.

- **MACRO MEDICIÓN Y CONTROL DE NIVELES AÑO 2000.** El proyecto de Macro medición y Control de Niveles tiene como propósito fundamental el registro exacto de la cantidad de agua afluyente, el volumen producido y el volumen distribuido, así como el control de rebose en los diferentes tanques de regulación. Se elaboraron las especificaciones técnicas para contratar la Macro medición e instalar el sistema de monitoreo de niveles en los tanques de almacenamiento y distribución, con un centro de control localizado en cada Planta de Potabilización en donde se recepcionarán los datos transmitidos para el análisis y manejo de la información. El costo global del proyecto se estableció en \$ 600 millones, se contrató en primera etapa la instalación del sistema para la planta Centenario.

El sistema consta de:

- Censores de nivel en los tanques de la zona baja, zona media, zona alta, tanque de lavado de filtros, Cujacal alto y Cujacal bajo.
- Medidores de caudal en las salidas de zonas media, baja, alta, Corazón de Jesús, lavado de filtros y Cujacales.
- Sistema de transmisión de datos empleando RTUs. las cuales permitirán recepcionar las señales en la Planta de Tratamiento y conocer la información en tiempo real.
- Configuración de dos niveles de supervisión, uno para operadores de planta y el otro para el jefe de Producción, los cuales a través de mímicos permitirán la observación, el análisis y el control del sistema.
- Válvulas accionadas eléctricamente en los tanques de Cujacal para la operación remota desde la Planta con el fin de controlar niveles máximos y mínimos de los mismos.

El sistema entro a operar a mediados de abril del 2001.

Ya para el año 2001 el DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN continua con el fin de direccionar las acciones tendientes a la conservación y preservación de los recursos naturales renovables en las cuencas abastecedoras del acueducto de Pasto, la Empresa contrato el Plan de Gestión Ambiental con énfasis en el recurso hídrico cuya ejecución comenzó el 26 de abril de 2001, con un costo de \$46 millones de pesos, realizándose su presentación final para el 26 de septiembre.

El estudio hace hincapié en aspectos tales como:

- ✓ Diagnóstico participativo sobre el aprovechamiento del recurso hídrico en las cuencas del río Pasto y río Bobo para identificar programas y proyectos encaminados al cambio de comportamiento frente al uso del recurso.
- ✓ El enfoque del Plan de Gestión Ambiental se realiza desde el concepto de desarrollo humano sostenible y sustentable que implica la conciliación del desarrollo económico y social con la conservación y buen uso de los recursos naturales.
- ✓ Define estrategias y políticas a corto, mediano y largo plazo
- ✓ Formula objetivos desde una visión de planeación estratégica del desarrollo
- ✓ Plantea el diseño de programas y perfiles de proyectos que permitan garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico en cantidad y calidad hacia el futuro

En el proceso de formulación del Plan de Gestión Ambiental participaron activamente funcionarios de la Empresa permitiendo la retroalimentación en todos los aspectos considerados y contó con la vinculación de instituciones regionales, además de continuar con:

- INVESTIGACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE AGUA TRATADA EN LA PLANTA CENTENARIO AÑO 2001

El mejoramiento continuo de la calidad de agua suministrada a la población de la zona urbana del Municipio de Pasto es una de las prioridades establecidas, de allí que se hayan adelantado las investigaciones correspondientes y la implementación para el uso de coagulantes alternativos que permitan ofrecer una calidad de agua no sólo cumpliendo dentro de los límites permisibles que estipula el Decreto 475 de 1998, sino con valores de concentraciones de los parámetros determinantes inferiores y más estrictos a los máximos que permite la norma.

En el año 2001, a partir del mes de abril se dio inicio a la investigación a nivel de Bench Scala para determinar la viabilidad del uso de otro tipo de coagulantes, polímeros y ayudantes de floculación centrando la investigación en el uso del POLI CLORURO DE ALUMINIO (PAC) por presentar resultados de remociones de color del 99% para aguas con alto contenido de color orgánico y bajas concentraciones de turbiedad. Adicionalmente, las pruebas de laboratorio demostraron la posibilidad de reducir el consumo de cal, pues este producto al reaccionar no consume la alcalinidad del agua y por lo tanto no genera disminución del pH. La utilización del PAC. se plantea solamente para las condiciones de alto

color y baja turbiedad en agua cruda, bajo las cuales este producto reacciona más eficazmente tal como lo reportan las diversas investigaciones adelantadas a nivel mundial para aguas con alto contenido de Carbono Orgánico Total (COT) y baja turbiedad como es el caso de la aguas del río Pasto en épocas de verano. Durante el mes de agosto se adelantaron las pruebas en Planta previa la adecuación de las instalaciones en lo relacionado con dosificación y puntos de aplicación.

Después de estos procesos encaminados al mejoramiento de la producción, para el año 2002 se genera un proceso de continuidad en la operación y monitoreo de los procesos con el fin de Producir Agua Potable de Acuerdo a los Límites Admisibles del decreto 475/98 Emanado por Minsalud y los Estándares Fijados por la Empresa. El control de calidad del agua se realizó tanto en plantas como en redes para las distintas zonas de presión delimitadas por los sistemas.

A nivel de las Plantas se realizaron toma y análisis de muestras con un intervalo de tiempo cada dos (2) horas, tanto para agua cruda como en cada uno de los reactores de proceso hasta su etapa final de Potabilización, con el fin de controlar la respuesta en la eficiencia remocional de las unidades y garantizar que el agua producida cumpla en todos los parámetros con los valores admisibles estipulados en el Decreto 475/98. Las muestras de agua tomadas en las redes de distribución, específicamente en puntos de consumo y sometidas a análisis físico químicos y microbiológicos, fueron evaluadas y en caso de no conformidades se llevó a cabo el procedimiento de contra muestreo y operación de purgas. Para el área de gestión Producción se definieron unos indicadores particulares que permiten la medición de su desempeño en calidad de agua, fijándose para este período la meta de obtener 100% de Aceptabilidad Microbiológica y 98% de calidad físico química.

La Visión de la empresa es seguir sumando en la consolidación de procesos de alta calidad y en la búsqueda de nuevas tecnologías que ayuden a EMPOPASTO S.A. E.S.P. al mejoramiento tanto operativo como económico de los procesos para la Potabilización del agua en la ciudad de San Juan de Pasto<sup>2</sup>.

---

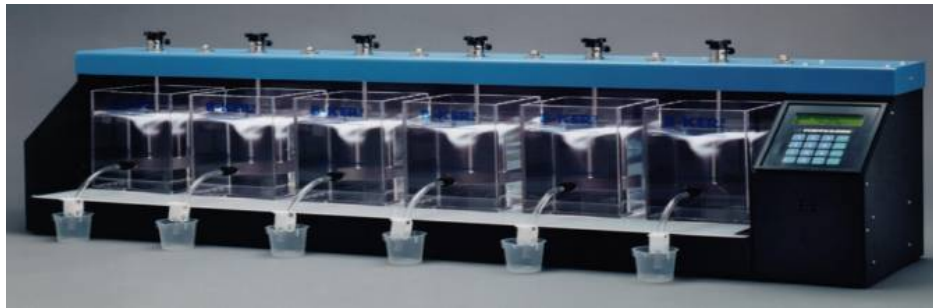
<sup>2</sup>Departamento de Producción EMPOPASTO S.A. E.S.P. Informes de Gestión 1999 a 2002. San Juan de Pasto, 2003. p. 35-41.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad la Planta Centenario utiliza el método estándar para la determinación de la dosis de coagulante que es el Test de Jarras, el cual consiste en la simulación de la planta en condiciones ideales, con lo cual se determina la dosis óptima para aplicación de coagulante; en este caso se debe comparar los resultados de cada uno de los recipientes para fijar cual proporciona los mejores resultados; la metodología se restringe al intervalo de tiempo que dure la prueba.

El Test de Jarras provee únicamente una pequeña representación de las condiciones de la planta en un momento específico cuando se recoge la muestra; al presentarse repentinos cambios no puede alertar a los operadores, para darles un tiempo de respuesta adecuado llegando a afectar el buen funcionamiento de los procesos siguientes.

**Figura 1. Equipo utilizado para realizar la prueba de Jarras**



La gran mayoría de las plantas de tratamiento del país presentan problemas en su sistema de dosificación por los repentinos cambios en las características físico-químicas del agua que tratan y carecen de la tecnología adecuada para solucionar sus problemas, basándose algunas veces en la experiencia adquirida durante varios años por sus operadores, llevando esto a una mala calidad de agua final y exceso en gasto de insumos químicos durante el proceso de dosificación.

El componente de operación encaminado al mejoramiento del sistema de dosificación para la Planta Centenario es el Streaming Current, equipo que mide la corriente que fluye en la mezcla de coagulante mas agua y ajusta la dosificación según este y otros parámetros, el cual da la posibilidad de alcanzar un mejoramiento en la calidad del agua tratada y un mejor control de los procesos de la planta.



El seguimiento y la verificación en las diferentes etapas del proceso de análisis e implementación del equipo con relación a la calidad de materiales, ajustes a los diseños, estado de avance de las obras, y cumplimiento del contrato, implica conocimientos especializados y la aplicación de las Normas del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000. Dentro de dichos conocimientos especializados es importante el criterio aportado por el profesional en cuestión, quien diseña la adecuación de los elementos existentes con la implementación de la nueva tecnología.

Se busca mejorar las condiciones de operación dentro de la planta, obteniendo mejores resultados en la calidad de agua llegando a un control que brinde a la comunidad mejor calidad de vida.

EMPOPASTO S.A. E.S.P. cuenta con los recursos financieros orientados a la parte operativa del sistema de tratamiento de agua para la ciudad de San Juan de Pasto por lo cual se hace necesaria la asistencia técnica como control de las actividades en el proceso de planificación e implementación de la misma.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

EMPOPASTO S.A. E.S.P. a través del programa Universidad-Empresa busca establecer lazo de cooperación y apoyo entre la Academia y la Empresa para generar espacios de intercambio y actualización de conocimientos en el desarrollo del talento humano, a través de las Pasantías. El trabajo de grado, Evaluación Técnica del Streaming Current (Equipo de Dosificación Automática de Coagulante) e Implementación en la Planta de Tratamiento de Agua Centenario de Empopasto S.A. E.S.P., contribuye al normal desarrollo investigativo, al verificar los aspectos teóricos, técnico y económicos del equipo (SC) en las condiciones que presenta el agua cruda del afluente de la Planta Centenario, las cuales son de suma discrepancia frente a las condiciones normales de tratamiento para agua potable, debido a sus altas concentraciones de color. Este análisis contribuye a dar un concepto claro y preciso frente a los beneficios obtenidos al implementar el Streaming Current dentro de la Planta de Centenario.

Uno de los aspectos que buscamos con el equipo Streaming Current, es mejorar el servicio de agua potable, produciéndola con una alta calidad, siguiendo las políticas de buen servicio y competitividad de la Empresa. Para la Academia nos brinda la oportunidad de evaluar los nuevos procesos técnicos, que generan mejoras en las condiciones de trabajo para el monitoreo y producción de los procesos de obtención de agua para consumo humano, generando nuevas puertas para la investigación y evaluación de nuevas tecnologías.

### **3. DELIMITACIÓN**

Como ya se ha mencionado el proyecto Evaluación Técnica del Streaming Current (Equipo de Dosificación Automática de Coagulante) e Implementación en la Planta de Tratamiento de Agua Centenario de Empopasto S.A. E.S.P., es un proyecto que busca el mejoramiento de la producción de agua potable mediante una nueva tecnología.

Los aspectos que tomamos en cuenta para la realización del proyecto llevan a entender y comprobar las características de funcionamiento del equipo dentro de la planta, con la comprobación mediante el cotejo de resultados, durante la operación manual y la operación automática del sistema de dosificación. La primera etapa conlleva la evaluación del Streaming Current con la captura, procesamiento y posterior análisis de todos los datos obtenidos durante su periodo de prueba y contiene el examen técnico del proceso de dosificación de agua cruda hasta la disposición final como agua tratada. Durante esta fase el Streaming Current se implemento en la línea de tratamiento que posee el Sedimentador de Placas.

La segunda etapa será la implementación operación y monitoreo en todo el sistema de dosificación dentro de la Planta Centenario.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el Streaming Current (SC) en el control automático para dosificación de coagulante en la Planta de Tratamiento de Agua Centenario de EMPOPASTO S.A. E.S.P.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Utilizar de forma automática el Streaming Current en la dosificación de sulfato de aluminio en el Sedimentador de placas por un periodo de prueba aproximado de un mes.
- Comparar el sistema de dosificación con y sin el uso del Streaming Current.
- Contrastar la calidad del agua tratada automáticamente por el Streaming Current, con el agua tratada en operación manual.
- Inspeccionar y Analizar el comportamiento del Streaming Current bajo altas concentraciones de Color y Turbidez en el agua.
- Valorar los tiempos de respuesta del equipo frente a los cambios que presente el agua que llega a la Planta.
- Implementación y puesta en marcha del proyecto.

## **5. MARCO TEÓRICO**

### **5.1. ASPECTOS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE POTABILIZACIÓN**

El desarrollo y estudio de todos los componentes de un sistema de potabilización del agua en sus etapas de conceptualización, diseño, puesta en marcha, operación y mantenimiento esta contemplado en las RAS 2000, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia, dentro de un nivel de complejidad determinado.

Las obras o componentes de los sistemas de potabilización a los cuales se refieren las RAS 2000 y que conciernen a este proyecto son los siguientes: mezcla rápida, floculación y sedimentación, donde se presenta la mayor actividad del coagulante a dosificar. Para la selección del sistema de dosificación para niveles medio-alto y alto de complejidad se recomienda el control automático pero debe estar diseñado para permitir un manejo manual en caso de daño o emergencia y tener por lo menos dos unidades de dosificación<sup>3</sup>.

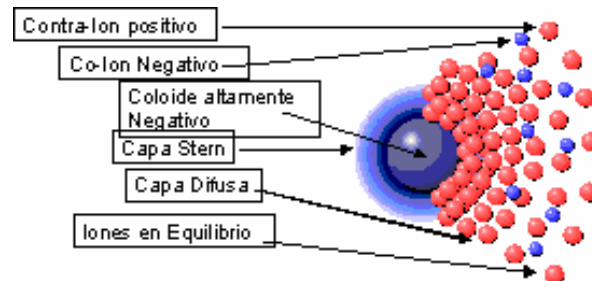
### **5.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS PARTÍCULAS**

Una sustancia puede estar dentro de otra como átomos, moléculas, Coloides, partículas suspendidas como bacterias y algas entre otros. Los coloides presentan ciertas propiedades como dispersión de la luz (Turbiedad) y la opalescencia (Color). El proceso de Coagulación-Floculación pretende la remoción de la turbiedad, del color, la eliminación de bacterias, virus y organismos patógenos, la destrucción de algas y plancton y la eliminación de sustancias productoras de sabor y olor. Entre los métodos de coagulación encontramos la Neutralización de cargas, esta es más efectiva cuando se usan coagulantes inorgánicos como aluminio o polímeros catiónicos de cargas positivas o negativas.

---

<sup>3</sup> REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO (Colombia) 2002.

**Figura 2. Fuerzas eléctricas microscópicas para formar el Floc**



### 5.3. FUNCIONAMIENTO DEL STREAMING CURRENT

El Streaming Current mide la carga neta de las superficies iónica y coloidal (positiva y negativa) de una muestra que esta fluyendo continuamente. El potencial del Streaming Current esta relacionado con el Potencial Zeta pero no es el mismo valor.

**5.3.1. Principio de medición del Streaming Current.** Usa un pistón recíprocante moviéndose a 4 Hertz dentro de un electrodo ensamblado en una celda de medición. La distancia entre el pistón y las paredes de la celda de medición es de 0.010", el movimiento del pistón hace que el agua se mueva rápidamente dentro de la celda y los iones son despojados de la partícula y son puestos en movimiento.

**Figura 3. Esquema del pistón recíprocante del Streaming Current**

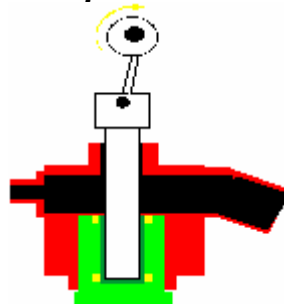
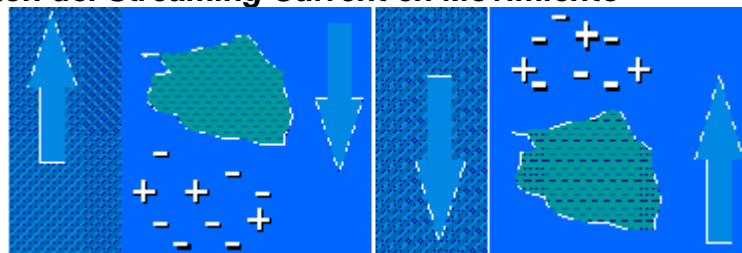


Figura 4. *Partícula cargada eléctricamente dentro del pistón*



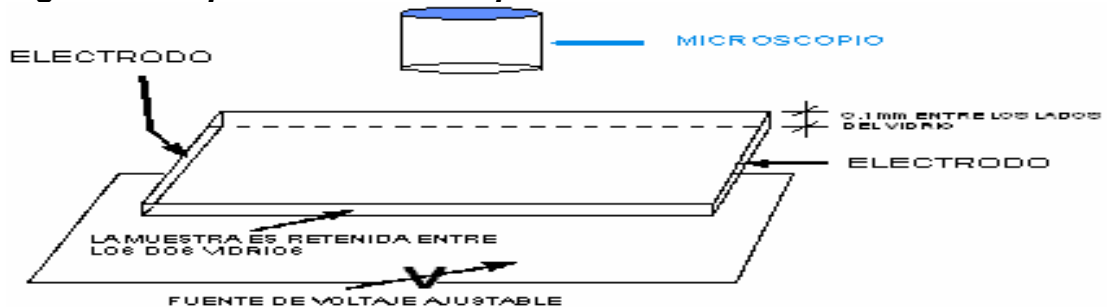
Figura 5. *Pistón del Streaming Current en Movimiento*



### 5.3.2. Potencial zeta

- Es un procedimiento de laboratorio no de medición continua.
- Se introduce un campo eléctrico y se mide el movimiento de la partícula.
- Son medidas únicamente partículas coloidales solas.
- La muestra debe ser diluida para que otras partículas no interfieran.

Figura 6. *Esquema Laboratorio para medición del Potencial Z*



### **5.3.3. Factores de respuesta del Streaming Current**

El valor de (SC) es más positivo cuando:

- Decrece la turbiedad, color, flujo, pH, la cal, soda cáustica y la dosis de polímeros aniónicos.
- Incrementa el coagulante, los polímeros y el cloro.

El valor de (SC) es más negativo cuando:

- Incrementa la turbiedad, color, flujo, pH, la cal, soda cáustica y la dosis de polímeros aniónicos.
- Decrece el coagulante, los polímeros y el cloro.



## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 INVESTIGACIÓN PRELIMINAR

Recopilar y analizar los datos disponibles acerca del Proyecto para el Mejoramiento del sistema de Dosificación de Coagulante en la Planta de Tratamiento Centenario del Municipio de San Juan de Pasto.

Capacitación en el manejo del sistema que maneja la información del equipo de dosificación Streaming Current para el respectivo análisis en el periodo de prueba y documentación sobre el sistema.

### 6.2 SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

- **Capacitación a operadores del sistema.** Llevar a cabo el manejo de forma automática del sistema de dosificación con el Streaming Current dentro de la Planta Centenario.
- **Instalación del Demo.** Implantar el sistema automático de dosificación en la línea acelerada de tratamiento para iniciar el análisis de la información.
- **Análisis de la Información.** Después de operar el equipo se recopila toda la información almacenada en los registros del sistema y en las planillas de control de operaciones.
- **Formulación para la Implementación del Proyecto.** Se plantean las necesidades de la Planta de Tratamiento de agua y se organizan las condiciones para una correcta implementación.
- **Formulación de Términos de Referencia para Contratación.** Conformer dentro del proceso de contratación los términos necesarios para encontrar una correcta instalación del sistema.
- **Implementación del Sistema de Automatización.** Dirigir y supervisar la instalación del equipo de dosificación automática Streaming Current dejando en operación toda la Planta Centenario.
- **Informe final del proceso de Evaluación e Implementación.** Elaborar el informe de todo el procedimiento seguido para la implementación del sistema de automatización de dosificante.

## 7. CRONOGRAMA

Fecha de inicio 23 de Junio de 2003

ACT.	DETALLE	MES	1				2				3				4				5				6				7			
		SEM.	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A	Capacitación a operadores del sistema		■																											
B	Instalacion Demo			■	■	■	■	■	■																					
C	Analisis de la información				■	■	■	■	■	■																				
D	Formulación para la implementación del proyecto									■																				
E	Formulación terminos de referencia para contratación										■																			
F	Supervisión del desarrollo del proceso contractual											■	■	■	■	■	■	■												
G	Implementación y puesta en marcha																													
H	Seguimiento control y ajustes																													
I	Retroalimentación Técnica y Operativa																													
J	Publicación de resultados																													■
K	Documentación				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																
L	Elaboración de informes sobre desarrollo del proyecto.									■																				
M	Presentación y socialización del proyecto.																													■

## **8. ANÁLISIS**

El ensayo se realizó desde el 1 de Mayo hasta el día 28 de Mayo de 2003, durante este periodo la dosificación de Flocculante en este caso Sulfato de Aluminio, fue enteramente controlada por el Streaming Current en el Sedimentador de Placas, sin efectos negativos sobre la calidad del agua producida en la planta. (Ver Cuadros Resumen Análisis de Calidad Mayo). Durante este periodo se administraron diversos cambios en la condición de agua de entrada tales como cambio de turbiedad presentándose valores de 1375 NTU y 3180 unidades de Color el día 12 de Mayo, como es normal en la planta Centenario. Los parámetros a analizar dentro del proceso de Potabilización de agua cruda en la Planta Centenario son el color y turbiedad presentes en el agua de entrada, flocculada y sedimentada en operación tanto manual como automática con el (SC). Se debe aclarar que el análisis se realizó operando manualmente el sistema convencional y en forma automática el sistema de placas al mismo tiempo, lo cual garantiza iguales condiciones en el agua de entrada; además, para verificar que el sistema convencional como el de placas presentan similares características al final del proceso de sedimentación en el tratamiento del agua se paro el equipo automático (SC) el 8 de mayo a las 12 horas hasta el 9 de mayo a las 13 horas obteniendo los datos de la Cuadro No1.

Cuadro

**No 1. Comparacion de Funcionamiento Manual Sedimentador Convencional vs. Sedimentador de Placas**

HORA	Agua Cruda		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN	
	Promedios		Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	%Remoción Color Operación Manual	%Remoción NTU Operación Manual	%Remoción NTU Operación Manual
12	11,58	147	4,9	27	4,5	16	81,63	89,12	57,69	61,14
13	11,58	152	5,2	20	4,1	24	86,84	84,21	55,09	64,59
14	12,47	147	5,2	20	4,3	24	86,39	83,67	58,30	65,52
15	11,34	144	5,1	27	3,9	22	81,25	84,72	55,03	65,61
16	11,45	141	5,1	27	4,9	22	80,85	84,40	55,46	57,21
17	10,83	140	4,5	25	4,8	27	82,14	80,71	58,45	55,68
18	11,02	137	4,5	25	4,8	27	81,75	80,29	59,17	56,44
19	11,59	138	3,9	26	4	20	81,16	85,51	66,35	65,49
20	10,62	136	3,9	26	4	20	80,88	85,29	63,28	62,34
21	10,18	140	3,5	26	3,8	18	81,43	87,14	65,62	62,67
22	9,51	141	3,5	26	3,5	18	81,56	87,23	63,20	63,20
23	8,93	138	3,8	27	4	17	80,43	87,68	57,45	55,21
24	8,59	133	3,8	27	3,9	17	79,70	87,22	55,76	54,60
1	9,47	133	3,7	28	3,2	18	78,95	86,47	60,93	66,21
2	9,33	142	3,7	28	3,9	18	80,28	87,32	60,34	58,20
3	8,54	141	3,6	27	3,8	16	80,85	88,65	57,85	55,50
4	8,34	140	3,6	27	4	16	80,71	88,57	56,83	52,04
5	8,12	128	3,5	26	3,7	15	79,69	88,28	56,90	54,43
6	7,75	132	3,5	26	3,7	15	80,30	88,64	54,84	52,26
7	7,93	117	3,9	39	3,4	39	66,67	66,67	50,82	57,12
8	8,29	121	3,9	39	3,4	39	67,77	67,77	52,96	58,99
9	8,53	119	6,4	4,3	7,7	43	96,39	63,87	24,97	9,73
10	7,87	116	6,5	4,3	7,7	43	96,29	62,93	17,41	2,16
11	8,28	119	5,7	41	6,5	35	65,55	70,59	31,16	21,50
12	8,4	118	5,7	41	6,5	35	65,25	70,34	32,14	22,62
13	9,5	119	5,1	42	6,2	31	64,71	73,95	46,32	34,74
Prom	10,00	139,16	4,63	28	4,73	25	83%	84%	57%	57%

Como podemos ver en los promedios de funcionamiento en la Cuadro No 1. Cuando se opera en forma manual los dos sistemas (Convencional y de Placas) se obtienen al final del proceso de sedimentación valores similares, lo cual nos da un punto de comparación en los dos sistemas de tratamiento.

## 8.1 ANÁLISIS TÉCNICO

A continuación se encuentra anexo el reporte técnico realizado del 1 al 28 de mayo durante una demostración con el Streaming Current. La planta Centenario trata agua del río Pasto y río Bobo, fuentes perfectas por sus constantes variaciones para la prueba del equipo, en donde el instrumento reacciona controlando automáticamente la osificación de Sulfato de Aluminio ante variaciones de agua cruda, manteniendo la calidad de agua filtrada; generando beneficios técnicos y económicos.

**Figura 7. Agua cruda con turbidez y color altos 12 de mayo**



La grafica (Dosificación 01-Mayo-2003) presenta el funcionamiento del sistema en modo manual y automático, los valores de apertura de bomba y de Streaming Current obtenidos en la Planta Centenario en un espacio de 24 horas. Para la obtención de las graficas que resumen las rutinas llevadas por día, se necesito

procesar alrededor de 104.000 datos, sin contar la base de datos de calidad de agua, con lo cual se llevo a cabo el análisis comparativo que mas adelante se presenta. A continuación se muestran las graficas del funcionamiento del 1 al 28 de mayo de 2003, descartando los días 20, 21, 22 y 23 de mayo en los cuales se realizo mantenimiento al equipo; además se incluyen las Cuadros de calidad de agua obtenidas durante el periodo de prueba del Streaming Current

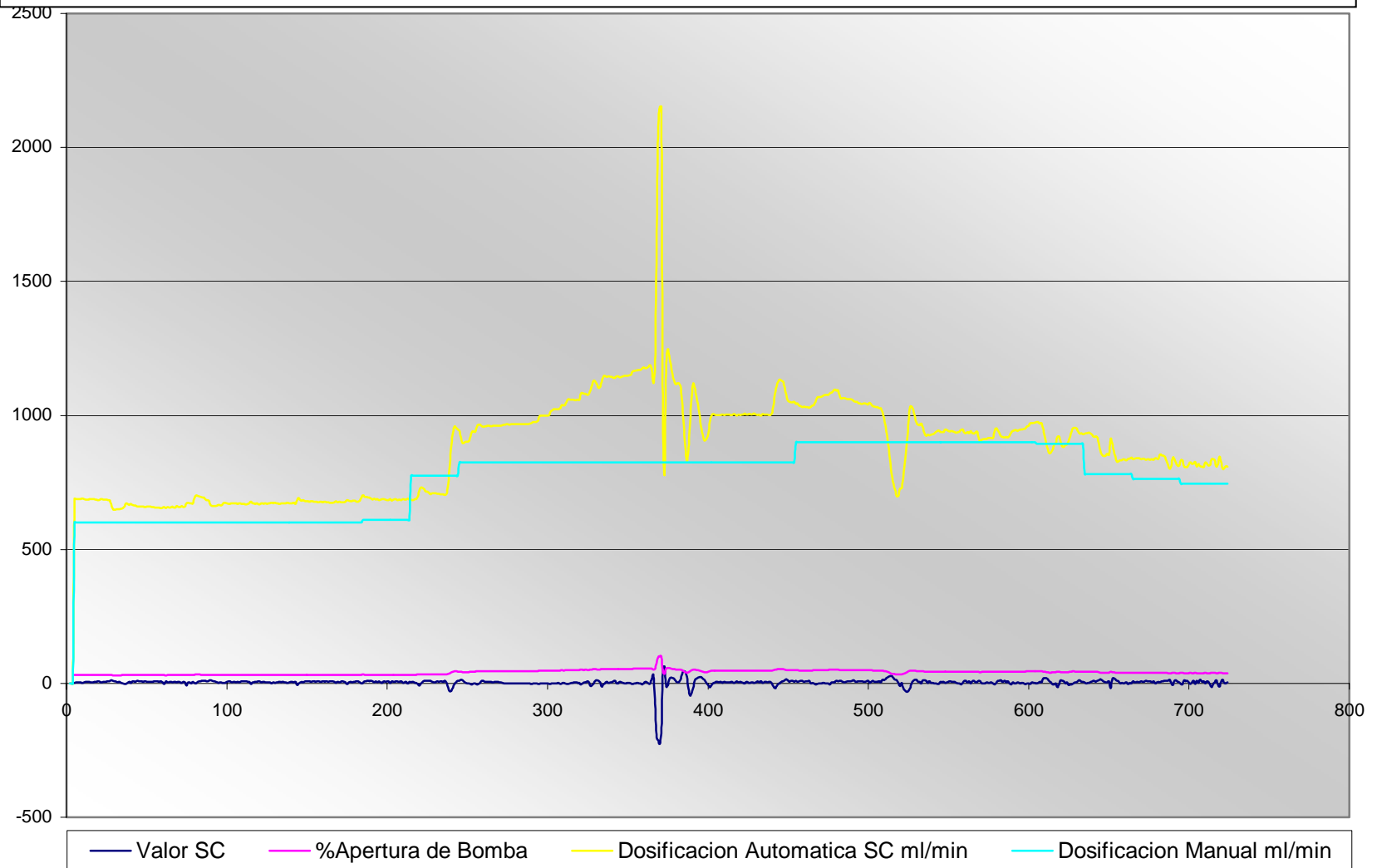
**Figura 8. Apariencia del Sedimentador de placas el 12 de Mayo al tratar el agua de la Figura7.**



Cuadro No 2.		MAYO 1 DE 2003									
HORA	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN		
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas	
			Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	% Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
1	7,9	88	2,8	14	1,3	5	84,09	94,32	64,56	83,54	
2	8,1	87	2,8	14	1,3	5	83,91	94,25	65,43	83,95	
3	7,8	85	2,6	15	1,2	4	82,35	95,29	66,67	84,62	
4	7,5	86	2,6	15	1,2	4	82,56	95,35	65,33	84,00	
5	7,6	83	2,5	13	1,1	4	84,34	95,18	67,11	85,53	
6	7,2	81	2,5	13	1,1	4	83,95	95,06	65,28	84,72	
7	7,7	88	2,7	14	1,1	5	84,09	94,32	64,94	85,71	
8	7,5	87	2,7	14	1,1	5	83,91	94,25	64,00	85,33	
9	7,6	92	2,8	15	1,4	9	83,70	90,22	63,16	81,58	
10	8,3	94	2,8	15	1,4	9	84,04	90,43	66,27	83,13	
11	8,6	100	2,9	16	1,9	10	84,00	90,00	66,28	77,91	
12	8,9	101	2,9	16	1,9	10	84,16	90,10	67,42	78,65	
13	8,5	97	2,4	17	1,8	10	82,47	89,69	71,76	78,82	
14	8,7	102	2,4	17	1,8	10	83,33	90,20	72,41	79,31	
15	14,2	180	2,7	12	2,1	8	93,33	95,56	80,99	85,21	
16	32	220	2,7	12	2,1	8	94,55	96,36	91,56	93,44	
17	38	235	2,5	12	2,2	9	94,89	96,17	93,42	94,21	
18	38,4	240	2,5	12	2,2	9	95,00	96,25	93,49	94,27	
19	28,8	215	3,5	13	2,1	9	93,95	95,81	87,85	92,71	
20	27,4	197	3,5	13	2,1	9	93,40	95,43	87,23	92,34	
21	19,7	186	3,2	13	1	6	93,01	96,77	83,76	94,92	
22	18,5	174	3,2	13	1	6	92,53	96,55	82,70	94,59	
23	18,3	164	3	12	1	5	92,68	96,95	83,61	94,54	
24	17,5	169	3	12	1	5	92,90	97,04	82,86	94,29	
Prom.	15,20	135,46	2,80	13,83	1,52	7,00	87,80	94,23	70%	85%	

Mejora en Remoción NTU 45,83 %  
con Streaming Current UPC 49,40 %

**Figura 9. Resultados dosificación Automática y manual 1 de Mayo de 2003**

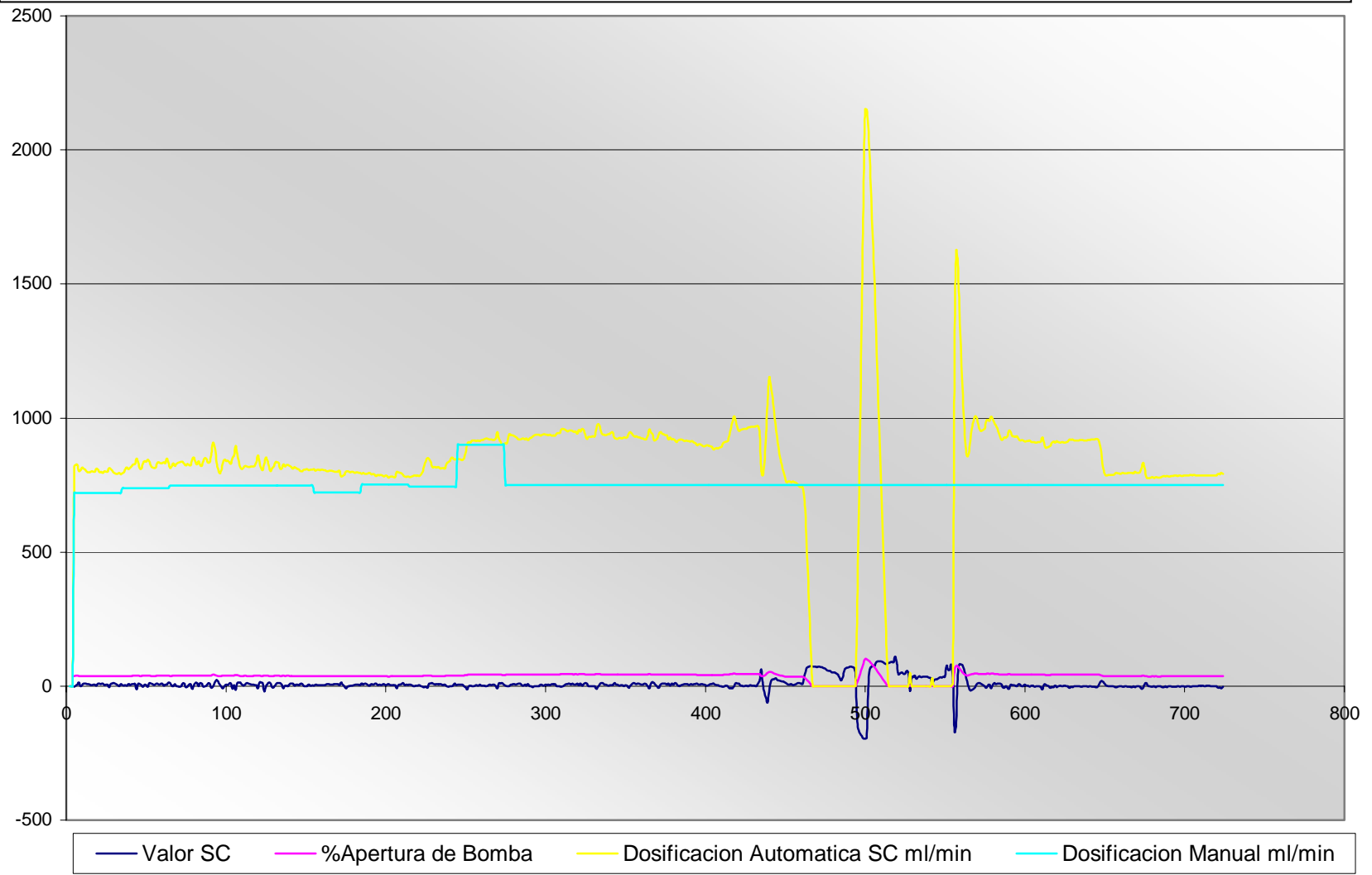




Cuadro	No 3. MAYO 2 DE 2003									
	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN	
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas
Turbiedad NTU			Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	% Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
HORA										
1	9,2	106	7	31	2,6	10	70,75	90,57	23,91	71,74
2	9,3	108	7	31	2,6	10	71,30	90,74	24,73	72,04
3	9,4	110	7	33	2,9	9	70,00	91,82	25,53	69,15
4	9,2	103	7	33	2,9	9	67,96	91,26	23,91	68,48
5	9,8	100	9,9	58	1,4	6	42,00	94,00	-1,02	85,71
6	6,9	96	9,9	58	1,4	6	39,58	93,75	-43,48	79,71
7	7,1	85	11	75	1,3	6	11,76	92,94	-54,93	81,69
8	8	89	11	75	1,3	6	15,73	93,26	-37,50	83,75
9	6,8	113	10	61	1,3	7	46,02	93,81	-47,06	80,88
10	7,9	86	10	61	1,3	7	29,07	91,86	-26,58	83,54
11	8,4	89	9,3	54	1,3	7	39,33	92,13	-10,71	84,52
12	8,2	95	9,3	54	1,3	7	43,16	92,63	-13,41	84,15
13	8,2	97	8,7	42	1,5	9	56,70	90,72	-6,10	81,71
14	8,1	99	8,7	42	1,5	9	57,58	90,91	-7,41	81,48
15	7,9	102	7,4	35	1,5	9	65,69	91,18	6,33	81,01
16	7,3	101	7,4	35	1,5	9	65,35	91,09	-1,37	79,45
17	7,6	98	8,2	31	1,7	9	68,37	90,82	-7,89	77,63
18	6,8	91	8,2	31	1,7	9	65,93	90,11	-20,59	75,00
19	5,9	91	4,3	22	1,8	9	75,82	90,11	27,12	69,49
20	6,2	93	4,3	22	1,8	9	76,34	90,32	30,65	70,97
21	7	92	4,5	27	1,2	8	70,65	91,30	35,71	82,86
22	7,3	90	4,5	27	1,2	8	70,00	91,11	38,36	83,56
23	7,1	94	4,3	24	1,3	8	74,47	91,49	39,44	81,69
24	7,2	92	4,3	24	1,3	8	73,91	91,30	40,28	81,94
Prom.	7,78	96,67	7,63	41,08	1,65	8,08	56,98	91,63	-1%	81%

Mejora en Remoción NTU 78,38 %  
con Streaming Current UPC 80,32 %

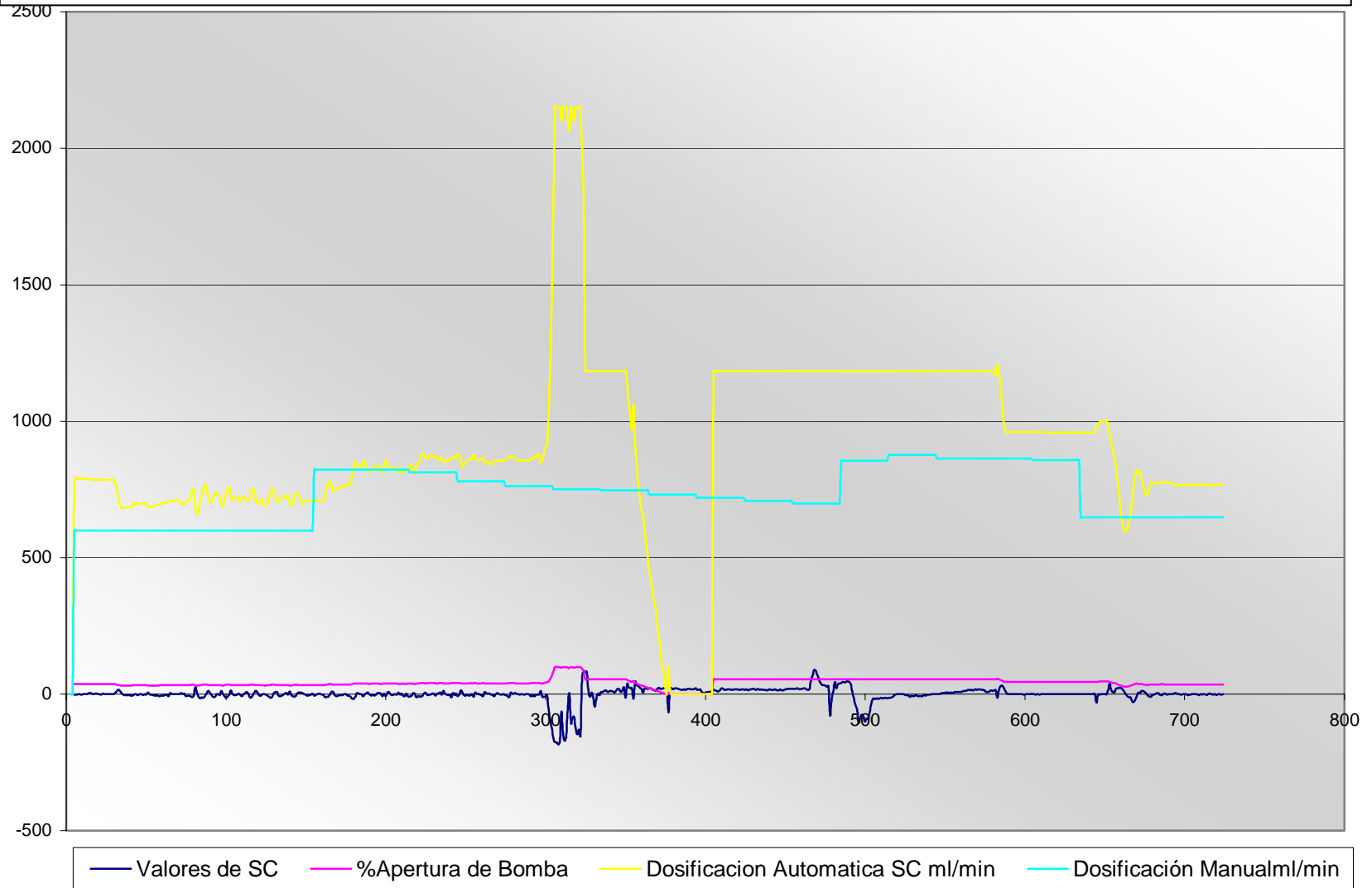
**Figura 10. Resultados dosificación Automática y manual 2 de Mayo de 2003**



Cuadro	No 4. MAYO 3 DE 2003									
	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN	
	HORA	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional
Turbiedad NTU				Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	% Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC
1	16,2	161	2,7	18	1	6	88,82	96,27	83,33	93,83
2	15,3	159	2,7	18	1	6	88,68	96,23	82,35	93,46
3	14,2	147	2,6	19	1	6	87,07	95,92	81,69	92,96
4	13,5	143	2,6	19	1	6	86,71	95,80	80,74	92,59
5	12,7	149	2,9	19	1	6	87,25	95,97	77,17	92,13
6	12,3	155	2,9	19	1	6	87,74	96,13	76,42	91,87
7	11	117	7,3	43	1,2	5	63,25	95,73	33,64	89,09
8	9,7	122	7,3	43	1,2	5	64,75	95,90	24,74	87,63
9	9,9	127	6,8	38	1,3	6	70,08	95,28	31,31	86,87
10	9,8	110	6,8	38	1,3	6	65,45	94,55	30,61	86,73
11	9,6	112	6,1	29	1,4	7	74,11	93,75	36,46	85,42
12	9,9	115	6,1	29	1,4	7	74,78	93,91	38,38	85,86
13	9,7	116	3,6	17	1,5	8	85,34	93,10	62,89	84,54
14	9,4	117	3,6	17	1,5	8	85,47	93,16	61,70	84,04
15	9,5	115	4,9	31	2,7	9	73,04	92,17	48,42	71,58
16	9,2	110	4,9	31	2,7	9	71,82	91,82	46,74	70,65
17	8,9	107	7	38	3,1	11	64,49	89,72	21,35	65,17
18	8,6	101	7	38	3,1	11	62,38	89,11	18,60	63,95
19	9,1	102	7	39	3,2	12	61,76	88,24	23,08	64,84
20	9	103	7	39	3,2	12	62,14	88,35	22,22	64,44
21	8,7	100	7	28	3,1	13	72,00	87,00	19,54	64,37
22	8,5	98	7	28	3,1	13	71,43	86,73	17,65	63,53
23	8,8	100	6	24	3,3	14	76,00	86,00	31,82	62,50
24	9,1	102	6	24	3,3	14	76,47	86,27	34,07	63,74
Prom.	10,10	120,33	5,33	28,58	1,98	8,58	75,04	92,38	35%	85%

Mejora en Remoción NTU 62,75 %  
con Streaming Current UPC 69,97 %

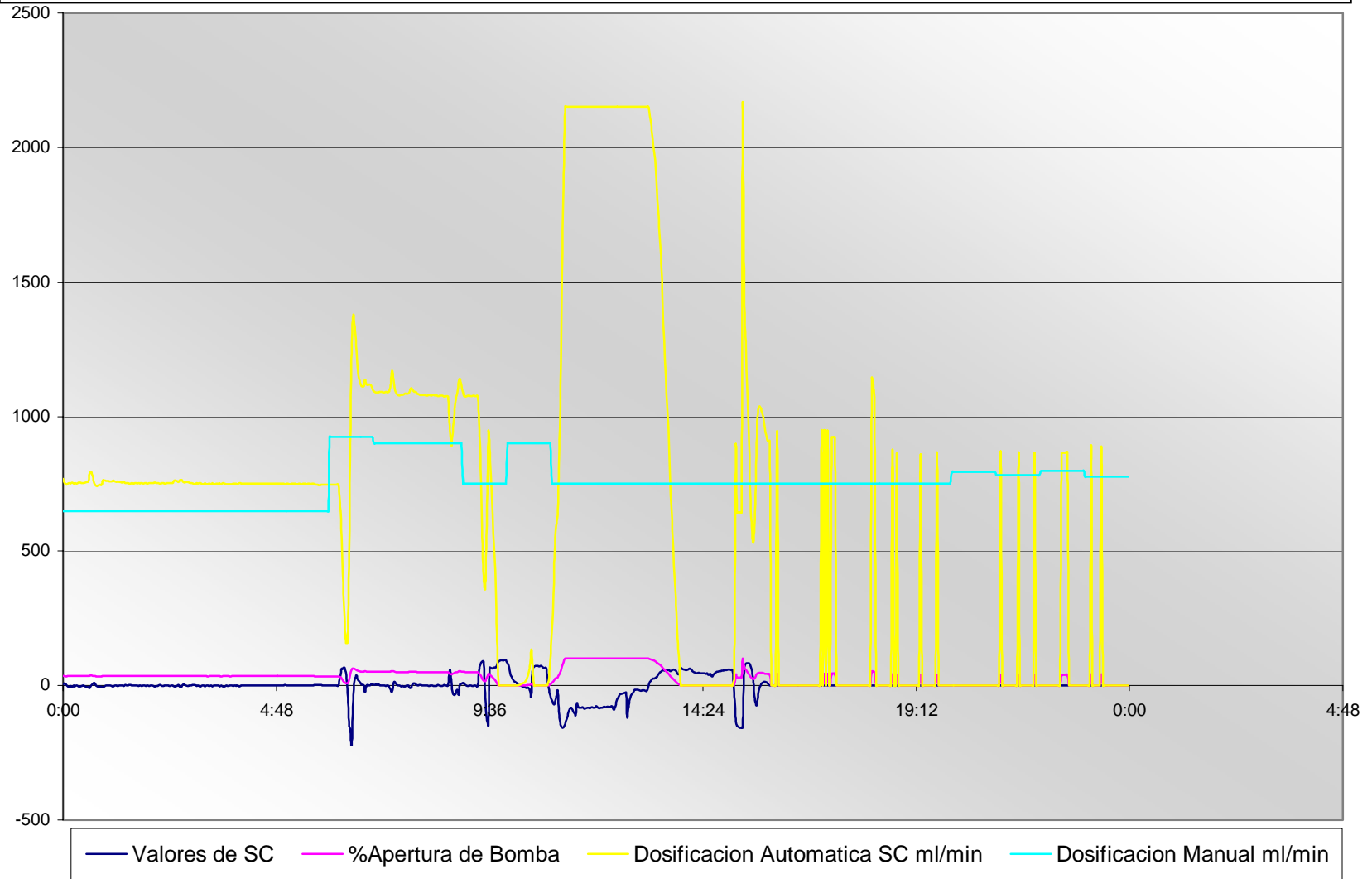
**Figura 11. Resultados dosificación Automática y manual 3 de Mayo de 2003**



Cuadro	No 5. MAYO 4 DE 2003									
	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN	
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas
Turbiedad NTU			Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	%Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
1	7,5	97	4,1	22	1,1	7	77,32	92,78	45,33	85,33
2	7,2	93	4,1	22	1,1	7	76,34	92,47	43,06	84,72
3	7,6	91	3,9	19	1	6	79,12	93,41	48,68	86,84
4	7,1	89	3,9	19	1	6	78,65	93,26	45,07	85,92
5	7,3	91	3,9	19	1,2	7	79,12	92,31	46,58	83,56
6	7	89	3,9	19	1,2	7	78,65	92,13	44,29	82,86
7	7	80	3,9	19	1,8	10	76,25	87,50	44,29	74,29
8	6,9	76	3,9	19	1,8	10	75,00	86,84	43,48	73,91
9	6,8	79	3,9	19	1,9	10	75,95	87,34	42,65	72,06
10	6,29	80	3,9	19	1,9	10	76,25	87,50	38,00	69,79
11	6,72	87	3,5	24	1,7	11	72,41	87,36	47,92	74,70
12	6,73	110	3,5	24	1,7	11	78,18	90,00	47,99	74,74
13	7,03	103	3,6	28	1,9	12	72,82	88,35	48,79	72,97
14	7,74	100	3,6	28	1,9	12	72,00	88,00	53,49	75,45
15	7,22	110	3,4	29	1,9	13	73,64	88,18	52,91	73,68
16	8,34	112	3,4	29	1,9	13	74,11	88,39	59,23	77,22
17	8,36	96	3	26	2,3	16	72,92	83,33	64,11	72,49
18	7,80	89	3	26	2,3	16	70,79	82,02	61,54	70,51
19	7,40	90	3,1	22	2,2	10	75,56	88,89	58,11	70,27
20	7,05	93	3,1	22	2,2	10	76,34	89,25	56,03	68,79
21	6,9	95	3	21	2,1	9	77,89	90,53	56,52	69,57
22	6,65	96	3	21	2,1	9	78,13	90,63	54,89	68,42
23	6,81	98	3	20	2	8	79,59	91,84	55,95	70,63
24	7,01	99	3	20	2	8	79,80	91,92	57,20	71,47
Prom.	7,19	93,46	3,53	22,33	1,76	9,92	76,12	89,34	49%	74%

Mejora en Remoción NTU 50,12 %  
con Streaming Current UPC 55,60 %

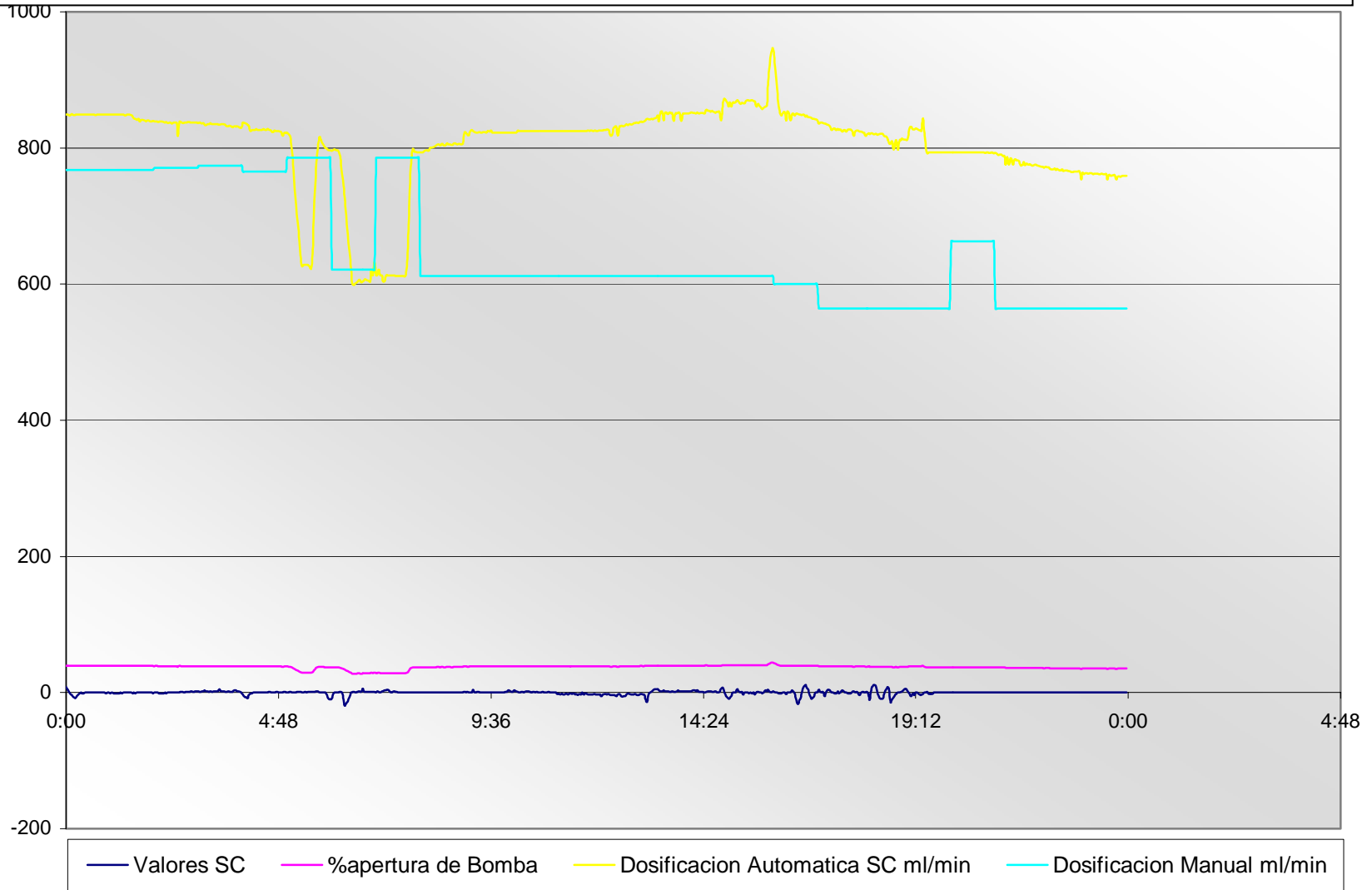
**Figura 12. Resultados dosificación Automática y manual 4 de Mayo de 2003**



Cuadro No 6.		MAYO 5 DE 2003									
HORA	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN		
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas	
			Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	% Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
1	6,37	99	2,9	15	1	7	84,85	92,93	54,47	84,30	
2	6,2	102	2,9	15	1	7	85,29	93,14	53,23	83,87	
3	6,09	105	2,7	14	0,89	7	86,67	93,33	55,67	85,39	
4	6,27	105	2,7	14	0,89	7	86,67	93,33	56,94	85,81	
5	6,64	97	2,5	14	0,9	7	85,57	92,78	62,35	86,45	
6	6,62	93	2,5	14	0,9	7	84,95	92,47	62,24	86,40	
7	5,09	87	1,9	15	1,2	10	82,76	88,51	62,67	76,42	
8	18,46	80	1,9	15	1,2	10	81,25	87,50	89,71	93,50	
9	20,7	81	2	16	1,4	11	80,25	86,42	90,34	93,24	
10	13,18	84	2	16	1,4	11	80,95	86,90	84,83	89,38	
11	6	83	2,1	17	1,5	12	79,52	85,54	65,00	75,00	
12	6,07	82	2,1	17	1,5	12	79,27	85,37	65,40	75,29	
13	6,35	82	2,4	17	1,6	13	79,27	84,15	62,20	74,80	
14	6,51	82	2,4	17	1,6	13	79,27	84,15	63,13	75,42	
15	6,41	83	2,1	15	1,4	11	81,93	86,75	67,24	78,16	
16	8,41	91	2,1	15	1,4	11	83,52	87,91	75,03	83,35	
17	7,98	93	2,4	15	1	7	83,87	92,47	69,92	87,47	
18	7,61	95	2,4	15	1	7	84,21	92,63	68,46	86,86	
19	6,75	89	2	14	1,1	6	84,27	93,26	70,37	83,70	
20	6,49	83	2	14	1,1	6	83,13	92,77	69,18	83,05	
21	6,48	84	1,8	13	1	6	84,52	92,86	72,22	84,57	
22	7,03	81	1,8	13	1	6	83,95	92,59	74,40	85,78	
23	7,24	80	1,7	11	1	6	86,25	92,50	76,52	86,19	
24	7,85	78	1,7	11	1	6	85,90	92,31	78,34	87,26	
Prom.	8,03	88,29	2,21	14,67	1,17	8,58	83,25	90,11	68%	85%	

Mejora en Remoción NTU 47,21 %  
con Streaming Current UPC 41,48 %

**Figura 13. Resultados dosificación Automática y manual 5 de Mayo de 2003**

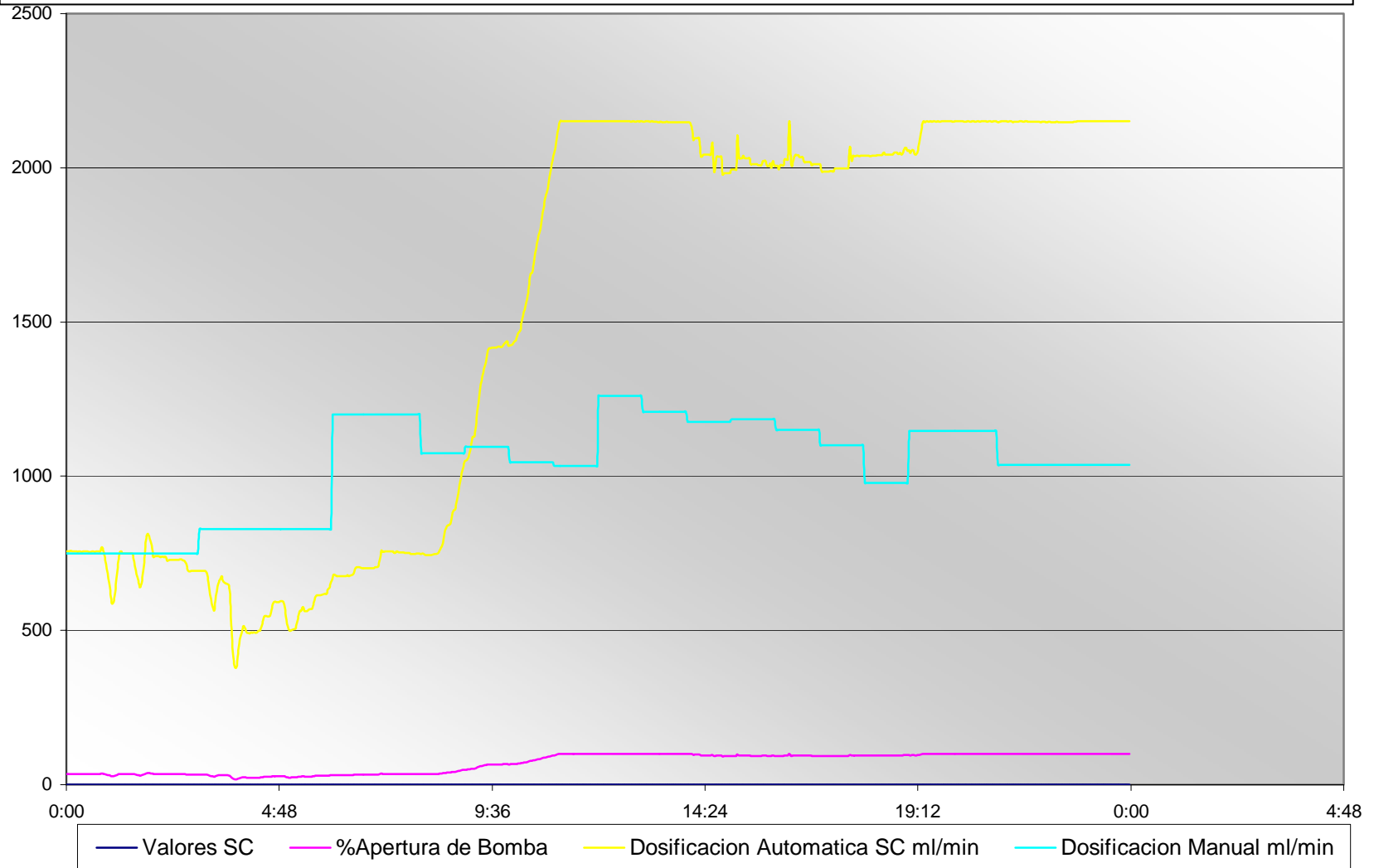




Cuadro	No 7. MAYO 6 DE 2003									
	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN	
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas
Turbiedad NTU			Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	%Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
HORA										
1	8,55	78	4	17	1	7	78,21	91,03	53,22	88,30
2	13,29	117	4	17	1	7	85,47	94,02	69,90	92,48
3	21,08	149	5,1	19	1,1	8	87,25	94,63	75,81	94,78
4	58,9	160	5,1	19	1,1	8	88,13	95,00	91,34	98,13
5	220,42	980	3,4	14	1,2	9	98,57	99,08	98,46	99,46
6	282,02	1030	3,4	14	1,2	9	98,64	99,13	98,79	99,57
7	289,67	1370	3,5	15	1,2	9	98,91	99,34	98,79	99,59
8	163,92	2410	3,5	15	1,2	9	99,38	99,63	97,86	99,27
9	104,49	1740	3,5	16	1,2	9	99,08	99,48	96,65	98,85
10	77,45	1070	3,5	16	1,2	9	98,50	99,16	95,48	98,45
11	59,95	1010	3,7	17	1,3	9	98,32	99,11	93,83	97,83
12	49,25	984	3,7	17	1,3	9	98,27	99,09	92,49	97,36
13	42,2	757	3,9	19	1,3	10	97,49	98,68	90,76	96,92
14	39	591	3,9	19	1,3	10	96,79	98,31	90,00	96,67
15	39,57	415	3,7	19	1,3	9	95,42	97,83	90,65	96,71
16	37,15	383	3,7	19	1,3	9	95,04	97,65	90,04	96,50
17	37,24	289	3,7	19	1,3	9	93,43	96,89	90,06	96,51
18	36,54	285	3,7	19	1,3	9	93,33	96,84	89,87	96,44
19	35,05	300	5,1	49	1,5	23	83,67	92,33	85,45	95,72
20	33,7	293	5,1	49	1,5	23	83,28	92,15	84,87	95,55
21	30,54	280	5,3	50	1,7	23	82,14	91,79	82,65	94,43
22	27	279	5,3	50	1,7	23	82,08	91,76	80,37	93,70
23	24,48	274	5,4	50	1,9	23	81,75	91,61	77,94	92,24
24	22,64	267	5,4	50	1,9	23	81,27	91,39	76,15	91,61
Prom.	73,09	646,29	4,19	25,33	1,33	12,33	91,43	96,08	90%	97%

Mejora en Remoción NTU 68,19 %  
con Streaming Current UPC 51,32 %

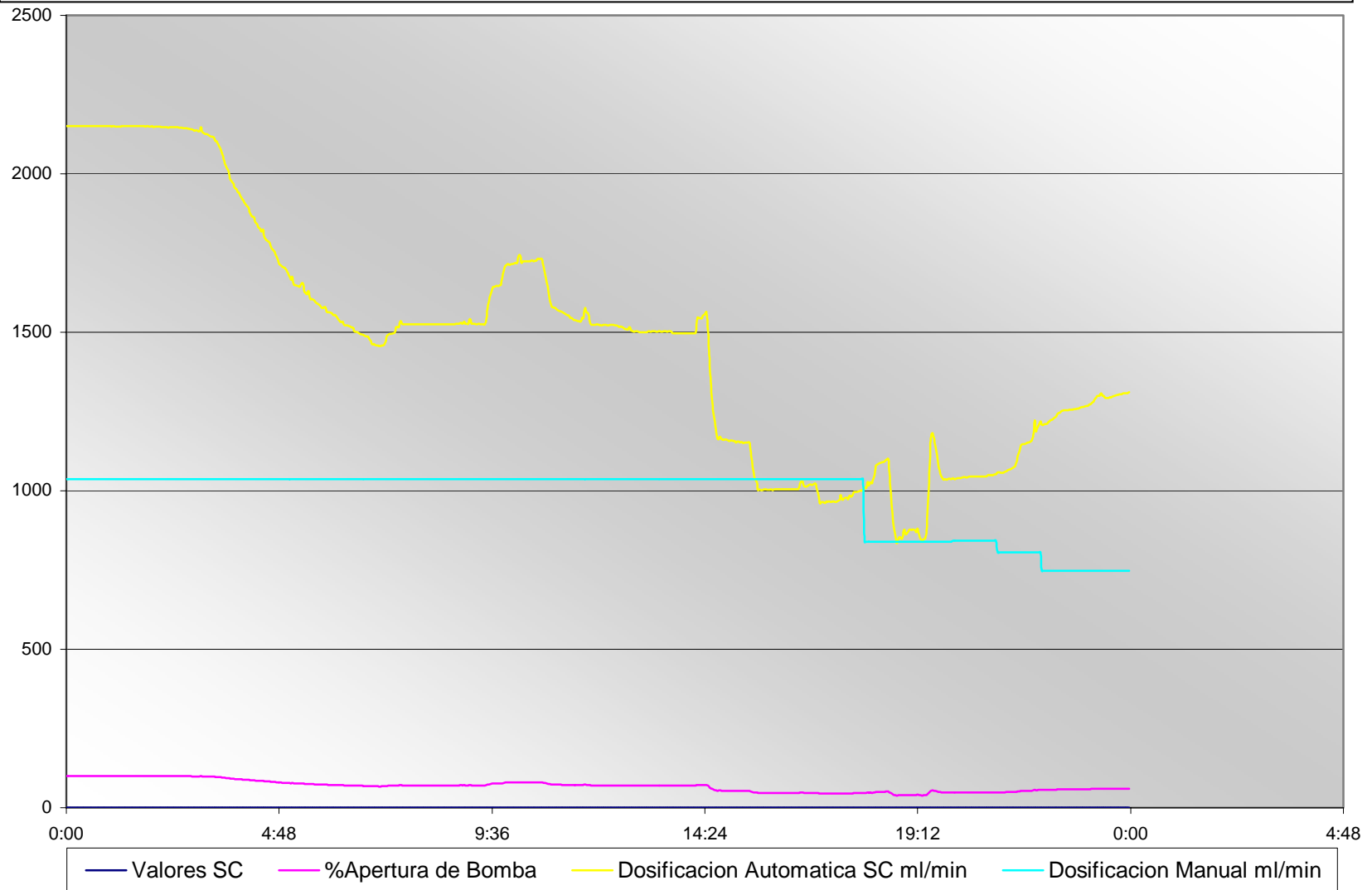
**Figura 14. Resultados dosificación Automática y manual 6 de Mayo de 2003**



Cuadro No 8.		MAYO 7 DE 2003									
HORA	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN		
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas	
			Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	% Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
1	21,47	251	4,3	45	1,4	14	82,07	94,42	79,97	93,48	
2	20,26	234	4,3	45	1,4	14	80,77	94,02	78,78	93,09	
3	20,5	272	4,1	40	1,3	12	85,29	95,59	80,00	93,66	
4	17,71	243	4,1	40	1,3	12	83,54	95,06	76,85	92,66	
5	16,2	222	3,9	34	1,2	11	84,68	95,05	75,93	92,59	
6	16,15	191	3,9	34	1,2	11	82,20	94,24	75,85	92,57	
7	14,43	195	4	59	1,2	9	69,74	95,38	72,28	91,68	
8	14,46	183	4	59	1,2	9	67,76	95,08	72,34	91,70	
9	13,16	170	3,6	48	1,8	12	71,76	92,94	72,64	86,32	
10	12,55	167	3,6	48	1,8	12	71,26	92,81	71,31	85,66	
11	12,17	160	3,5	42	1,9	13	73,75	91,88	71,24	84,39	
12	13	159	3,5	42	1,9	13	73,58	91,82	73,08	85,38	
13	14,24	162	4,3	48	2,3	16	70,37	90,12	69,80	83,85	
14	15,52	169	4,3	48	2,3	16	71,60	90,53	72,29	85,18	
15	15,67	171	4,3	39	2,4	19	77,19	88,89	72,56	84,68	
16	16,66	170	4,3	39	2,4	19	77,06	88,82	74,19	85,59	
17	30,86	146	4	41	2,3	18	71,92	87,67	87,04	92,55	
18	60,97	137	4	41	2,3	18	70,07	86,86	93,44	96,23	
19	74,41	515	3,9	40	2,1	17	92,23	96,70	94,76	97,18	
20	51,27	497	3,9	40	2,1	17	91,95	96,58	92,39	95,90	
21	38,7	462	3,7	39	1,7	16	91,56	96,54	90,44	95,61	
22	33,88	420	3,7	39	1,7	16	90,71	96,19	89,08	94,98	
23	25,87	405	3,5	37	1,5	14	90,86	96,54	86,47	94,20	
24	21,68	300	3,5	37	1,5	14	87,67	95,33	83,86	93,08	
Prom.	24,66	250,04	3,93	42,67	1,76	14,25	79,57	93,29	76%	93%	

Mejora en Remoción NTU 55,20 %  
con Streaming Current UPC 66,60 %

**Figura 15. Resultados dosificación Automática y manual 7 de Mayo de 2003**



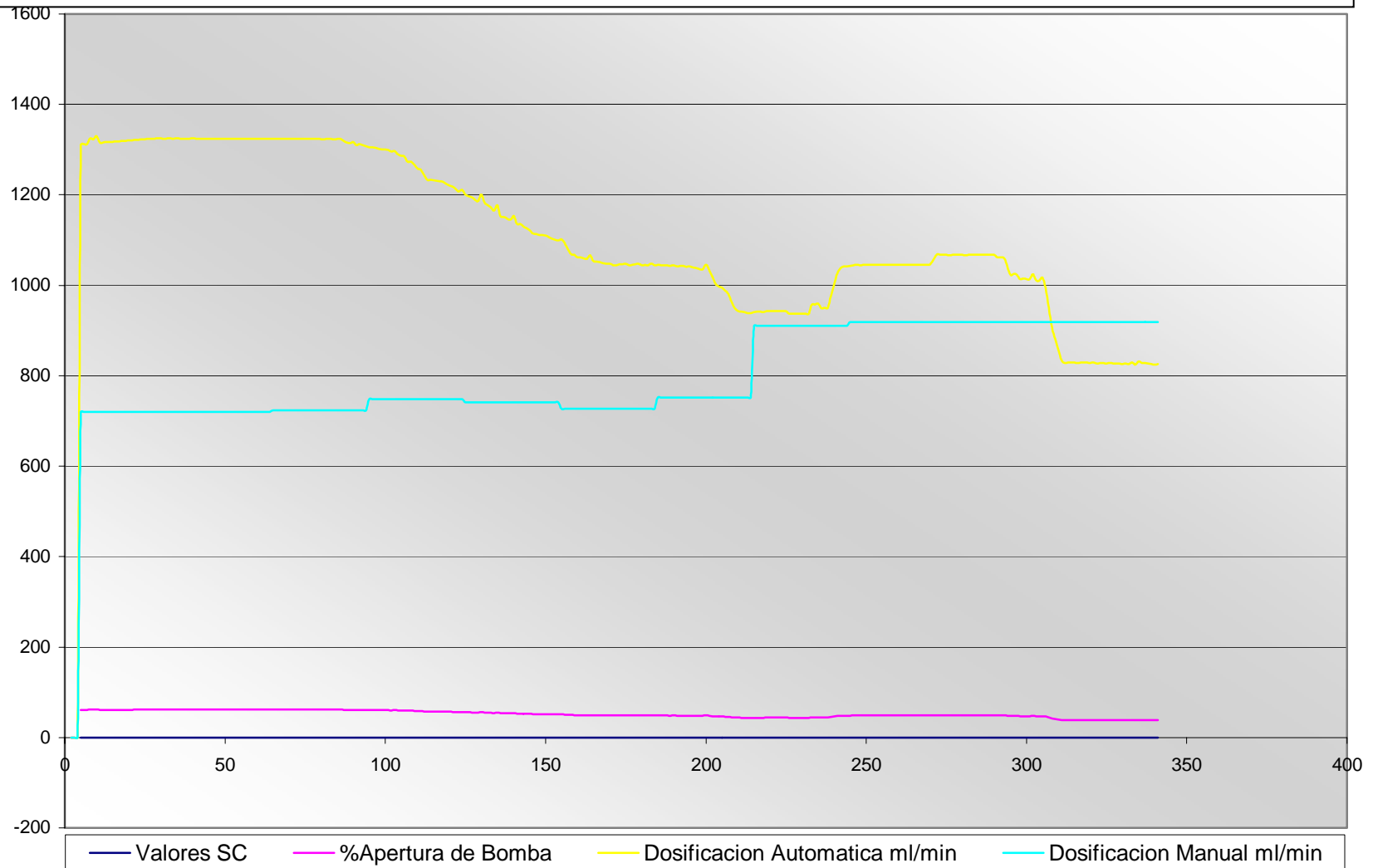
Cuadro No 9.		MAYO 8 DE 2003									
HORA	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN		
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas	
			Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	% Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
1	19,39	275	3,9	38	1,5	14	86,18	94,91	79,89	92,26	
2	17,86	251	3,9	38	1,5	14	84,86	94,42	78,16	91,60	
3	15,99	223	3,9	41	1,6	10	81,61	95,52	75,61	89,99	
4	14,96	198	3,9	41	1,6	10	79,29	94,95	73,93	89,30	
5	14,31	186	4	40	1,6	12	78,49	93,55	72,05	88,82	
6	13,28	208	4	40	1,6	12	80,77	94,23	69,88	87,95	
7	12,08	199	6,9	68	2,1	21	65,83	89,45	42,88	82,62	
8	11,86	194	6,9	68	2,1	21	64,95	89,18	41,82	82,29	
9	11,41	154	5	50	2,3	17	67,53	88,96	56,18	79,84	
10	11,29	146	5	50	2,3	17	65,75	88,36	55,71	79,63	
11	11,2	148	4,9	27	4,5	16	81,76	89,19	56,25	59,82	
12	11,68	147	4,9	27	4,5	16	81,63	89,12	58,05	61,47	
13	11,58	152	5,2	20	4,1	24	86,84	84,21	55,09	64,59	
14	11,34	147	5,2	20	4,3	24	86,39	83,67	54,14	62,08	
15	11,45	144	5,1	27	3,9	22	81,25	84,72	55,46	65,94	
16	10,83	141	5,1	27	4,9	22	80,85	84,40	52,91	54,76	
17	11,02	140	4,5	25	4,8	27	82,14	80,71	59,17	56,44	
18	11,59	137	4,5	25	4,8	27	81,75	80,29	61,17	58,58	
19	10,62	138	3,9	26	4	20	81,16	85,51	63,28	62,34	
20	10,18	136	3,9	26	4	20	80,88	85,29	61,69	60,71	
21	9,51	140	3,5	26	3,8	18	81,43	87,14	63,20	60,04	
22	8,93	141	3,5	26	3,5	18	81,56	87,23	60,81	60,81	
23	8,59	138	3,8	27	4	17	80,43	87,68	55,76	53,43	
24	8,32	133	3,8	27	3,9	17	79,70	87,22	54,33	53,13	
Prom.	12,05	167,33	4,75	45,55	2,06	14,91	76,09	92,06	70%	88%	

Mejora en Remoción NTU 56,60 %  
con Streaming Current UPC 67,27 %

Fuera de Funcionamiento (SC)  
Datos Fuera del Calculo



**Figura 16. Resultados dosificación Automática y manual 8 de Mayo de 2003**



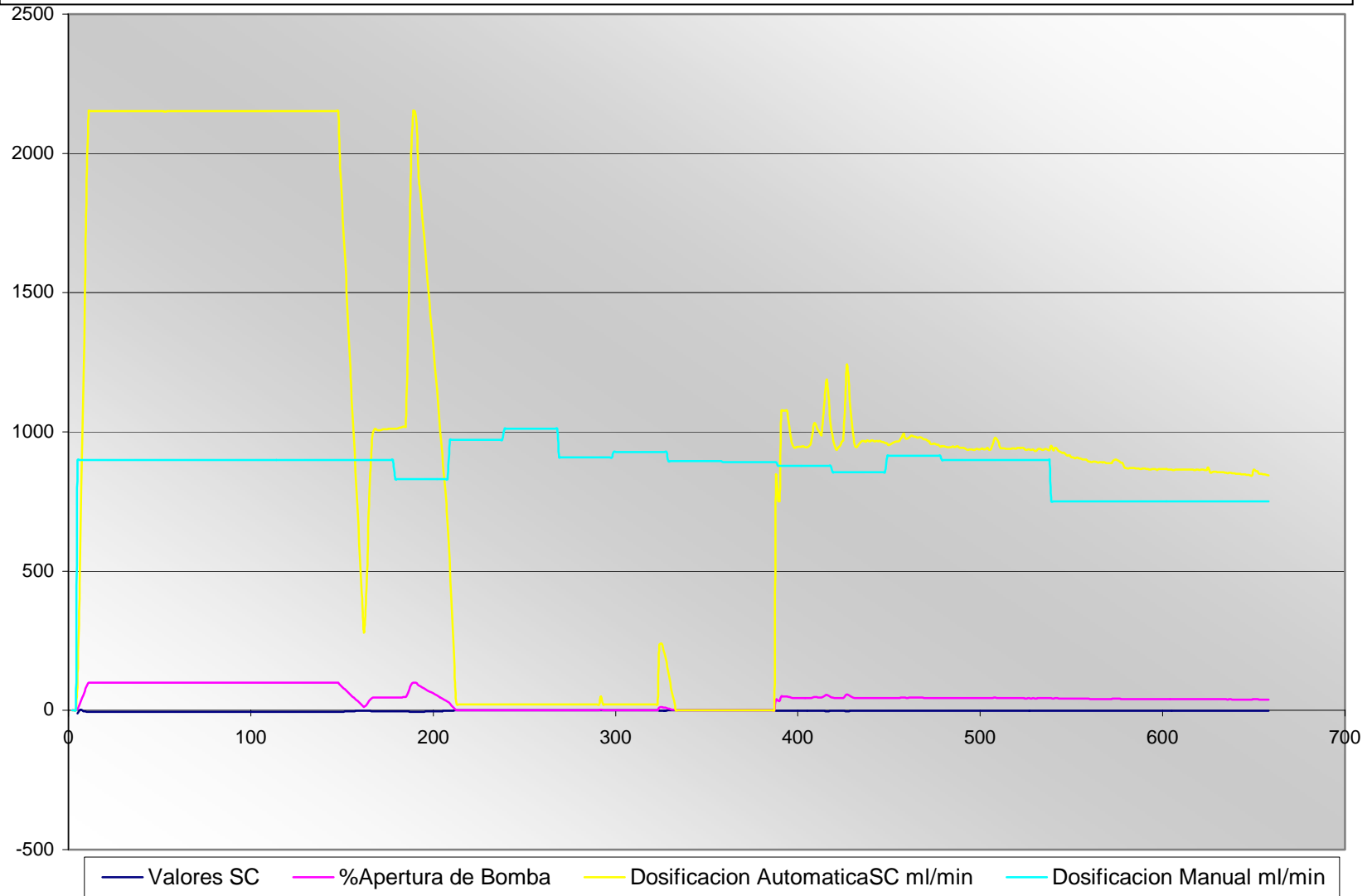
Cuadro No 10.		MAYO 9 DE 2003									
HORA	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN		
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas	
			Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	% Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
1	9,47	133	3,7	28	3,2	18	78,95	86,47	60,93	66,21	
2	9,33	142	3,7	28	3,9	18	80,28	87,32	60,34	58,20	
3	8,54	141	3,6	27	3,8	16	80,85	88,65	57,85	55,50	
4	8,34	140	3,6	27	4	16	80,71	88,57	56,83	52,04	
5	8,12	128	3,5	26	3,7	15	79,69	88,28	56,90	54,43	
6	7,75	132	3,5	26	3,7	15	80,30	88,64	54,84	52,26	
7	7,93	117	3,9	39	3,4	39	66,67	66,67	50,82	57,12	
8	8,29	121	3,9	39	3,4	39	67,77	67,77	52,96	58,99	
9	8,53	119	6,4	4,3	7,7	43	96,39	63,87	24,97	9,73	
10	7,87	116	6,5	4,3	7,7	43	96,29	62,93	17,41	2,16	
11	8,28	119	5,7	41	6,5	35	65,55	70,59	31,16	21,50	
12	8,4	118	5,7	41	6,5	35	65,25	70,34	32,14	22,62	
13	9,5	119	5,1	42	6,2	31	64,71	73,95	46,32	34,74	
14	8,57	121	5,1	42	6,2	31	65,29	74,38	40,49	27,65	
15	9,27	118	5,3	44	5,9	30	62,71	74,58	42,83	36,35	
16	8,65	117	5,3	44	5,9	30	62,39	74,36	38,73	31,79	
17	8,5	116	4,9	42	5,3	29	63,79	75,00	42,35	37,65	
18	8,50	115	4,9	42	5,3	29	63,48	74,78	42,35	37,65	
19	8,24	98	7,2	40	3,4	14	59,18	85,71	12,62	58,74	
20	8,54	99	7,2	40	3,4	14	59,60	85,86	15,69	60,19	
21	8,34	94	7	38	3,1	15	59,57	84,04	16,07	62,83	
22	8,28	97	7	38	3,1	15	60,82	84,54	15,46	62,56	
23	8,27	95	6,5	39	3,3	13	58,95	86,32	21,40	60,10	
24	7,84	94	6,5	39	3,3	13	58,51	86,17	17,09	57,91	
Prom.	8,47	117,04	6,08	40,73	4,38	21,18	61,30	80,52	21%	58%	

Mejora en Remoción NTU 27,95 %  
con Streaming Current UPC 47,99 %

Fuera de Funcionamiento (SC)  
Datos Fuera del Calculo



**Figura 17. Resultados dosificación Automática y manual 9 de Mayo de 2003**

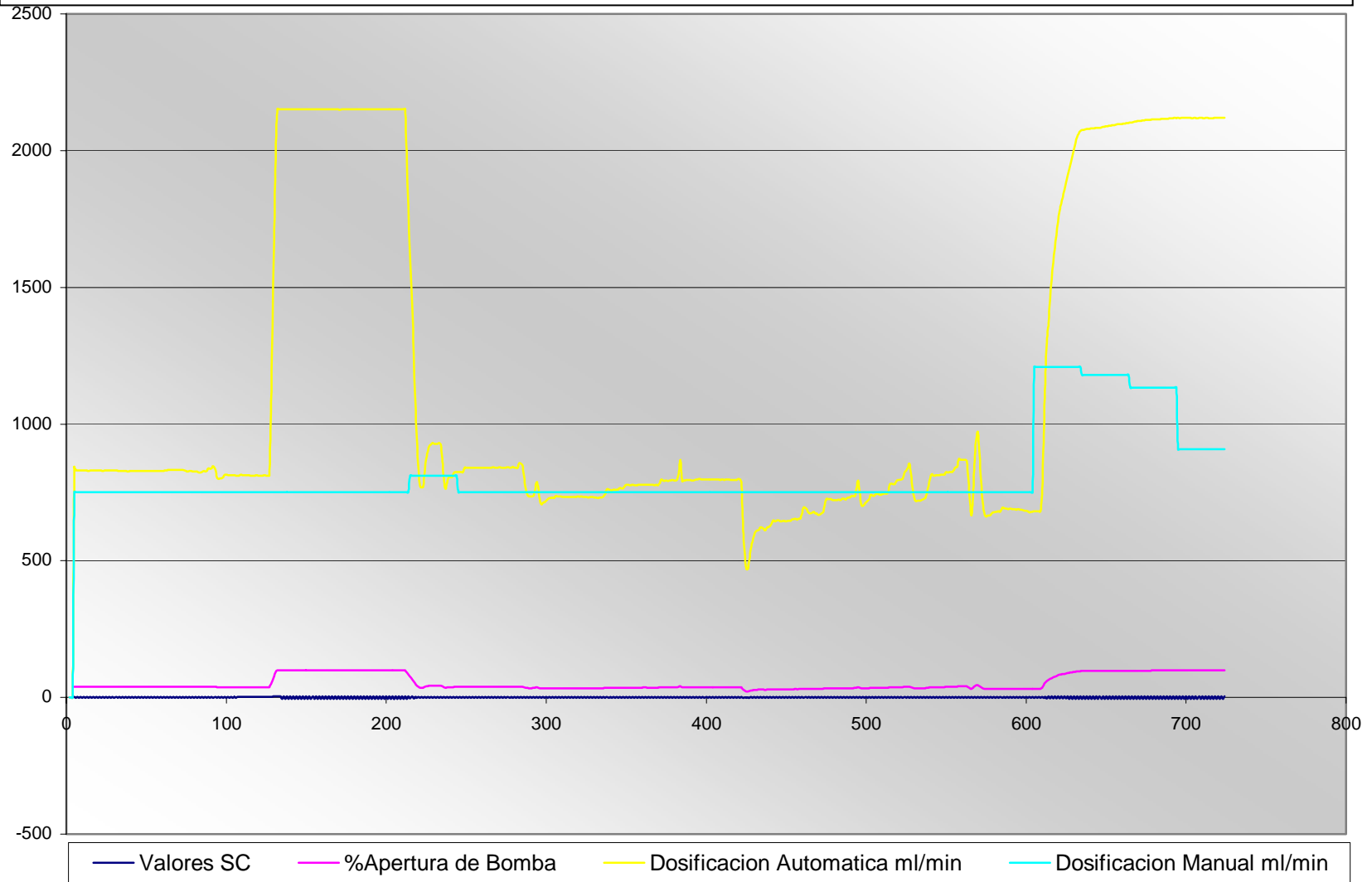




Cuadro No 11.		MAYO 10 DE 2003									
HORA	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN		
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas	
			Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	% Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
1	7,58	96	5,1	33	2,8	11	65,63	88,54	32,72	63,06	
2	7,22	91	5,1	33	2,8	11	63,74	87,91	29,36	61,22	
3	7,16	90	4,8	29	2,6	10	67,78	88,89	32,96	63,69	
4	7,75	92	4,8	29	2,6	10	68,48	89,13	38,06	66,45	
5	7,26	94	4,9	29	2,7	12	69,15	87,23	32,51	62,81	
6	7,5	91	4,9	29	2,7	12	68,13	86,81	34,67	64,00	
7	9,87	90	4,8	28	2,9	14	68,89	84,44	51,37	70,62	
8	13,15	86	4,8	28	2,9	14	67,44	83,72	63,50	77,95	
9	8,54	92	4,4	39	3,6	21	57,61	77,17	-415,22	57,85	
10	15,7	90	4,4	39	3,6	21	56,67	76,67	-180,25	77,07	
11	9,63	86	4,6	44	3,8	3,4	48,84	96,05	52,23	60,54	
12	7,69	77	4,6	44	3,8	3,4	42,86	95,58	40,18	50,59	
13	7,44	80	4,3	40	3,9	4,2	50,00	94,75	42,20	47,58	
14	45,92	81	4,3	40	3,9	4,2	50,62	94,81	90,64	91,51	
15	123,19	90	4,3	42	3,3	4	53,33	95,56	96,51	97,32	
16	11,13	97	4,3	42	3,3	4	56,70	95,88	61,37	70,35	
17	24,9	98	4	40	3,1	4	59,18	95,92	83,94	87,55	
18	53,63	96	4	40	3,1	4	58,33	95,83	92,54	94,22	
19	95,90	1420	5,3	46	3	8	96,76	99,44	94,47	96,87	
20	67,46	1342	5,3	46	3	8	96,57	99,40	92,14	95,55	
21	54,63	462	4,2	39	2,9	8	91,56	98,27	92,31	94,69	
22	42,91	420	4,2	39	2,9	8	90,71	98,10	90,21	93,24	
23	32,96	337	4,2	39	2,5	7	88,43	97,92	87,26	92,42	
24	25,94	337	4,2	39	2,5	7	88,43	97,92	83,81	90,36	
Prom.	28,96	247,29	7,88	37,33	3,09	8,88	67,74	91,91	57%	74%	

Mejora en Remoción NTU 60,74 %  
con Streaming Current UPC 76,21 %

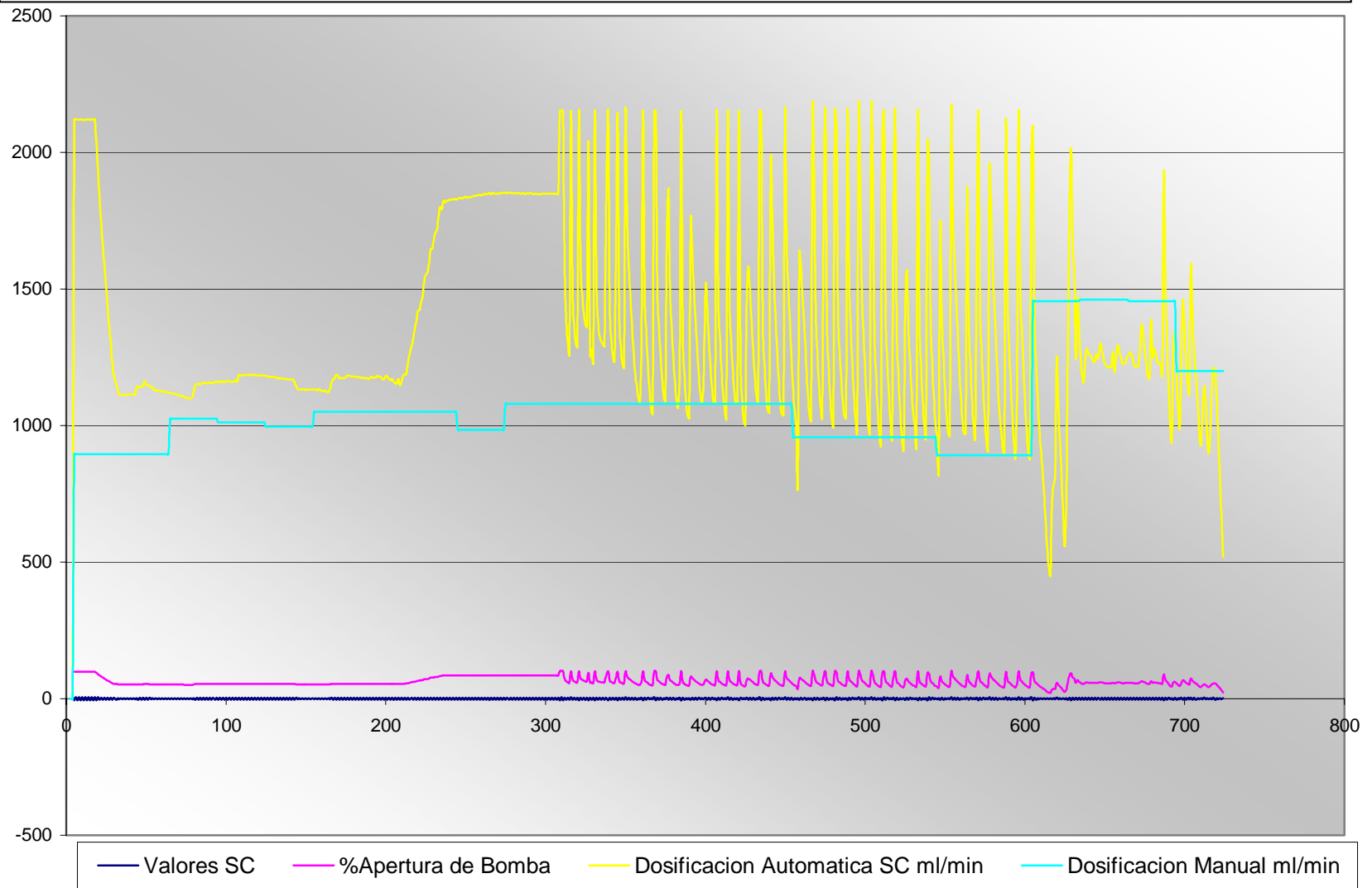
**Figura 18. Resultados dosificación Automática y manual 10 de Mayo de 2003**



Cuadro No 12.		MAYO 11 DE 2003									
HORA	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN		
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas	
			Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	% Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
1	22,75	295	4	25	2	7	91,53	97,63	82,42	91,21	
2	19,51	296	4	25	2	7	91,55	97,64	79,50	89,75	
3	17,01	274	4	27	1,9	7	90,15	97,45	76,48	88,83	
4	16,04	285	4	27	1,9	7	90,53	97,54	75,06	88,15	
5	14,96	280	4	29	1,9	8	89,64	97,14	73,26	87,30	
6	13,94	272	4	29	1,9	8	89,34	97,06	71,31	86,37	
7	12,94	143	5,3	24	1,9	8	83,22	94,41	59,04	85,32	
8	12,3	136	5,3	24	1,9	8	82,35	94,12	56,91	84,55	
9	12,38	152	4,7	21	1,9	8	86,18	94,74	62,04	84,65	
10	11,17	142	4,7	21	1,9	8	85,21	94,37	57,92	82,99	
11	10,71	148	4,8	29	2	10	80,41	93,24	55,18	81,33	
12	10,54	142	4,8	29	2	10	79,58	92,96	54,46	81,02	
13	10,53	139	4,9	29	2,1	12	79,14	91,37	53,47	80,06	
14	11,16	138	4,9	29	2,1	12	78,99	91,30	56,09	81,18	
15	10,4	136	4,7	23	2	11	83,09	91,91	54,81	80,77	
16	11,18	132	4,7	23	2	11	82,58	91,67	57,96	82,11	
17	10,37	129	4,5	22	2,1	11	82,95	91,47	56,61	79,75	
18	11,44	124	4,5	22	2,1	11	82,26	91,13	60,66	81,64	
19	10,25	123	4,5	22	2,3	12	82,11	90,24	56,10	77,56	
20	9,82	186	4,5	22	2,3	12	88,17	93,55	54,18	76,58	
21	9,32	173	4,5	22	2,1	10	87,28	94,22	51,72	77,47	
22	9,11	118	4,5	22	2,1	10	81,36	91,53	50,60	76,95	
23	9,01	110	4	21	2	8	80,91	92,73	55,60	77,80	
24	8,65	108	4	21	2	8	80,56	92,59	53,76	76,88	
Prom.	12,31	174,21	4,49	24,50	2,02	9,33	84,54	93,83	57%	81%	

Mejora en Remoción NTU 55,10 %  
con Streaming Current UPC 61,90 %

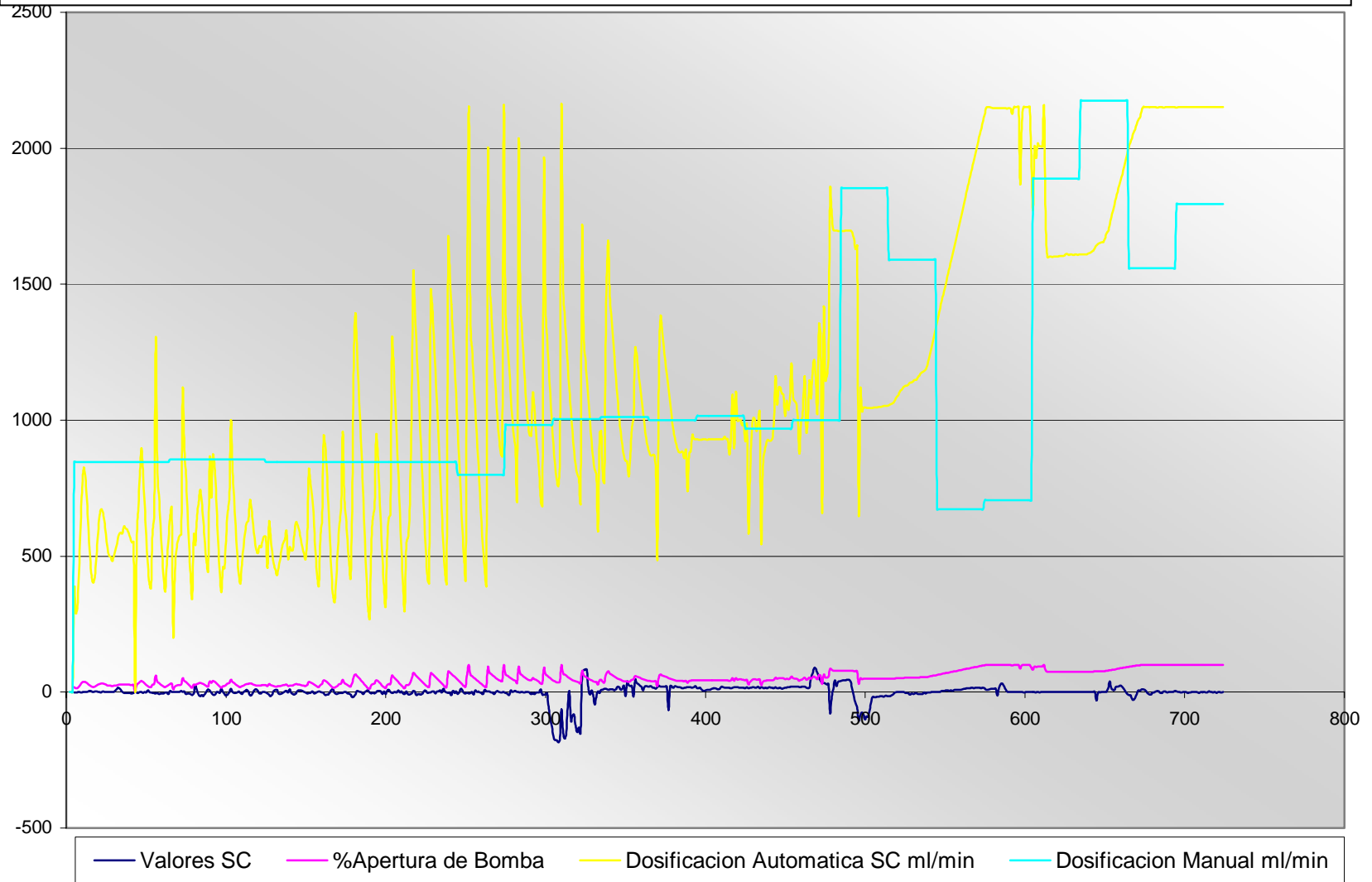
**Figura 19. Resultados dosificación Automática y manual 11 de Mayo de 2003**



Cuadro	No 13. MAYO 12 DE 2003									
	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN	
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas
Turbiedad NTU			Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	%Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
HORA										
1	8,27	136	4	46	2	8	66,18	94,12	51,63	75,82
2	8,72	148	4	46	2	8	68,92	94,59	54,13	77,06
3	9,22	139	4	38	2	8	72,66	94,24	56,62	78,31
4	12,5	139	4	38	2	8	72,66	94,24	68,00	84,00
5	16,25	160	4,1	51	2,1	9	68,13	94,38	74,77	87,08
6	21,6	168	4,1	51	2,1	9	69,64	94,64	81,02	90,28
7	20,92	134	3,9	35	2,1	9	73,88	93,28	81,36	89,96
8	27,49	139	3,9	35	2,1	9	74,82	93,53	85,81	92,36
9	31,76	155	3,7	31	1,9	8	80,00	94,84	88,35	94,02
10	33,75	172	3,7	31	1,9	8	81,98	95,35	89,04	94,37
11	33,54	215	3,5	30	1,7	8	86,05	96,28	89,56	94,93
12	33,74	284	3,5	30	1,7	8	89,44	97,18	89,63	94,96
13	38,09	347	3,8	27	2,5	9	92,22	97,41	90,02	93,44
14	81,98	939	3,8	27	2,5	9	97,12	99,04	95,36	96,95
15	134,54	1200	3,7	28	2,4	10	97,67	99,17	97,25	98,22
16	143,28	1180	3,7	28	2,4	10	97,63	99,15	97,42	98,32
17	890,3	2790	3,9	35	2,7	11	98,75	99,61	99,56	99,70
18	1340,68	3780	3,9	35	2,7	11	99,07	99,71	99,71	99,80
19	1007,33	3550	4,1	36	1,6	9	98,99	99,75	99,59	99,84
20	525,67	2080	4,1	36	1,6	9	98,27	99,57	99,22	99,70
21	314	1990	3,8	29	1,5	8	98,54	99,60	98,79	99,52
22	236,99	1070	3,8	29	1,5	8	97,29	99,25	98,40	99,37
23	185,16	1250	2,9	27	1,4	7	97,84	99,44	98,43	99,24
24	128,51	950	2,9	27	1,4	7	97,16	99,26	97,74	98,91
Prom.	220,18	963,13	3,78	34,42	1,99	8,67	86,45	96,98	90%	95%

Mejora en Remoción NTU 47,36 %  
con Streaming Current UPC 74,82 %

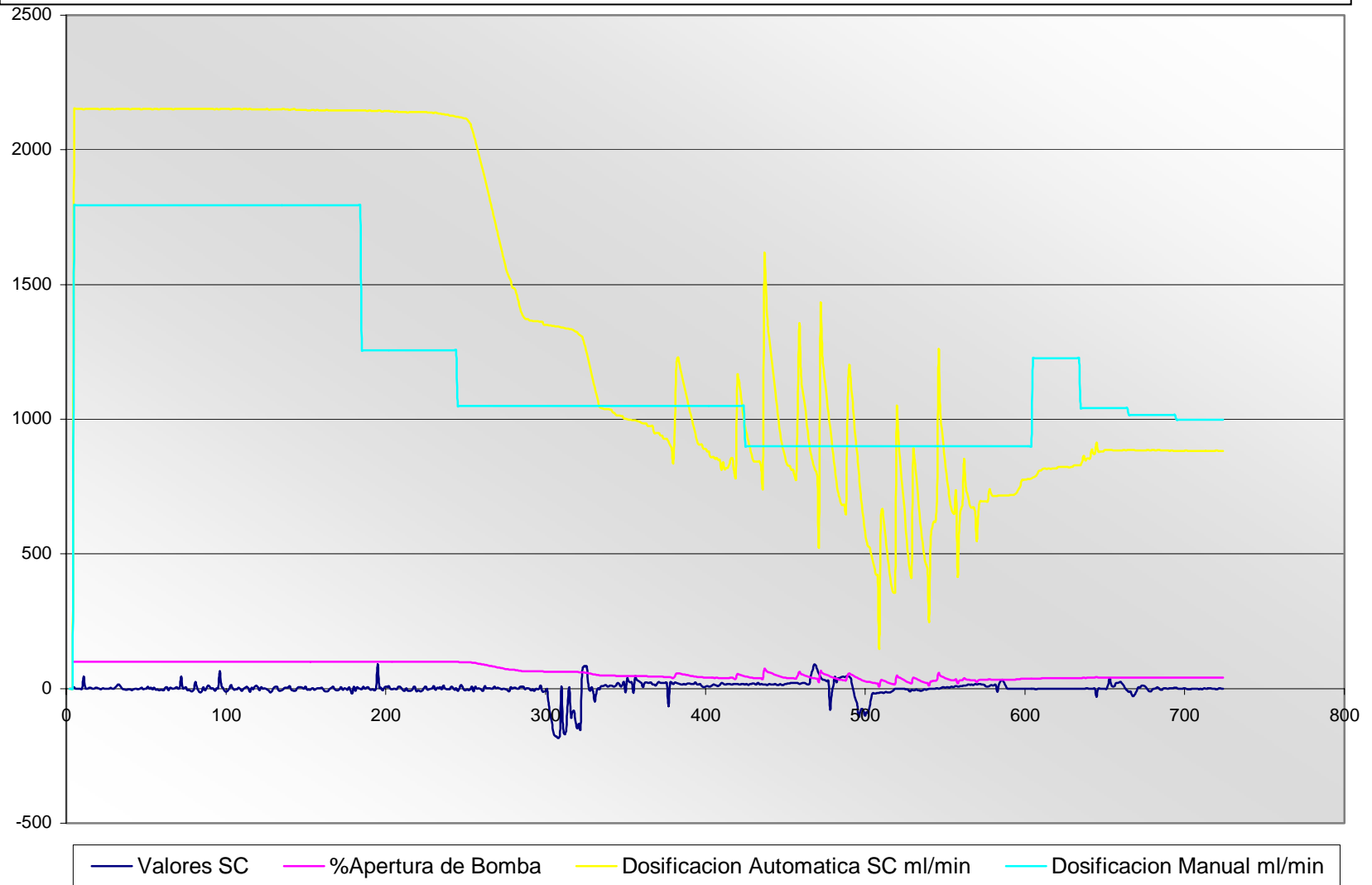
**Figura 20. Resultados dosificación Automática y manual 12 de Mayo de 2003**



Cuadro No 14.		MAYO 13 DE 2003									
HORA	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN		
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas	
			Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	% Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
1	95,12	935	3,9	34	1,6	8	96,36	99,14	95,90	98,32	
2	77,01	652	3,9	34	1,6	8	94,79	98,77	94,94	97,92	
3	62,12	550	3,8	29	1,5	7	94,73	98,73	93,88	97,59	
4	52,91	405	3,8	29	1,5	7	92,84	98,27	92,82	97,16	
5	44,77	339	3,9	29	1,7	9	91,45	97,35	91,29	96,20	
6	36,81	332	3,9	29	1,7	9	91,27	97,29	89,41	95,38	
7	34,2	300	3,6	24	1,8	10	92,00	96,67	89,47	94,74	
8	41,99	248	3,6	24	1,8	10	90,32	95,97	91,43	95,71	
9	37,88	240	3,7	31	2	9	87,08	96,25	90,23	94,72	
10	33,09	231	3,7	31	2	9	86,58	96,10	88,82	93,96	
11	26,59	215	3,7	31	2,1	10	85,58	95,35	86,08	92,10	
12	25,51	200	3,7	31	2,1	10	84,50	95,00	85,50	91,77	
13	27,31	245	3,2	26	2	9	89,39	96,33	88,28	92,68	
14	26,19	270	3,2	26	2	9	90,37	96,67	87,78	92,36	
15	27,31	296	3,1	20	2,1	10	93,24	96,62	88,65	92,31	
16	26,11	370	3,1	20	2,1	10	94,59	97,30	88,13	91,96	
17	27,87	280	3,2	19	2	10	93,21	96,43	88,52	92,82	
18	56,87	259	3,2	19	2	10	92,66	96,14	94,37	96,48	
19	63,55	440	3,9	27	2,1	10	93,86	97,73	93,86	96,70	
20	52,56	530	3,9	27	2,1	10	94,91	98,11	92,58	96,00	
21	66,44	517	3,9	29	2	9	94,39	98,26	94,13	96,99	
22	44,44	495	3,9	29	2	9	94,14	98,18	91,22	95,50	
23	35,79	368	3,7	29	1,9	8	92,12	97,83	89,66	94,69	
24	31,77	243	3,7	29	1,9	8	88,07	96,71	88,35	94,02	
Prom.	43,93	373,33	3,63	27,33	1,90	9,08	91,60	97,13	90%	95%	

Mejora en Remoción NTU 47,71 %  
con Streaming Current UPC 66,77 %

**Figura 21. Resultados dosificación Automática y manual 13 de Mayo de 2003**

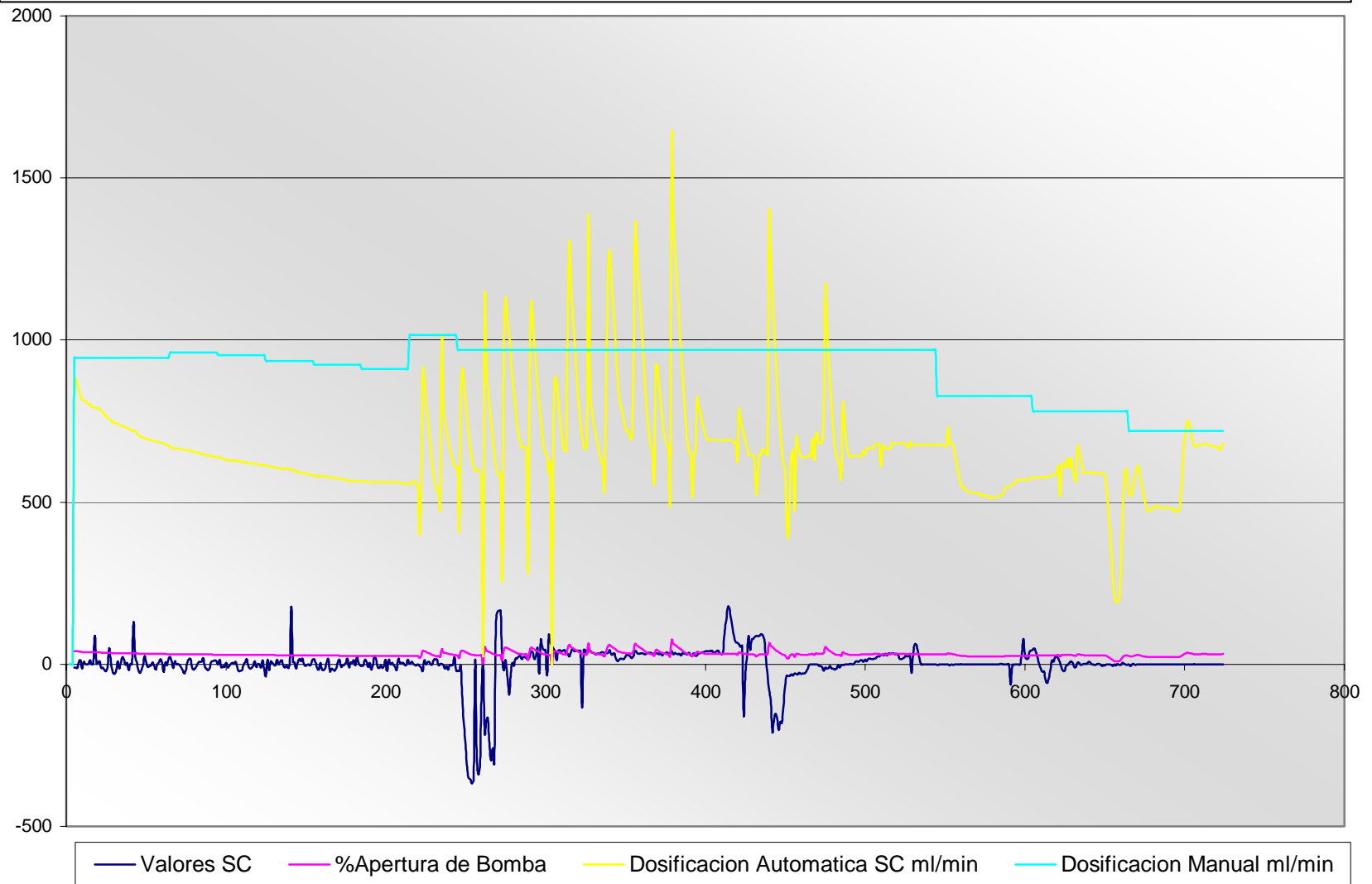




Cuadro No 15.		MAYO 14 DE 2003									
HORA	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN		
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas	
			Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	% Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
1	28,05	235	3,7	30	1,7	9	87,23	96,17	86,81	93,94	
2	25,26	224	3,7	30	1,7	9	86,61	95,98	85,35	93,27	
3	23,3	218	3,9	28	1,8	8	87,16	96,33	83,26	92,27	
4	20,67	222	3,9	28	1,8	8	87,39	96,40	81,13	91,29	
5	18,5	215	3,6	29	1,9	8	86,51	96,28	80,54	89,73	
6	17,12	193	3,6	29	1,9	8	84,97	95,85	78,97	88,90	
7	16,04	162	5,1	25	1,5	6	84,57	96,30	68,20	90,65	
8	15,16	150	5,1	25	1,5	6	83,33	96,00	66,36	90,11	
9	14,63	150	3,8	29	1,4	5	80,67	96,67	74,03	90,43	
10	14,72	134	3,8	29	1,4	5	78,36	96,27	74,18	90,49	
11	15,17	136	3,5	21	1,5	7	84,56	94,85	76,93	90,11	
12	14,38	139	3,5	21	1,5	7	84,89	94,96	75,66	89,57	
13	14,03	145	3,7	24	1,8	10	83,45	93,10	73,63	87,17	
14	17,3	150	3,7	24	1,8	10	84,00	93,33	78,61	89,60	
15	23,24	157	4,8	26	2,4	12	83,44	92,36	79,35	89,67	
16	20	168	4,8	26	2,4	12	84,52	92,86	76,00	88,00	
17	28,24	212	5,1	28	2,4	12	86,79	94,34	81,94	91,50	
18	46,51	230	5,1	28	2,4	12	87,83	94,78	89,03	94,84	
19	39,05	231	5	29	2,1	10	87,45	95,67	87,20	94,62	
20	28,73	232	5	29	2,1	10	87,50	95,69	82,60	92,69	
21	21,83	213	3,8	17	2,4	8	92,02	96,24	82,59	89,01	
22	19,29	200	3,8	17	2,4	8	91,50	96,00	80,30	87,56	
23	18,12	184	3,1	14	2,3	9	92,39	95,11	82,89	87,31	
24	15,13	160	3,1	14	2,3	9	91,25	94,38	79,51	84,80	
Prom.	21,44	185,83	4,09	25,00	1,93	8,67	86,18	95,25	80%	90%	

Mejora en Remoción NTU 52,75 %  
con Streaming Current UPC 65,33 %

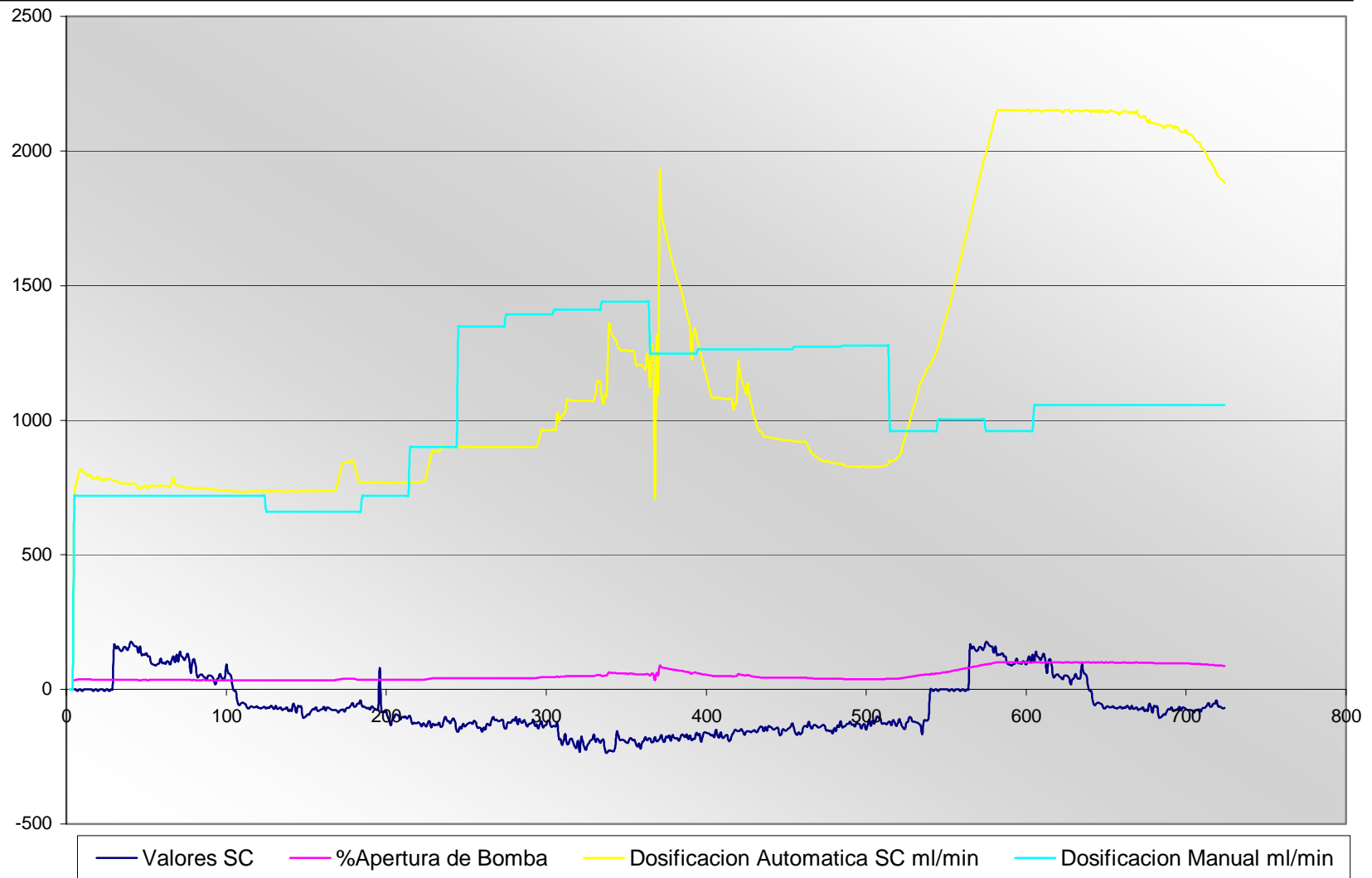
**Figura 22. Resultados dosificación Automática y manual 14 de Mayo de 2003**



Cuadro No 16.		MAYO 15 DE 2003									
HORA	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN		
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas	
			Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	% Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
1	13,9	150	3,1	13	2,1	9	91,33	94,00	77,70	84,89	
2	13,33	147	3,1	13	2,1	9	91,16	93,88	76,74	84,25	
3	12,4	141	3	12	2	9	91,49	93,62	75,81	83,87	
4	12,86	130	3	12	2	9	90,77	93,08	76,67	84,45	
5	11,76	142	2,8	11	1,7	8	92,25	94,37	76,19	85,54	
6	29,79	173	2,8	11	1,7	8	93,64	95,38	90,60	94,29	
7	39,76	148	2,9	12	1,8	8	91,89	94,59	92,71	95,47	
8	15,15	151	2,9	12	1,8	8	92,05	94,70	80,86	88,12	
9	17,59	172	2,7	13	1,9	9	92,44	94,77	84,65	89,20	
10	23,88	181	2,7	13	1,9	9	92,82	95,03	88,69	92,04	
11	34,35	192	2,9	21	1,5	7	89,06	96,35	91,56	95,63	
12	38,34	183	2,9	21	1,5	7	88,52	96,17	92,44	96,09	
13	63,73	182	2,7	18	1,9	10	90,11	94,51	95,76	97,02	
14	42,34	196	2,7	18	1,9	10	90,82	94,90	93,62	95,51	
15	78,1	1810	2,9	19	1,9	10	98,95	99,45	96,29	97,57	
16	176,47	1940	2,9	19	1,9	10	99,02	99,48	98,36	98,92	
17	227,39	2070	2,9	19	1,9	11	99,08	99,47	98,72	99,16	
18	123,37	2010	2,9	19	1,9	11	99,05	99,45	97,65	98,46	
19	98,91	1980	4,7	41	1,8	12	97,93	99,39	95,25	98,18	
20	69,25	1250	4,7	41	1,8	12	96,72	99,04	93,21	97,40	
21	55,69	450	4,5	38	1,9	15	91,56	96,67	91,92	96,59	
22	46,87	387	4,5	38	1,9	15	90,18	96,12	90,40	95,95	
23	44,09	370	4,1	36	1,6	12	90,27	96,76	90,70	96,37	
24	51,98	364	4,1	36	1,6	12	90,11	96,70	92,11	96,92	
Prom.	55,89	621,63	3,27	21,08	1,83	10,00	92,97	96,16	92%	96%	

Mejora en Remoción NTU 43,88 %  
con Streaming Current UPC 52,57 %

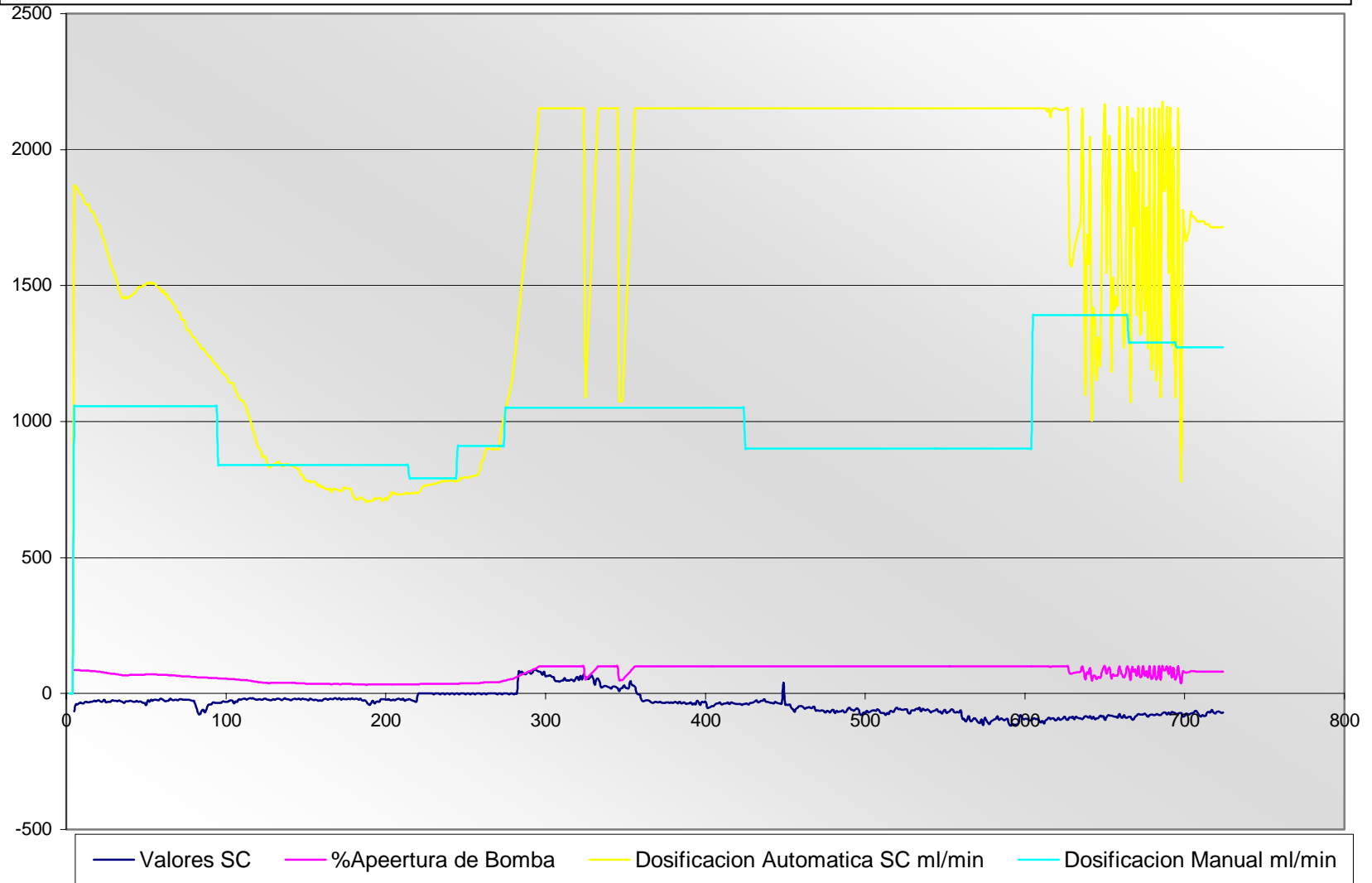
**Figura 23. Resultados dosificación Automática y manual 15 de Mayo de 2003**



Cuadro No 17.		MAYO 16 DE 2003									
HORA	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN		
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas	
			Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	% Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
1	46,22	354	4,5	36	1,5	10	89,83	97,18	90,26	96,75	
2	37,18	312	4,5	36	1,5	10	88,46	96,79	87,90	95,97	
3	40,03	297	3,8	28	2,1	12	90,57	95,96	90,51	94,75	
4	33,77	284	3,8	28	2,1	12	90,14	95,77	88,75	93,78	
5	43,59	260	6	36	3	14	86,15	94,62	86,24	93,12	
6	39,93	287	6	36	3	14	87,46	95,12	84,97	92,49	
7	46,6	397	5,3	50	2,3	15	87,41	96,22	88,63	95,06	
8	53,6	440	5,3	50	2,3	15	88,64	96,59	90,11	95,71	
9	83,48	560	5	44	2,6	18	92,14	96,79	94,01	96,89	
10	120,79	750	5	44	2,6	18	94,13	97,60	95,86	97,85	
11	106,32	800	5	40	2,4	17	95,00	97,88	95,30	97,74	
12	87,52	827	5	40	2,4	17	95,16	97,94	94,29	97,26	
13	62,05	480	5,1	41	2,3	15	91,46	96,88	91,78	96,29	
14	52,68	430	5,1	41	2,3	15	90,47	96,51	90,32	95,63	
15	45,6	372	5,2	53	2,8	15	85,75	95,97	88,60	93,86	
16	41,84	356	5,2	53	2,8	15	85,11	95,79	87,57	93,31	
17	36,24	300	4,6	42	2,6	14	86,00	95,33	87,31	92,83	
18	31,96	150	4,6	42	2,6	14	72,00	90,67	85,61	91,86	
19	28,71	232	4,1	41	2,7	19	82,33	91,81	85,72	90,60	
20	27,97	258	4,1	41	2,7	19	84,11	92,64	85,34	90,35	
21	26,13	243	4,2	39	2,4	15	83,95	93,83	83,93	90,82	
22	24,29	239	4,2	39	2,4	15	83,68	93,72	82,71	90,12	
23	22,14	223	4,1	37	2,1	13	83,41	94,17	81,48	90,51	
24	20,32	215	4,1	37	2,1	13	82,79	93,95	79,82	89,67	
Prom.	48,29	377,75	4,74	40,58	2,40	14,75	87,34	95,41	88%	94%	

Mejora en Remoción NTU 49,38 %  
con Streaming Current UPC 63,66 %

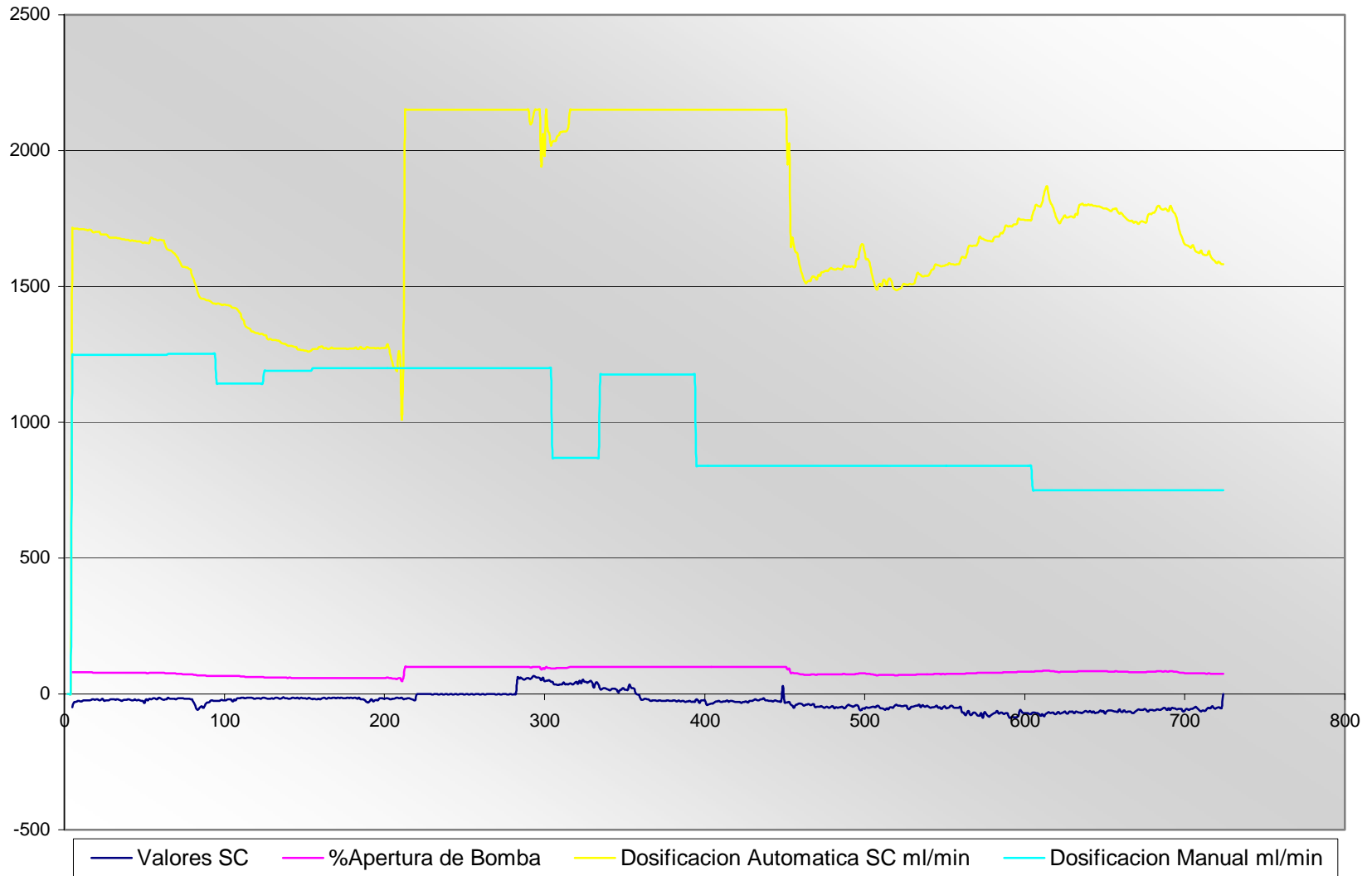
**Figura 24. Resultados dosificación Automática y manual 16 de Mayo de 2003**



Cuadro No 18.		MAYO 17 DE 2003									
HORA	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN		
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas	
			Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	% Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
1	19,25	292	3,9	32	1,9	12	89,04	95,89	79,74	90,13	
2	18,54	285	3,9	32	1,9	12	88,77	95,79	78,96	89,75	
3	17,75	280	3,7	34	2,1	12	87,86	95,71	79,15	88,17	
4	16,71	178	3,7	34	2,1	12	80,90	93,26	77,86	87,43	
5	17,19	216	4	37	2,1	12	82,87	94,44	76,73	87,78	
6	17,4	212	4	37	2,1	12	82,55	94,34	77,01	87,93	
7	16,61	192	3,5	29	2,1	12	84,90	93,75	78,93	87,36	
8	16,1	183	3,5	29	2,1	12	84,15	93,44	78,26	86,96	
9	17,4	187	3,4	29	2,1	12	84,49	93,58	80,46	87,93	
10	17,5	184	3,4	29	2,1	12	84,24	93,48	80,57	88,00	
11	16,55	189	3,5	34	2,1	14	82,01	92,59	78,85	87,31	
12	17,02	187	3,5	34	2,1	14	81,82	92,51	79,44	87,66	
13	19,39	182	3,1	32	2	13	82,42	92,86	84,01	89,69	
14	17,24	180	3,1	32	2	13	82,22	92,78	82,02	88,40	
15	21,13	195	3,8	29	1,9	11	85,13	94,36	82,02	91,01	
16	25,28	221	3,8	29	1,9	11	86,88	95,02	84,97	92,48	
17	39,52	238	4,6	26	1,7	10	89,08	95,80	88,36	95,70	
18	29,98	256	4,6	26	1,7	10	89,84	96,09	84,66	94,33	
19	29,95	248	5,6	52	1,9	10	79,03	95,97	81,30	93,66	
20	28,03	256	5,6	52	1,9	10	79,69	96,09	80,02	93,22	
21	36,4	250	5,7	58	1,8	9	76,80	96,40	84,34	95,05	
22	26,26	280	5,7	58	1,8	9	79,29	96,79	78,29	93,15	
23	24,11	252	5,5	56	1,7	8	77,78	96,83	77,19	92,95	
24	29,85	210	5,5	56	1,7	8	73,33	96,19	81,57	94,30	
Prom.	22,30	223,04	4,19	37,33	1,95	11,25	83,13	94,75	80%	90%	

Mejora en Remoción NTU 53,48 %  
con Streaming Current UPC 69,87 %

**Figura 25. Resultados dosificación Automática y manual 17 de Mayo de 2003**

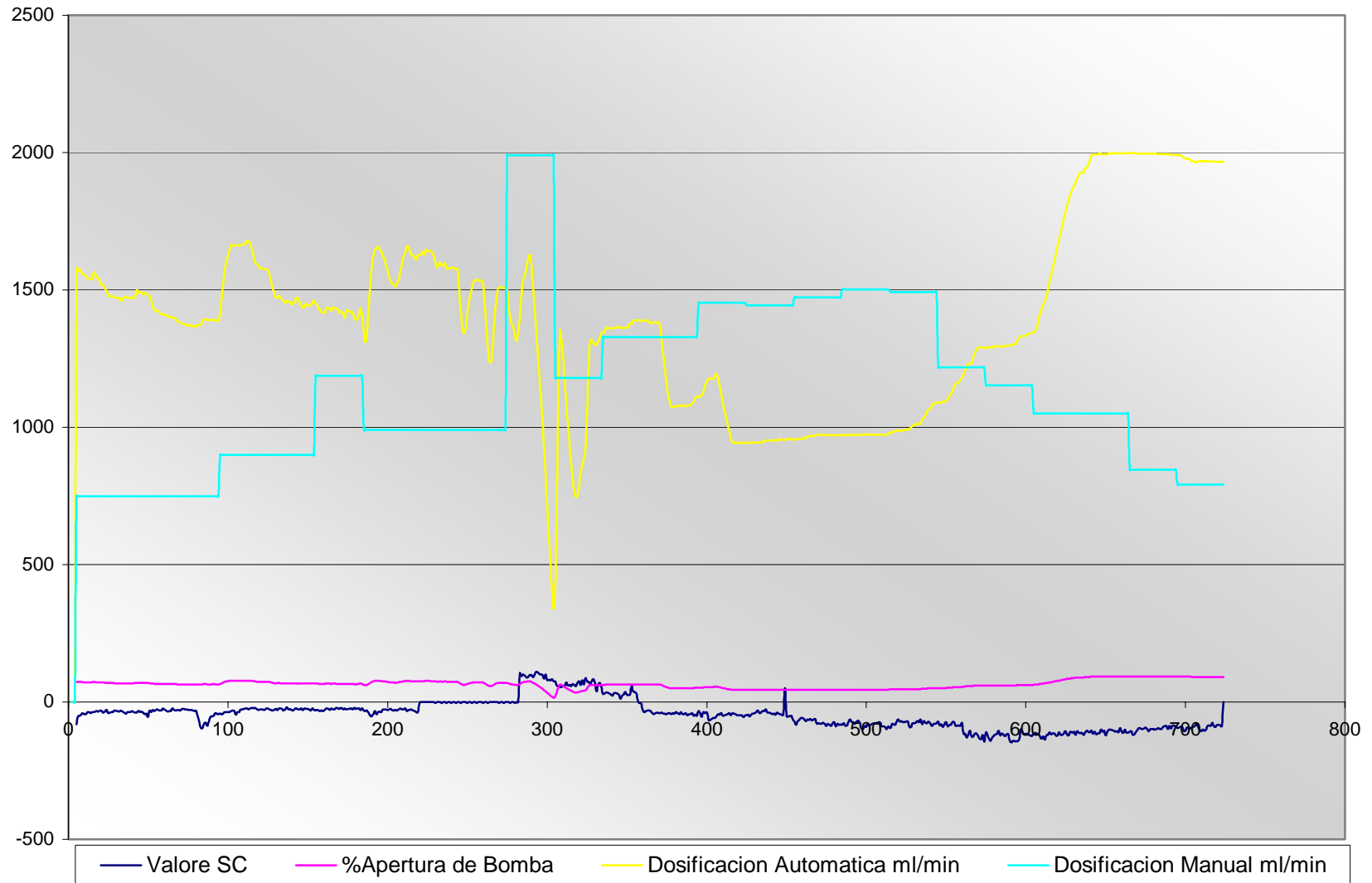




Cuadro		No 19. MAYO 18 DE 2003									
HORA	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN		
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas	
			Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	% Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
1	19,22	228	3,5	39	1,8	8	82,89	96,49	81,79	90,63	
2	17,53	221	3,5	39	1,8	8	82,35	96,38	80,03	89,73	
3	17,24	200	4,9	48	1,9	9	76,00	95,50	71,58	88,98	
4	17,99	215	4,9	48	1,9	9	77,67	95,81	72,76	89,44	
5	29,37	220	4,9	48	2	10	78,18	95,45	83,32	93,19	
6	26,51	234	4,9	48	2	10	79,49	95,73	81,52	92,46	
7	18,51	231	4,9	48	2,1	10	79,22	95,67	73,53	88,65	
8	15,37	297	4,9	48	2,1	10	83,84	96,63	68,12	86,34	
9	16,15	289	4,9	48	2,4	12	83,39	95,85	69,66	85,14	
10	17,89	271	4,9	48	2,4	12	82,29	95,57	72,61	86,58	
11	23,13	273	4,9	48	2,4	12	82,42	95,60	78,82	89,62	
12	31,88	260	4,9	48	2,4	12	81,54	95,38	84,63	92,47	
13	32,32	263	3,5	34	1,8	10	87,07	96,20	89,17	94,43	
14	32,61	261	3,5	34	1,8	10	86,97	96,17	89,27	94,48	
15	35,68	260	3,7	30	1,8	9	88,46	96,54	89,63	94,96	
16	48,72	437	3,7	30	1,8	9	93,14	97,94	92,41	96,31	
17	61,69	434	3,9	30	1,8	9	93,09	97,93	93,68	97,08	
18	73,18	432	3,9	30	1,8	9	93,06	97,92	94,67	97,54	
19	57,76	310	4,8	36	2,5	13	88,39	95,81	91,69	95,67	
20	52,43	310	4,8	36	2,5	13	88,39	95,81	90,84	95,23	
21	37,09	306	6,5	43	2,2	21	85,95	93,14	82,48	94,07	
22	29,28	307	6,5	43	2,2	21	85,99	93,16	77,80	92,49	
23	24,67	312	5,2	41	1,8	14	86,86	95,51	78,92	92,70	
24	22,22	291	5,2	41	1,8	14	85,91	95,19	76,60	91,90	
Prom.	31,60	285,92	4,63	41,08	2,04	11,42	84,69	95,89	82%	92%	

Mejora en Remoción NTU 55,94 %  
con Streaming Current UPC 72,21 %

**Figura 26. Resultados dosificación Automática y manual 18 de Mayo de 2003**



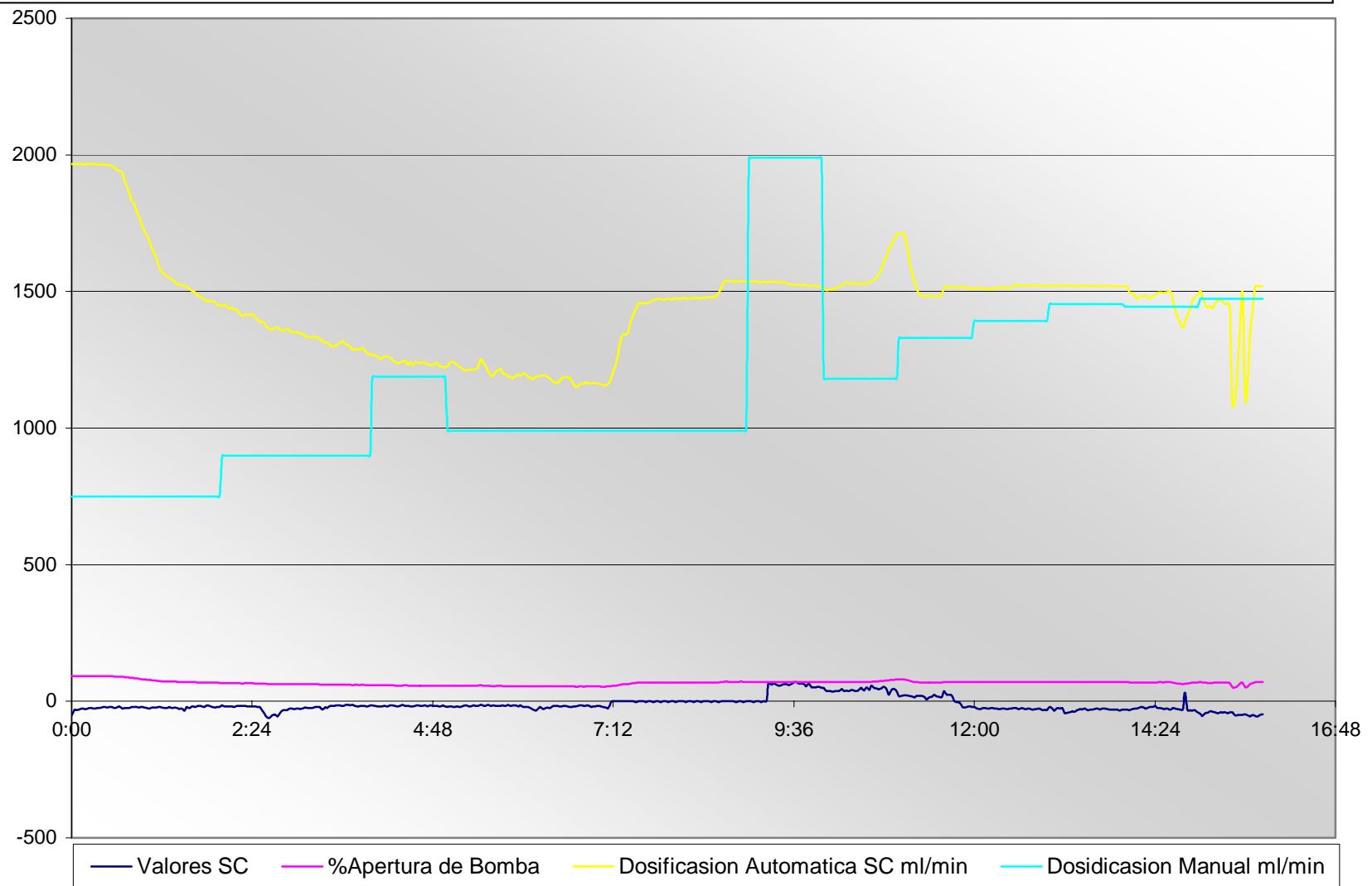
Cuadro No 20.		MAYO 19 DE 2003									
HORA	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN		
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas	
			Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	%Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
1	19,97	274	5,2	36	1,5	10	86,86	96,35	73,96	92,49	
2	18,34	256	5,2	36	1,5	10	85,94	96,09	71,65	91,82	
3	17,41	261	4,7	34	1,4	9	86,97	96,55	73,00	91,96	
4	16,1	220	4,7	34	1,4	9	84,55	95,91	70,81	91,30	
5	15,34	178	4,4	29	1,4	9	83,71	94,94	71,32	90,87	
6	15,01	149	4,4	29	1,4	9	80,54	93,96	70,69	90,67	
7	15,24	213	2,4	14	1,8	12	93,43	94,37	84,25	88,19	
8	14,06	218	2,4	14	1,8	12	93,58	94,50	82,93	87,20	
9	14,36	195	2,6	18	1,9	14	90,77	92,82	81,89	86,77	
10	14	197	2,6	18	1,9	14	90,86	92,89	81,43	86,43	
11	13,82	160	2,7	17	2,1	16	89,38	90,00	80,46	84,80	
12	13,86	159	2,7	17	2,1	16	89,31	89,94	80,52	84,85	
13	13,34	150	3,5	29	4,3	44	80,67	70,67	73,76	67,77	
14	14,54	169	3,5	29	4,3	44	82,84	73,96	75,93	70,43	
15	13,64	160	3	27	4,6	47	83,13	70,63	78,01	66,28	
16	16,07	156	3	27	4,6	47	82,69	69,87	81,33	71,38	
17	13,4	150	2,8	19	2,6	18	87,33	88,00	79,10	80,60	
18	12,90	142	2,8	19	2,6	18	86,62	87,32	78,29	79,84	
19	13,37	140	2,9	18	2,1	18	87,14	87,14	78,31	84,29	
20	14,03	145	2,9	18	2,1	18	87,59	87,59	79,33	85,03	
21	16,85	160	3	17	2	17	89,38	89,38	82,20	88,13	
22	21,06	166	3	17	2	17	89,76	89,76	85,75	90,50	
23	23,25	170	2,8	18	1,9	17	89,41	90,00	87,96	91,83	
24	20,32	172	2,8	18	1,9	17	89,53	90,12	86,22	90,65	
Prom.	15,85	181,67	3,60	25,40	2,23	18,33	86,83	89,57	76%	87%	

Mejora en Remoción NTU 38,15 %  
con Streaming Current UPC 27,82 %

Fuera de Funcionamiento (SC)  
Datos Fuera del Calculo



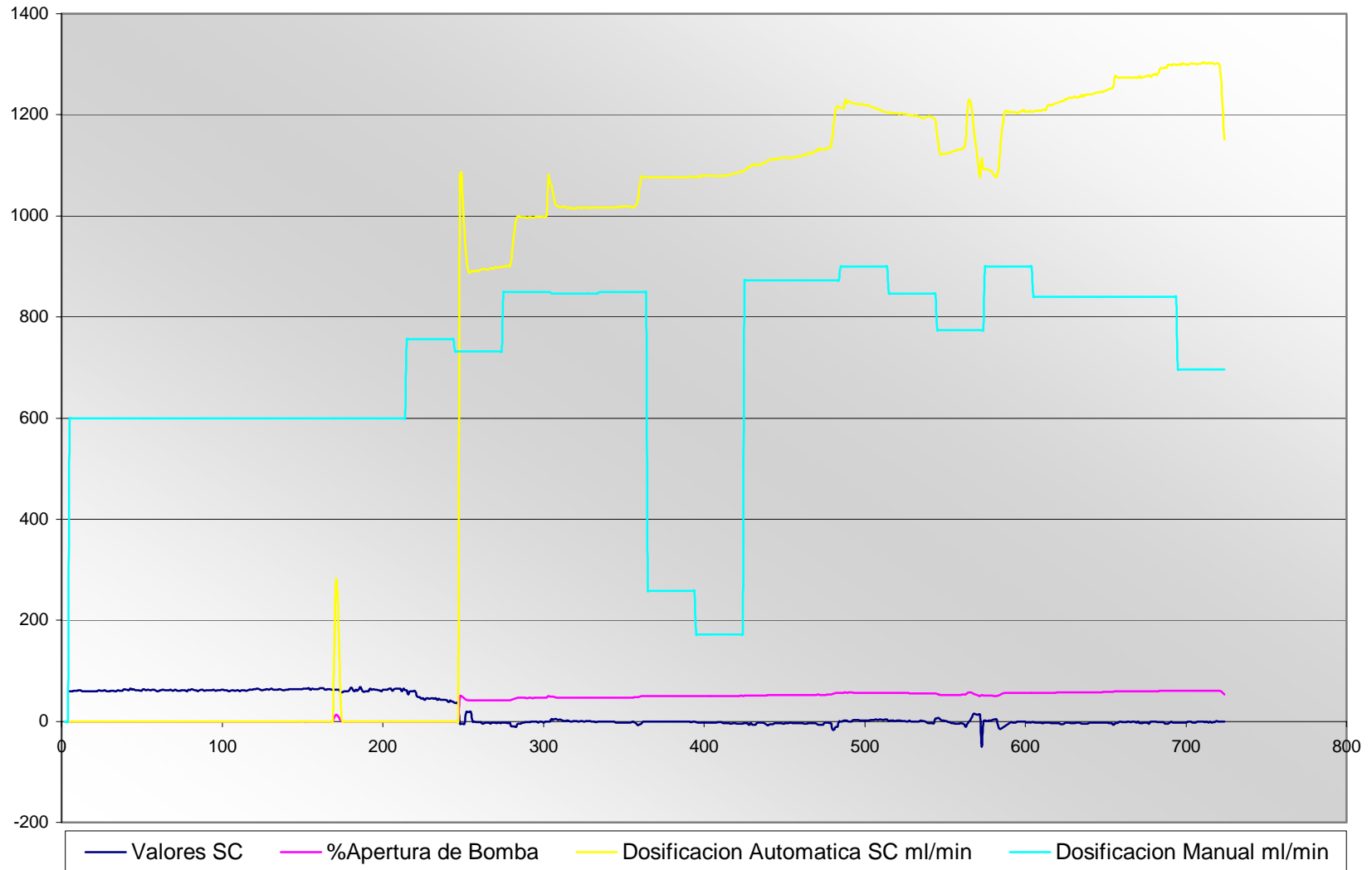
**Figura 27. Resultados dosificación Automática y manual 19 de Mayo de 2003**



Cuadro No 21.		MAYO 24 DE 2003									
HORA	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN		
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas	
			Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	% Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
1	7,28	101	3,5	12	3,4	12	88,12	88,12	51,92	53,30	
2	7,45	97	3,5	12	3,4	12	87,63	87,63	53,02	54,36	
3	7,19	95	3,4	11	3,3	11	88,42	88,42	52,71	54,10	
4	7,05	97	3,4	11	3,3	11	88,66	88,66	51,77	53,19	
5	6,99	99	3,8	16	3,6	15	83,84	84,85	45,64	48,50	
6	7,4	98	3,8	16	3,6	15	83,67	84,69	48,65	51,35	
7	7,2	116	5	20	2,2	20	82,76	82,76	30,56	69,44	
8	7,08	117	5	20	2,2	20	82,91	82,91	29,38	68,93	
9	7,28	121	5	20	2,1	10	83,47	91,74	31,32	71,15	
10	8,11	125	5	20	2,1	10	84,00	92,00	38,35	74,11	
11	8,07	119	4	19	2,3	10	84,03	91,60	50,43	71,50	
12	8,61	118	4	19	2,3	10	83,90	91,53	53,54	73,29	
13	9,95	113	4	21	2,4	10	81,42	91,15	59,80	75,88	
14	11,59	115	4	21	2,4	10	81,74	91,30	65,49	79,29	
15	13,52	114	3,8	20	1,4	8	82,46	92,98	71,89	89,64	
16	14,48	125	3,8	20	1,4	8	84,00	93,60	73,76	90,33	
17	14,97	134	3,5	20	1,3	4	85,07	97,01	76,62	91,32	
18	14,61	156	3,5	20	1,3	4	87,18	97,44	76,04	91,10	
19	14,40	151	2,8	10	1,1	3	93,38	98,01	80,56	92,36	
20	11,41	150	2,8	10	1,1	3	93,33	98,00	75,46	90,36	
21	10,66	142	3,9	28	1,7	4	80,28	97,18	63,41	84,05	
22	9,83	138	3,9	28	1,7	4	79,71	97,10	60,33	82,71	
23	9,22	132	4,7	44	2,6	7	66,67	94,70	49,02	71,80	
24	8,54	128	4,7	44	2,6	7	65,63	94,53	44,96	69,56	
Prom.	9,70	120,88	3,95	20,08	2,28	9,50	83,43	91,58	53%	73%	

Mejora en Remoción NTU 42,19 %  
con Streaming Current UPC 52,70 %

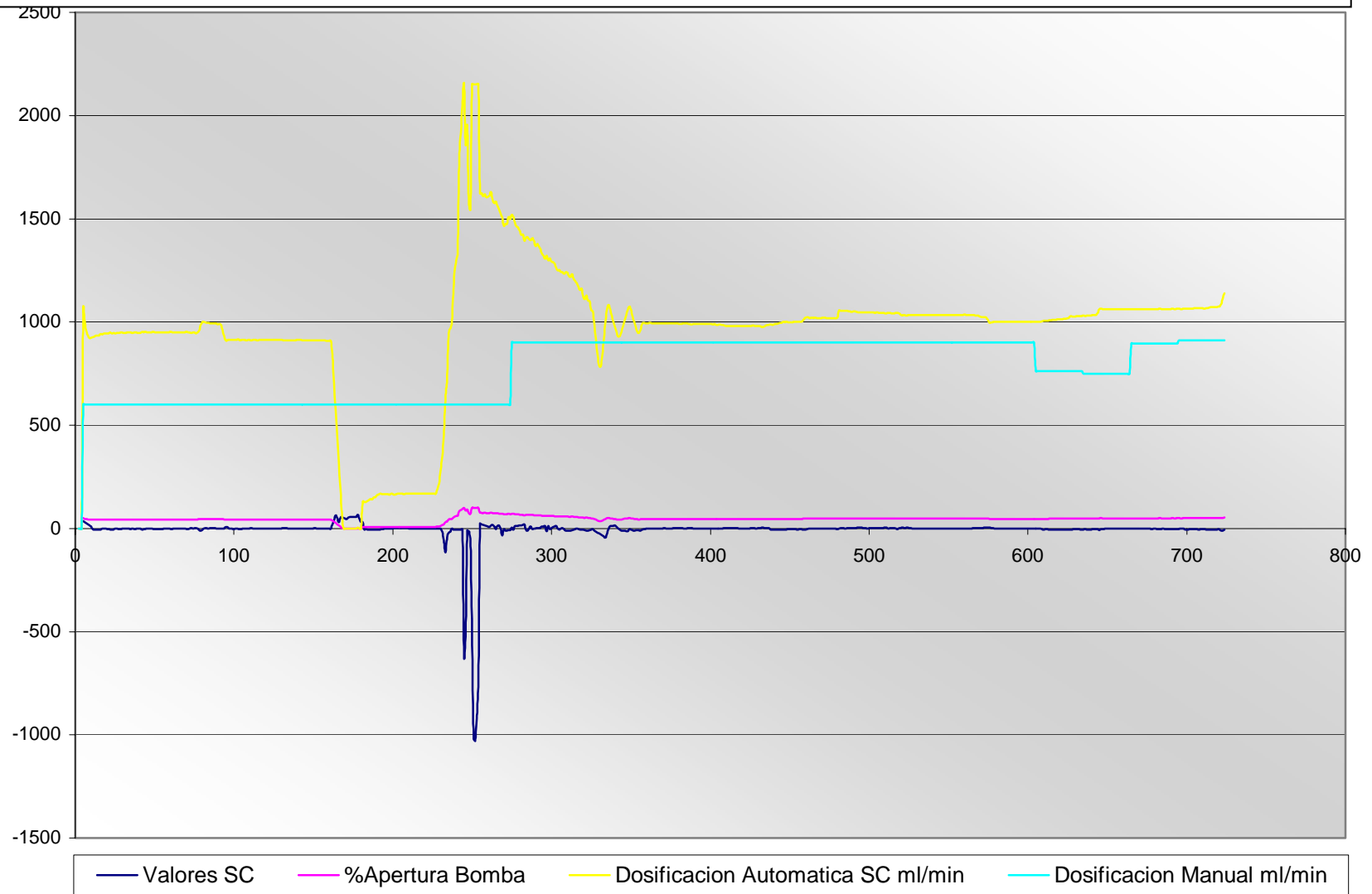
**Figura 28. Resultados dosificación Automática y manual 24 de Mayo de 2003**



Cuadro No 22.		MAYO 25 DE 2003									
HORA	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN		
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas	
			Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	% Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
1	8,35	118	3,2	29	1,9	6	75,42	94,92	61,68	77,25	
2	7,85	115	3,2	29	1,9	6	74,78	94,78	59,24	75,80	
3	7,75	120	3	26	1,2	4	78,33	96,67	61,29	84,52	
4	7,92	118	3	26	1,2	4	77,97	96,61	62,12	84,85	
5	7,27	114	3,1	20	1,2	4	82,46	96,49	57,36	83,49	
6	7,23	112	3,1	20	1,2	4	82,14	96,43	57,12	83,40	
7	7,06	109	3,6	29	1,2	4	73,39	96,33	49,01	83,00	
8	7,06	115	3,6	29	1,2	4	74,78	96,52	49,01	83,00	
9	7	120	4,2	43	4	38	64,17	68,33	40,00	42,86	
10	7,33	125	4,2	43	4	38	65,60	69,60	42,70	45,43	
11	6,92	126	4,1	40	3,8	36	68,25	71,43	40,75	45,09	
12	7,38	130	4,1	40	3,8	36	69,23	72,31	44,44	48,51	
13	7,57	122	3,8	29	3,5	36	76,23	70,49	49,80	53,76	
14	8,63	125	3,8	29	3,5	36	76,80	71,20	55,97	59,44	
15	9,29	127	3,6	27	4,1	42	78,74	66,93	61,25	55,87	
16	9,9	130	3,6	27	4,1	42	79,23	67,69	63,64	58,59	
17	10,56	135	3,7	29	2,9	28	78,52	79,26	64,96	72,54	
18	11,36	139	3,7	29	2,9	28	79,14	79,86	67,43	74,47	
19	11,26	116	3,8	31	2,7	29	73,28	75,00	66,25	76,02	
20	10,45	117	3,8	31	2,7	29	73,50	75,21	63,64	74,16	
21	9,71	118	3,5	30	2,5	26	74,58	77,97	63,95	74,25	
22	8,94	119	3,5	30	2,5	26	74,79	78,15	60,85	72,04	
23	8,34	120	3,4	30	2,4	25	75,00	79,17	59,23	71,22	
24	8,09	121	3,4	30	2,4	25	75,21	79,34	57,97	70,33	
Prom.	8,47	121,29	3,58	30,25	2,62	23,17	75,06	81,28	59%	73%	

Mejora en Remoción NTU 26,98 %  
con Streaming Current UPC 23,42 %

**Figura 29. Resultados dosificación Automática y manual 25 de Mayo de 2003**

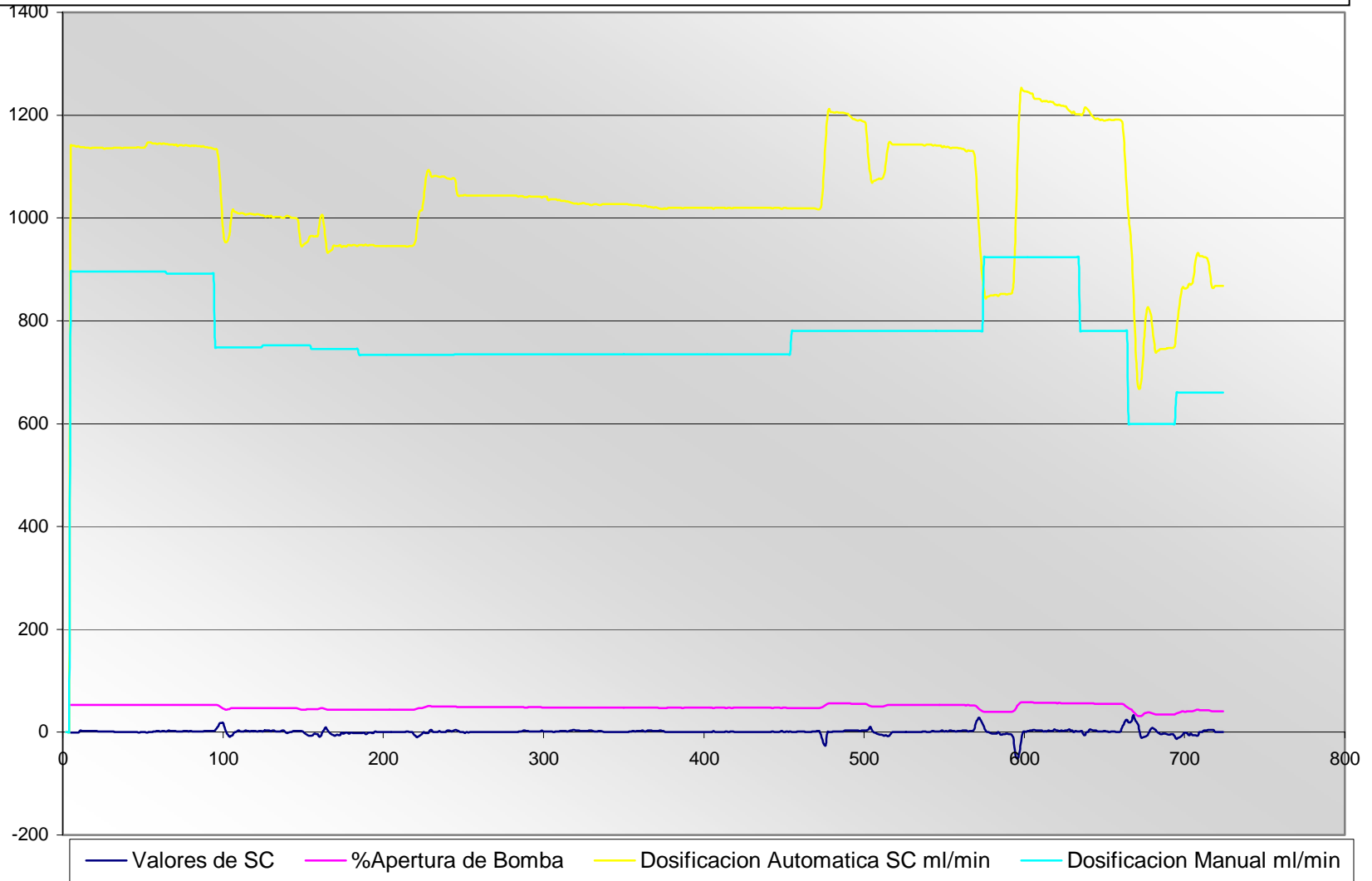




Cuadro No 23.		MAYO 26 DE 2003									
HORA	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN		
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas	
			Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	% Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
1	7,55	149	3	29	1,7	8	80,54	94,63	60,26	77,48	
2	7,18	160	3	29	1,7	8	81,88	95,00	58,22	76,32	
3	6,98	155	3,7	36	1,9	9	76,77	94,19	46,99	72,78	
4	6,76	123	3,7	36	1,9	9	70,73	92,68	45,27	71,89	
5	6,75	140	5	44	1,8	9	68,57	93,57	25,93	73,33	
6	6,55	142	5	44	1,8	9	69,01	93,66	23,66	72,52	
7	6,7	119	8	43	6,4	7	63,87	94,12	-19,40	4,48	
8	6,22	119	8	43	6,4	7	63,87	94,12	-28,62	-2,89	
9	6,47	132	6,1	47	6,9	11,1	64,39	91,59	5,72	-6,65	
10	6,7	145	6,1	47	6,9	11,1	67,59	92,34	8,96	-2,99	
11	6,95	141	6,2	49	6,7	11,3	65,25	91,99	10,79	3,60	
12	6,83	139	6,2	49	6,7	11,3	64,75	91,87	9,22	1,90	
13	6,84	118	5,3	56	6,8	11,9	52,54	89,92	22,51	0,58	
14	6,89	109	5,3	56	6,8	11,9	48,62	89,08	23,08	1,31	
15	7,13	122	5	50	3,5	15	59,02	87,70	29,87	50,91	
16	7,11	111	5	50	3,5	15	54,95	86,49	29,68	50,77	
17	7,02	109	4,8	37	3,1	14	66,06	87,16	31,62	55,84	
18	7,48	107	4,8	37	3,1	14	65,42	86,92	35,83	58,56	
19	7,26	122	4,5	34	2,5	12	72,13	90,16	38,02	65,56	
20	7,79	122	4,5	34	2,5	12	72,13	90,16	42,23	67,91	
21	7,61	128	4,2	32	2,4	13	75,00	89,84	44,81	68,46	
22	7,15	124	4,2	32	2,4	13	74,19	89,52	41,26	66,43	
23	6,83	127	4,5	34	2,6	15	73,23	88,19	34,11	61,93	
24	6,79	125	4,5	34	2,6	15	72,80	88,00	33,73	61,71	
Prom.	6,98	128,67	5,03	40,92	3,86	11,36	67,64	90,95	31%	60%	

Mejora en Remoción NTU 23,22 %  
con Streaming Current UPC 72,24 %

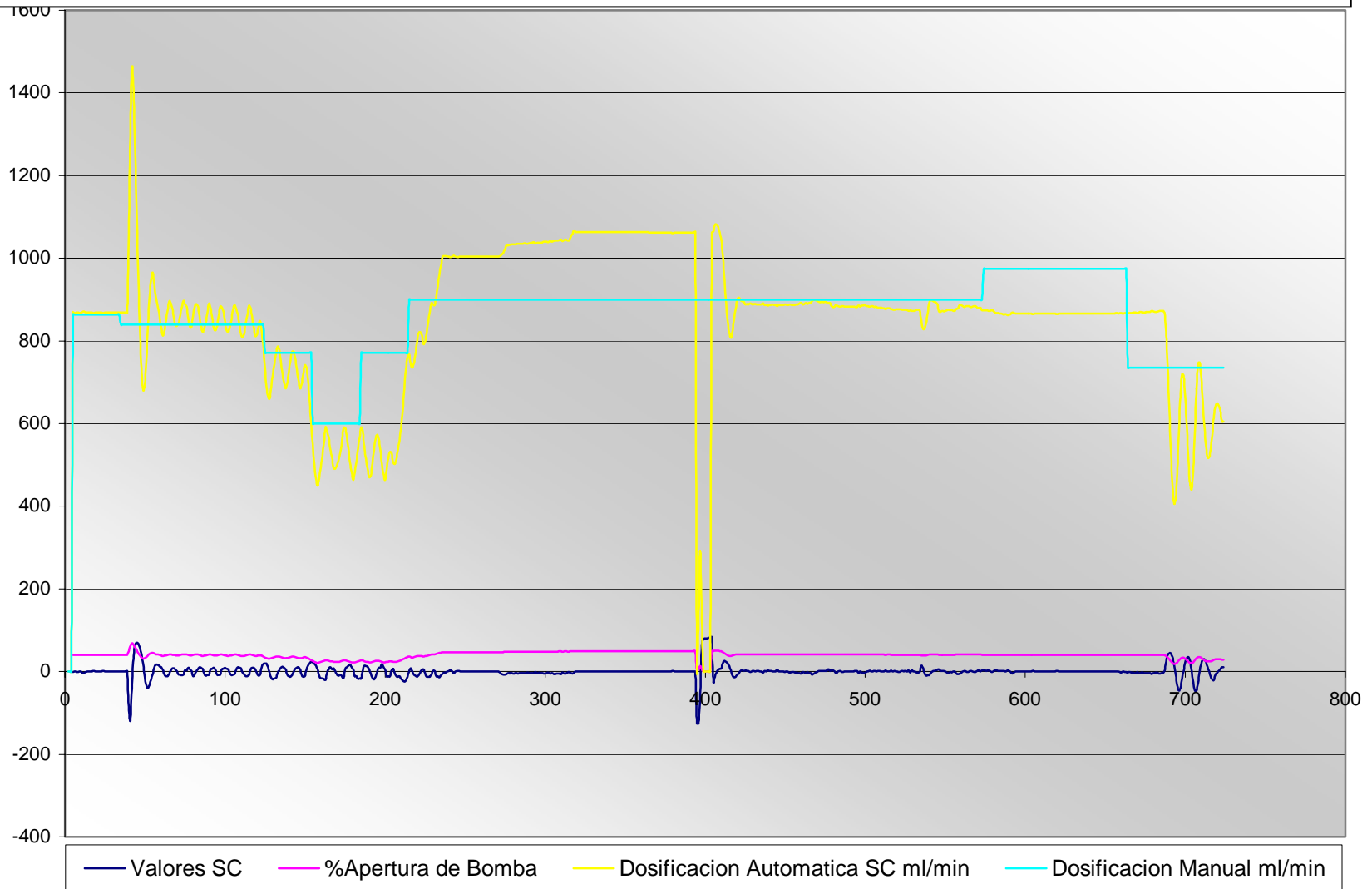
**Figura 30. Resultados dosificación Automática y manual 26 de Mayo de 2003**



Cuadro No 24.		MAYO 27 DE 2003									
HORA	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN		
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas	
			Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	% Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
1	6,52	113	4,2	28	2,1	12	75,22	89,38	35,58	67,79	
2	6,33	108	4,2	28	2,1	12	74,07	88,89	33,65	66,82	
3	6,49	103	5,7	45	1,7	32	56,31	68,93	12,17	73,81	
4	6,56	107	5,7	45	1,7	32	57,94	70,09	13,11	74,09	
5	6,29	102	6	83	1,3	26	18,63	74,51	4,61	79,33	
6	6,32	104	6	83	1,3	26	20,19	75,00	5,06	79,43	
7	6,46	100	6,8	86	1,5	10	14,00	90,00	-5,26	76,78	
8	6,44	86	6,8	86	1,5	10	0,00	88,37	-5,59	76,71	
9	6,43	113	5,7	39	2,5	30	65,49	73,45	11,35	61,12	
10	6,15	119	5,7	39	2,5	30	67,23	74,79	7,32	59,35	
11	6,01	127	3,6	28	2,7	31	77,95	75,59	40,10	55,07	
12	6,28	135	3,6	28	2,7	31	79,26	77,04	42,68	57,01	
13	6,24	145	3,2	27	2,4	30	81,38	79,31	48,72	61,54	
14	6,86	126	3,2	27	2,4	30	78,57	76,19	53,35	65,01	
15	6,82	129	3,9	32	2,7	35	75,19	72,87	42,82	60,41	
16	6,65	109	3,9	32	2,7	35	70,64	67,89	41,35	59,40	
17	6,49	107	3,9	35	2,7	35	67,29	67,29	39,91	58,40	
18	6,25	116	3,9	35	2,7	35	69,83	69,83	37,60	56,80	
19	6,67	110	3,2	21	2,4	23	80,91	79,09	52,02	64,02	
20	6,53	92	3,2	21	2,4	23	77,17	75,00	51,00	63,25	
21	6,87	90	5,6	72	2,2	18	20,00	80,00	18,49	67,98	
22	6,88	93	5,6	72	2,2	18	22,58	80,65	18,60	68,02	
23	6,52	98	7,1	97	1,9	15	1,02	84,69	-8,90	70,86	
24	6,54	103	7,1	97	1,9	15	5,83	85,44	-8,56	70,95	
Prom.	6,48	109,79	4,91	49,42	2,18	24,75	52,36	77,68	26%	66%	

Mejora en Remoción NTU 55,69 %  
con Streaming Current UPC 49,92 %

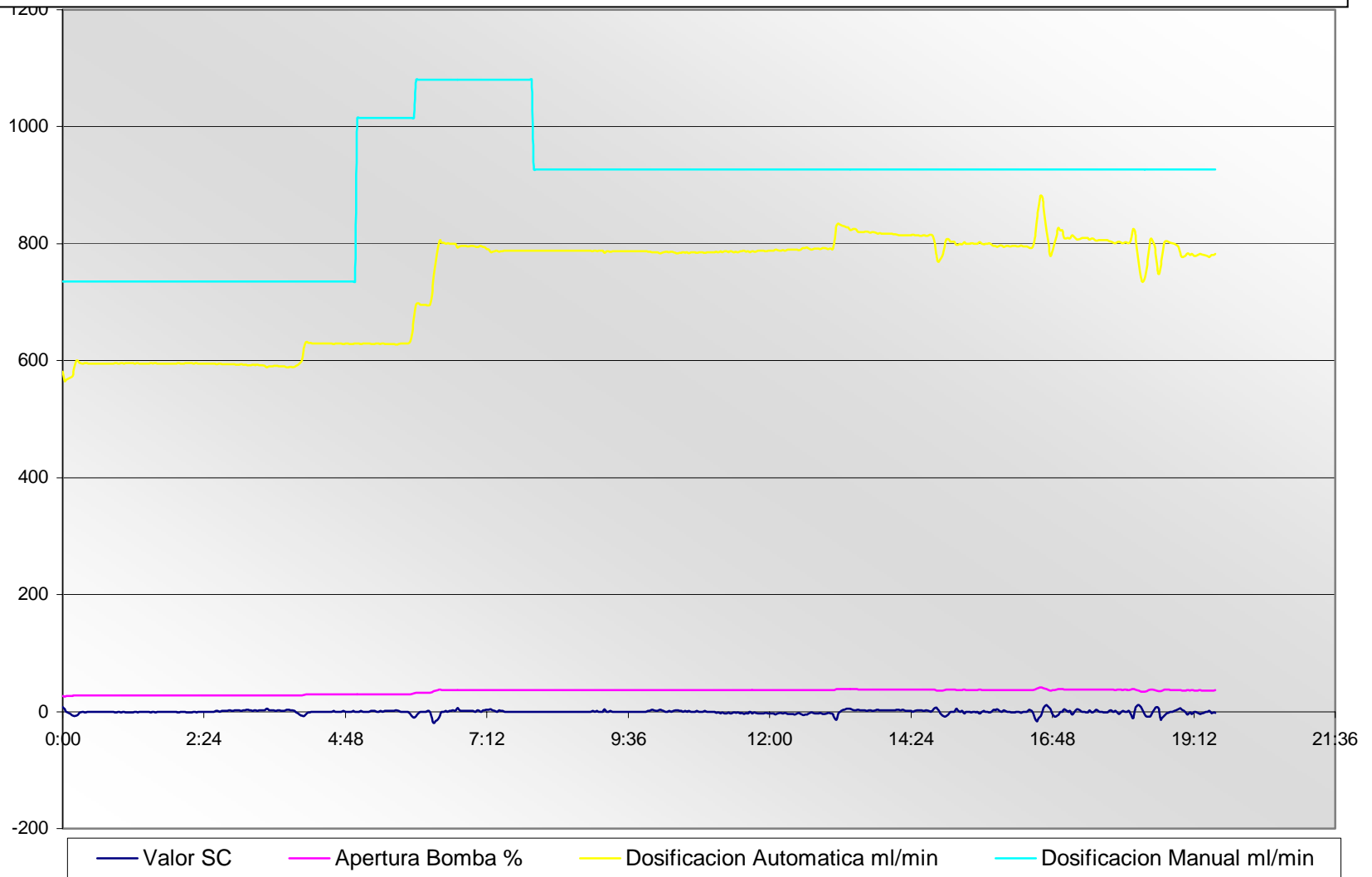
**Figura 31. Resultados dosificación Automática y manual 27 de Mayo de 2003**



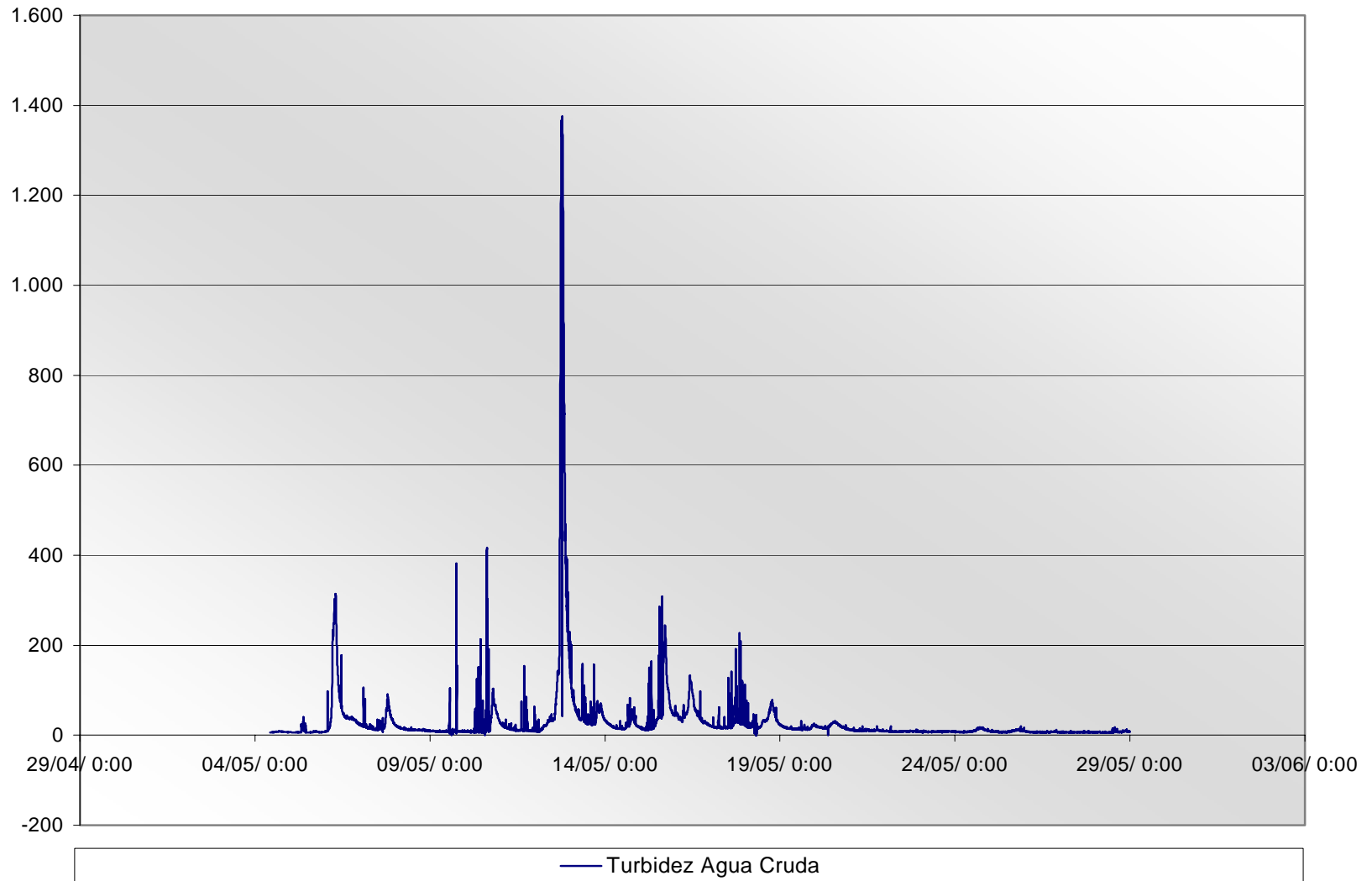
Cuadro No 25.		MAYO 28 DE 2003									
HORA	Agua Cruda Promedios		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN		COMPARACIÓN		
	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Convencional		Placas		Convencional	Placas	Convencional	Placas	
			Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	Turbiedad NTU	Color Aparente UPC	% Remoción Color Operación Manual	Remoción Color Operación SC	%Remoción NTU Operación Manual	Remoción NTU Operación SC	
1	6,49	102	8,7	104	1,7	10	-1,96	90,20	-34,05	73,81	
2	6,3	106	8,7	104	1,7	10	1,89	90,57	-38,10	73,02	
3	6,16	105	8,6	103	1,8	9	1,90	91,43	-39,61	70,78	
4	5,86	107	8,6	103	1,8	9	3,74	91,59	-46,76	69,28	
5	5,77	106	6,5	84	2,1	11	20,75	89,62	-12,65	63,60	
6	6,05	120	6,5	84	2,1	11	30,00	90,83	-7,44	65,29	
7	6,17	89	6,7	70	2,5	13	21,35	85,39	-8,59	59,48	
8	5,92	87	6,7	70	2,5	13	19,54	85,06	-13,18	57,77	
9	6,24	92	5,4	51	2,4	14	44,57	84,78	13,46	61,54	
10	6,6	95	5,4	51	2,4	14	46,32	85,26	18,18	63,64	
11	6,44	94	48	42	2,3	12	55,32	87,23	-645,34	64,29	
12	6,93	93	48	42	2,3	12	54,84	87,10	-592,64	66,81	
13	7,69	100	4,6	40	2,5	15	60,00	85,00	40,18	67,49	
14	8,65	113	4,6	40	2,5	15	64,60	86,73	46,82	71,10	
15	7,63	98	4,5	38	2,4	14	61,22	85,71	41,02	68,55	
16	7,25	89	4,5	38	2,4	14	57,30	84,27	37,93	66,90	
17	7,01	95	4,2	29	2,3	13	69,47	86,32	40,09	67,19	
18	7,46	100	4,2	29	2,3	13	71,00	87,00	43,70	69,17	
19	7,93	113	4,1	27	2,4	12	76,11	89,38	48,30	69,74	
20	8,78	117	4,1	27	2,4	12	76,92	89,74	53,30	72,67	
21	8,56	114	3,9	25	2,3	12	78,07	89,47	54,44	73,13	
22	8,06	115	3,9	25	2,3	12	78,26	89,57	51,61	71,46	
23	7,79	109	3,5	26	2,1	10	76,15	90,83	55,07	73,04	
24	7,68	102	3,5	26	2,1	10	74,51	90,20	54,43	72,66	
Prom.	7,06	102,54	10,45	60,47	2,23	12,32	39,89	87,55	-7%	67%	

Mejora en Remoción NTU 78,64 %  
con Streaming Current UPC 79,63 %

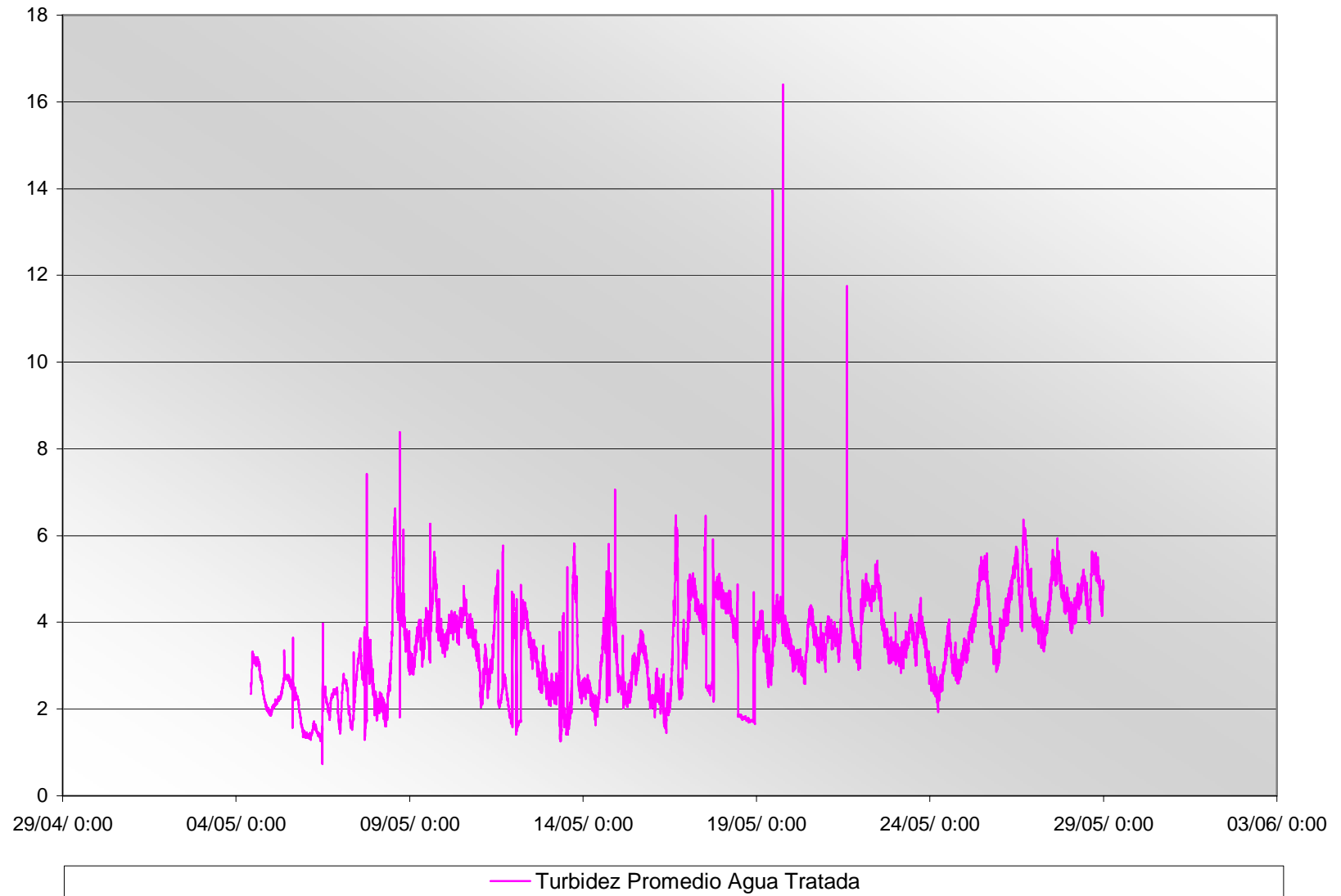
**Figura 32. Resultados dosificación Automática y manual 28 de Mayo de 2003**



**Figura 33. Calidad de agua cruda turbidez mayo de 2003**



**Figura 34. Calidad de agua tratada turbidez mayo de 2003**





Cuadro 26.		RESUMEN ANALISIS DE CALIDAD MAYO DE 2003													
Fecha	Agua		Agua Sedimentada				COMPARACIÓN Promedio del Día				Mejoramiento Proceso Sedimentación		Agua		
	Cruda		Convencional		Placas		Convencional		Placas		Turbiedad NTU %	Color Aparente UPC %	Tratada		
	Turbiedad NTU Prom	Color Aparente UPC Prom	Turbiedad NTU Prom	Color Aparente UPC Prom	Turbiedad NTU Prom	Color Aparente UPC Prom	Remoción Tubiedad % Operación Manual	Remoción Color % Operación Manual	Remoción Tubiedad % Operación SC	Remoción Color % Operación SC			Turbiedad NTU Prom	Color Real UPC Prom	
01-may-03	15,20	135,46	2,80	13,83	1,52	7,00	81,58	87,80	90,02	94,23	45,83	49,40	3,82	1	
02-may-03	7,90	96,67	7,63	41,08	1,65	8,08	3,38	56,98	79,11	91,63	78,38	80,32	3,88	1	
03-may-03	9,10	120,33	5,33	28,58	1,98	8,58	41,48	75,04	78,21	92,38	62,75	69,97	2,97	1	
04-may-03	14,20	93,46	3,53	22,33	1,76	9,92	75,18	76,12	87,62	89,34	50,12	55,60	4,25	1	
05-may-03	8,45	88,29	2,21	14,67	1,17	8,58	73,88	83,25	86,21	90,11	47,21	41,48	2,26	1	
06-may-03	26,10	646,29	4,19	25,33	1,33	12,33	83,94	91,43	94,89	96,08	68,19	51,32	2,55	1	
07-may-03	26,10	250,04	3,93	42,67	1,76	14,25	84,96	79,57	93,26	93,29	55,20	66,60	2,55	1	
08-may-03	12,71	90,92	4,75	45,55	1,85	14,91	62,59	76,09	85,48	92,06	61,19	67,27	3,21	1	
09-may-03	11,00	48,50	6,08	40,73	4,38	21,18	44,72	61,30	60,17	80,52	27,95	47,99	3,82	1	
10-may-03	35,55	247,29	7,88	37,33	3,09	8,88	77,85	67,74	91,30	91,91	60,74	76,21	3,88	1	
11-may-03	15,31	174,21	4,49	24,50	2,02	9,33	70,66	84,54	86,83	93,83	55,10	61,90	2,89	1	
12-may-03	215,00	963,13	3,78	34,42	1,99	8,67	98,24	86,45	99,07	96,98	47,36	74,82	3,16	1	
13-may-03	52,53	373,33	3,63	27,33	1,90	9,08	93,08	91,60	96,38	97,13	47,71	66,77	2,71	1	
14-may-03	22,92	185,83	4,09	25,00	1,93	8,67	82,15	86,18	91,56	95,25	52,75	65,33	2,97	1	
15-may-03	60,83	621,63	3,27	21,08	1,83	10,00	94,63	92,97	96,99	96,16	43,88	52,57	2,78	1	
16-may-03	49,80	377,75	4,74	40,58	2,40	14,75	90,48	87,34	95,18	95,41	49,38	63,66	2,83	1	
17-may-03	28,40	223,04	4,19	37,33	1,95	11,25	85,24	83,13	93,13	94,75	53,48	69,87	4,17	1	
18-may-03	32,90	285,92	4,63	41,08	2,04	11,42	85,92	84,69	93,80	95,89	55,94	72,21	3,05	1	
19-may-03	16,13	123,29	3,60	25,40	2,23	18,33	77,68	86,83	86,20	89,57	38,15	27,82	3,82	1	
24-may-03	9,81	120,88	3,95	20,08	2,28	9,50	59,72	83,43	76,72	91,58	42,19	52,70	2,96	1	
25-may-03	8,65	121,29	3,58	30,25	2,62	23,17	58,59	75,06	69,76	81,28	26,98	23,42	4,13	1	
26-may-03	7,11	128,67	5,03	40,92	3,86	11,36	29,31	67,64	45,72	90,95	23,22	72,24	4,75	1	
27-may-03	6,58	109,79	4,91	49,42	2,18	24,75	25,36	52,36	66,93	77,68	55,69	49,92	4,50	1	
28-may-03	7,16	79,33	8,27	47,88	1,77	9,75	-15,50	31,58	75,33	69,31	78,64	79,63	4,71	1	
Prom.	29	238	5	32	2	12	65%	77%	84%	91%	51%	60%	3	1	

## 8.2. ANÁLISIS GASTO DE COAGULANTE

Para este análisis se tomaron los 24 días de muestreo en los cuales el Streaming Current opero automáticamente y en donde se evidencio los diferentes efectos que influyen en la calidad del agua. A continuación se presenta un resumen de lo ocurrido cada día.

Cuadro 27. Gasto de Dosificante mes de Mayo de 2003						
Fecha	Dosificación Manual		Dosificación No Suministrada Manulmente		Dosificación Ahorrada por el SC	
01-may-03	1106460	ml/min	168716	ml/min	15,25 %	-6532 0,59 %
02-may-03	1084320	ml/min	167913	ml/min	15,49 %	-111819 10,31 %
03-may-03	1056900	ml/min	312612	ml/min	29,58 %	-58358 5,52 %
04-may-03	1089900	ml/min	336027	ml/min	30,83 %	-141965 13,03 %
05-may-03	934920	ml/min	237925	ml/min	25,45 %	-12459 1,33 %
06-may-03	1490400	ml/min	820005	ml/min	55,02 %	-124453 8,35 %
07-may-03	1408320	ml/min	721651	ml/min	51,24 %	-6004 0,43 %
08-may-03	540552	ml/min	217226	ml/min	40,19 %	-5814 1,08 %
09-may-03	1146360	ml/min	447063	ml/min	39,00 %	-333944 29,13 %
10-may-03	1169280	ml/min	496131	ml/min	42,43 %	-27498 2,35 %
11-may-03	1540080	ml/min	468250	ml/min	30,40 %	-62165 4,04 %
12-may-03	1608300	ml/min	299825	ml/min	18,64 %	-246941 15,35 %
13-may-03	1755360	ml/min	340738	ml/min	19,41 %	-126243 7,19 %
14-may-03	1316940	ml/min	14425	ml/min	1,10 %	-367901 27,94 %
15-may-03	1492740	ml/min	401458	ml/min	26,89 %	-172409 11,55 %
16-may-03	1453680	ml/min	928342	ml/min	63,86 %	-25031 1,72 %
17-may-03	1450860	ml/min	1082048	ml/min	74,58 %	-406 0,03 %
18-may-03	1650600	ml/min	564191	ml/min	34,18 %	-213610 12,94 %
19-may-03	1110816	ml/min	301036	ml/min	27,10 %	-32481 2,92 %
24-may-03	1022640	ml/min	360574	ml/min	35,26 %	-300024 29,34 %
25-may-03	1117080	ml/min	342614	ml/min	30,67 %	-62125 5,56 %
26-may-03	1113000	ml/min	394502	ml/min	35,44 %	-2747 0,25 %
27-may-03	1242930	ml/min	64247	ml/min	5,17 %	-76759 6,18 %
28-may-03	1056192	ml/min	0	ml/min	0,00 %	-190855 18,07 %

Dosificación No suministrada  
Manualmente

31,13 %

Dosificación Ahorrada por  
El Streaming Current

8,97 %

Como podemos ver en la Cuadro 28 (Resumen Análisis de Dosificación) en ella se presenta la cantidad de dosificante no suministrado manualmente, que esta en un valor promedio de 31.13% lo cual evidencia que el equipo logro detectar carencia de dosificante en la mezcla agua-coagulante, efecto que no es posible apreciar mediante dosificación manual y que genera menor calidad de agua al final del proceso de sedimentación, además se presento un ahorro con valor promedio de

8.97% el cual no genero deterioro en la calidad de agua tratada. Por ende se diría que se presento un gasto mayor en la dosificación de coagulante cuando se opero con el Streaming Current, aumentando en un 22.16% el gasto de coagulante.

**8.2.1. Calculo del Caudal de Sulfato de Aluminio suministrado.** El cálculo del caudal de Sulfato de Aluminio suministrado por el Streaming Current a partir de los datos de porcentaje de apertura de la bomba se realiza de la siguiente forma:

- Se realiza un aforo de la corriente (Aforo ml/min), registrando el porcentaje de apertura correspondiente (% de Apertura),
- Se calcula cual es el caudal suministrado por la bomba por cada unidad porcentual de apertura así:

$$X = \text{Caudal de Sulfato por unidad porcentual de apertura} = (\text{Aforo ml/min}) / (\% \text{ de Apertura})$$

- Con este valor se determina la cantidad suministrada en cada minuto multiplicando el porcentaje de apertura por este factor, en el caso particular del ensayo el valor obtenido fue de 21.5 ml por cada unidad porcentual, así el caudal para una apertura de 45% seria de 968 ml/min.
- El ahorro se calcula considerando el flujo suministrado por minuto por el Streaming Current, y el flujo suministrado por minuto por el operador en operación manual, la diferencia es el ahorro obtenido.

### 8.3. OBSERVACIONES

Al graficar la información obtenida durante el periodo de prueba se puede observar la respuesta del Streaming Current a los diferentes cambios en las condiciones del agua cruda:

- Podemos evidenciar como la dosificación manual se mantiene constante algunas veces hasta por ocho horas como se puede ver en la grafica correspondiente al día 14 de mayo y como la dosificación automática mantiene variación constante acorde a los requerimientos de proceso; De allí resulta claro que el Streaming Current ajusta el suministro de Sulfato a las condiciones del agua de entrada y que él suponerlas constantes resulta en una sobre dosificación o una dosis menor a la requerida por el proceso.
- La curva de dosificación (color verde) evidencia claramente la reacción del equipo a los cambios de turbiedad y color los cuales influyen fuertemente

en las variaciones de la dosis de sulfato de aluminio comparado con las alteraciones de caudal.

- Desde el 1 al 28 de Mayo se puede apreciar claramente en la Cuadro (Resumen Análisis de Calidad), como el equipo (SC) logra mejorar la calidad del agua en el proceso de sedimentación llegando a obtener un promedio de remoción de color del 91% y de turbiedad del 80%.
- Con los valores de remoción en el proceso de sedimentación, de la Cuadro (Resumen Análisis de Calidad); podemos ver que comparando el sistema convencional operado manualmente y el de placas operado con el (SC), este ultimo mejoro su capacidad de remoción en un 51% para la turbiedad y en un 60% para el color.
- De igual forma el 12 de Mayo es posible apreciar un aumento brusco en la turbiedad y el color a un caudal constante, causando un incremento en la dosificación de Sulfato de Aluminio sin problema para el (SC).
- A si mismo es posible observar la reacción del equipo a pequeños cambios en las condiciones del agua como ocurrió los días 3,4 y 5, ya que a las mismas condiciones de color y caudal Streaming Current reacciona eficientemente a un pequeño cambio en la turbiedad.
- Finalmente los efectos de el pico de turbidez y color mas altos que se presentaron el día 12 de mayo fueron controlados, así su efecto sobre la calidad del agua tratada en lo referente a apariencia es mínimo en el caso de color el valor promedio de salida es 10 UPC y la turbidez del agua tratada se mantiene entre 3 y 4 NTU,

#### **8.4. CONCLUSIONES**

Como podemos ver el equipo Streaming Current ofrece la posibilidad de mantener el proceso de dosificación, floculación y sedimentación bajo un control autónomo de las condiciones en que esta llegando el agua cruda a la planta, generando mayor regulación y mejor calidad de agua sin verse afectado por las grandes concentraciones de color o turbidez.

Económicamente hay que destacar que el equipo estuvo en funcionamiento en presencia de niveles altos de color y turbidez lo cual incrementa el uso de coagulante, además en los días de turbidez relativamente baja se logro mantener el promedio de gasto, y otros como el 14 de Mayo alcanzo un ahorro aproximado del 24%, manifestando que dependiendo de las características del agua de llegada a al planta, se puede alcanzar ahorros significativos, sin el detrimento de la calidad del agua final.

El Streaming Current es una tecnología que permite a la planta de tratamiento tener una herramienta eficaz para el control del proceso durante las 24 horas del día con una acción inmediata a los requerimientos que pueda presentar el agua cruda, permitiendo el computo exacto de la cantidad de dosificante aplicado en un

instante dado, pues este lleva un registro con el cual se pueden hacer este cálculo.

## 8.5. ENCUESTA A LOS OPERADORES

- Como califica el método actual que se usa en la Planta de tratamiento Centenario para la dosificación de coagulante, considerando el periodo de respuesta, frente a los cambios que presenta el agua de entrada y su facilidad de operación.

Que tan Bueno?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Rta/ 4.00

- Usted cree que se presenta sobre-dosificación o sub-dosificación en la aplicación de coagulante cuando se aplica manualmente.

Que tanto se presenta?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Rta/ 7.00

- Conoció como opera el sistema de dosificación automática Streaming Current? Cuánto lo conoció?

Rta/ 9.33

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

- Considera que puede ofrecer ventajas en operación, si se lleva a cabo la implementación del Streaming Current dentro de la Planta Centenario?

Que tan ventajoso?

Rta/ 9.83

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

- Cree que la utilización de la tecnología del Streaming Current genera mejoras en la calidad de agua tratada?

Cuánto la mejora?

Rta/ 9.67

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

- Considera que la utilización del Streaming Current permite la dosificación de coagulante según como vaya variando la calidad de agua que llega a la planta.

Que tanto?

Rta/ 9.83

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

- Piensa que es mejor la implementación del Streaming Current que continuar con el sistema manual de dosificación.

Que tanto?

Rta/ 10.00

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

- Cree que el Streaming Current reduce el uso de coagulante en diferentes periodos de tiempo?

Que tanto?

Rta/ 9.83

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

- Cree que durante el periodo de prueba del Streaming Current se podía aumentar los tiempo de lavado en los filtros de la planta?

Que tanto?

Rta/ 9.00

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

- Cree que el Streaming Current contribuye en el control de la calidad de agua dentro de la planta?

Cuánto contribuye?

Rta/ 9.50

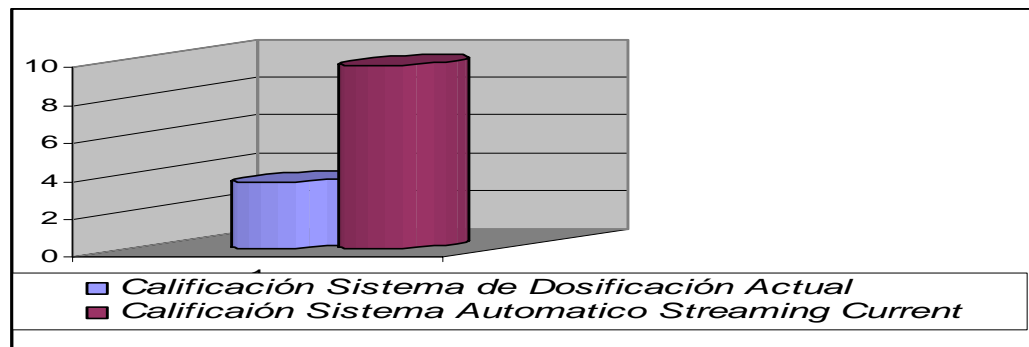
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**8.5.1. Resultados encuesta a operadores.** Para obtener una calificación unitaria por cada tipo de sistema (Actual y Streaming Current) se promedian los resultados de todas las preguntas relacionadas con cada sistema. Para la pregunta referente a la presencia de sobre-dosificación y sub-dosificación en la aplicación de coagulante el valor que promediamos es la resta de la máxima apreciación con la calificación obtenida con lo cual se obtiene el valor para introducir en el promedio del sistema actual de dosificación.

Calificación Promedio Obtenida por los sistemas de dosificación en consideración

- Sistema Actual de dosificación (Aplicación por medio del método de jarras)  
3.50 puntos sobre 10.0
- Sistema de dosificación Automática Streaming Current (Nueva Tecnología)  
9.62 puntos sobre 10.0

**Figura 35. Ponderación de los sistemas de dosificación realizado por los operadores de la Planta Centenario de Empopasto S.A. E.S.P**



## 8.6. ANÁLISIS BOMBAS DOSIFICADORAS

Las bombas son máquina para elevar, trasegar o comprimir fluidos. las aspirante, son las que eleva un líquido por la aspiración que un émbolo situado en el cuerpo de la bomba ejerce sobre él a través de un tubo cuyo extremo inferior está sumergido, mientras el superior, provisto de una válvula que se abre de abajo arriba, se une al cuerpo de la bomba; las aspirante-impelente, la que eleva un líquido por el mismo procedimiento que la aspirante y lo impele hacia el exterior mediante la presión ejercida por el émbolo sobre el líquido encerrado en el cuerpo de bomba; las centrífuga o rotatoria, aquella en que la aspiración y la expulsión del líquido es producida por una rueda de paletas que giran dentro de un tambor; las de aceite, la auxiliar pequeña movida desde el cigüeñal de un motor que impulsa el aceite desde un depósito a los cojinetes. La dosificadora de combustible para inyectar éste directamente a los cilindros por separado. las neumática, la que dotada de un cuerpo de bomba del tipo aspirante, sirve para hacer el vacío o para enrarecer un gas.

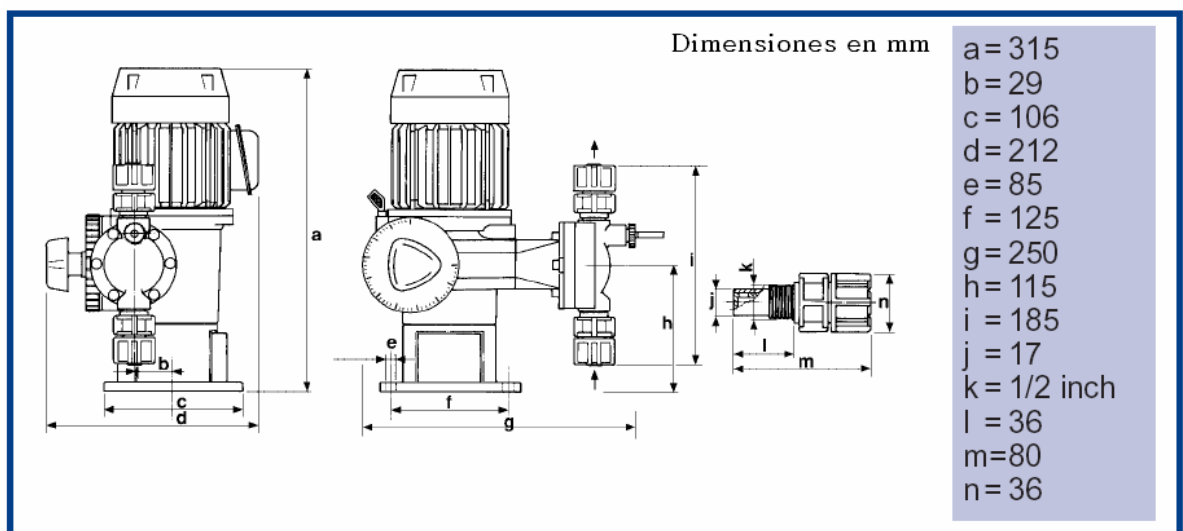
**8.6.1. Bombas dosificadoras de sulfato de aluminio.** Las bombas existentes dentro de la Planta de Tratamiento Centenario, son Bombas Dosificadoras de la Serie PD 64 B 240 de Sodi Scientifica que presentan las siguientes características:

- El motor montado en este tipo de bombas es cerrado con un voltaje de 230 – 400 V trifásico, de 60 Hertz, 1800 R.P.M., 4 polos, IP-55, y ventilador externo.
- El cuerpo de la bomba esta hecho con una aleación liviana de alta resistencia y tiene incorporado el cigüeñal y los controles; cada componente esta sobre diseñado para asegurar largos periodos de operación sin necesidad de reparar.
- Dos Mecanismos de Biela, el primero consiste en un engranaje helicoidal y de un excéntrico que transforma el movimiento rotatorio en movimiento lineal con un resorte de retorno; la segunda es la biela – mecanismo de rodillo – con un retorno positivo. Todos los componentes se mantienen en la caja (cárter) llena con aceite.
- Un controlador de flujo de ajuste manual de la rata de flujo de las bombas se puede realizar con la bomba en movimiento o parada. Las bombas con ajuste automático se la rata de flujo se operan mediante consoladores (unidades AR 91 SODI SCIENTIFICA) los cuales ajustan la rata de flujo de acuerdo a una señal proveniente de un aparato de control.

**Figura 96. UNIDAD AR 91 Sodi Cientifica Para Control Automático. No existente en la Planta Centenario.**



**Figura 37. Dimensiones de las bombas (capacidad de 240 l/h)**





## 8.7. VARIADORES DE FRECUENCIA.

Son aparatos automatizados de control para poder controlar la velocidad en los motores asincrónicos; en otras palabras, Los variadores de velocidad o Frecuencia son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad y la cupla de los motores asincrónicos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables. Se utilizan estos equipos cuando las necesidades de la aplicación sean:

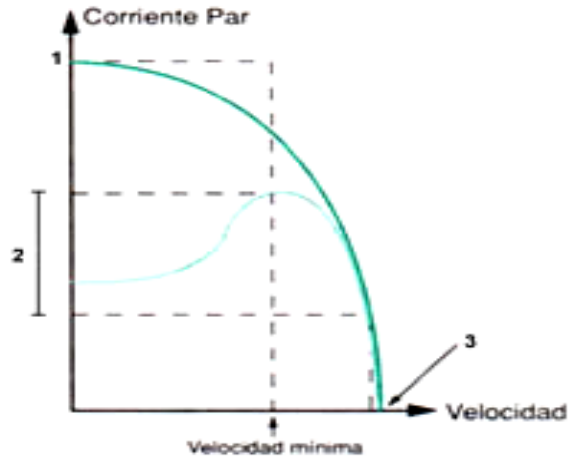
- \*Dominio de par y la velocidad
- \*Regulación sin golpes mecánicos
- \* Movimientos complejos
- \* Mecánica delicada

El motor de corriente alterna, a pesar de ser un motor robusto, de poco mantenimiento, liviano e ideal para la mayoría de las aplicaciones industriales, tiene el inconveniente de ser un motor rígido en cuanto a su velocidad. La velocidad del motor asincrónico depende de la forma constructiva del motor y de la frecuencia de alimentación. Como la frecuencia de alimentación que entregan las Compañías de electricidad es constante, la velocidad de los motores asincrónicos es constante, salvo que se varíe el número de polos, el resbalamiento o la frecuencia.

El método más eficiente de controlar la velocidad de un motor eléctrico es por medio de un variador electrónico de frecuencia. No se requieren motores especiales, son mucho más eficientes y tienen precios cada vez más competitivos. El variador de frecuencia regula la frecuencia del voltaje aplicado al motor, logrando modificar su velocidad. Sin embargo, simultáneamente con el cambio de frecuencia, debe variarse el voltaje aplicado al motor para evitar la saturación del flujo magnético con una elevación de la corriente que dañaría el motor.

Los variadores de frecuencia están preparados para trabajar con motores trifásicos asincrónicos de rotor jaula. La tensión de alimentación del motor no podrá ser mayor que la tensión de red. A tensión y frecuencia de placa del motor se comporta de acuerdo al gráfico siguiente:

**Figura 38. Comportamiento variadores de frecuencia**



Referencias:

(1) Corriente de arranque  $6...8I_n$

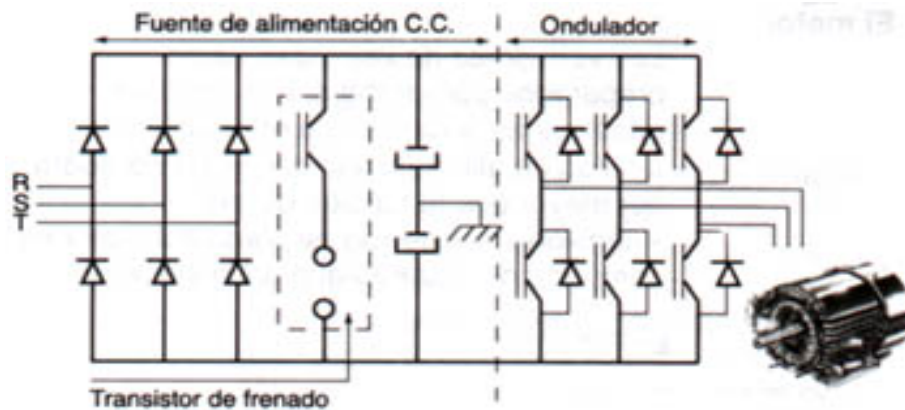
(2) Corriente máxima  $3...4I_n$ . Par máximo  $2.5$  Par nominal. Par de arranque  $1.5$  Par nominal Par nominal

(3) Velocidad de sincronismo  $n_s = 60 f / p$

El dimensionamiento del motor debe ser tal que la cupla resistente de la carga no supere la cupla nominal del motor, y que la diferencia entre una y otra provea la cupla acelerante y desacelerante suficiente para cumplir los tiempos de arranque y parada.

**8.7.1. El convertidor de frecuencia.** Se denominan así a los variadores de velocidad que rectifican la tensión alterna de red (monofásica o trifásica), y por medio de seis transistores trabajando en modulación de ancho de pulso generan una corriente trifásica de frecuencia y tensión variable. Un transistor más, llamado de frenado, permite direccionar la energía que devuelve el motor (durante el frenado regenerativo) hacia una resistencia exterior. A continuación en la figura No. 9 se muestra un diagrama electrónico típico.

**Figura 39. Diagrama Electrónico Típico**

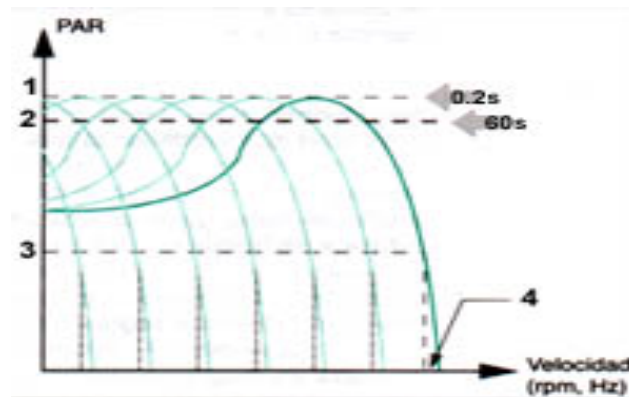


Los variadores de frecuencia están compuestos por :

- **Etapa Rectificadora.** Convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos, tiristores, etc.
- **Etapa intermedia.** Filtro para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos.
- **Inversor o "Inverter".** Convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Actualmente se emplean IGBT's (Isolated Gate Bipolar Transistors) para generar los pulsos controlados de tensión. Los equipos más modernos utilizan IGBT's inteligentes que incorporan un microprocesador con todas las protecciones por sobrecorriente, sobretensión, baja tensión, cortocircuitos, puesta a masa del motor, sobretemperaturas, etc.
- **Etapa de control.** Esta etapa controla los IGBT para generar los pulsos variables de tensión y frecuencia. Y además controla los parámetros externos en general, etc.

La estrategia de disparo de los transistores del ondulatorio es realizada por un microprocesador que, para lograr el máximo desempeño del motor dentro de todo el rango de velocidad, utiliza un algoritmo de control vectorial de flujo. Este algoritmo por medio del conocimiento de los parámetros del motor y las variables de funcionamiento (tensión, corriente, frecuencia, etc.), realiza un control preciso del flujo magnético en el motor manteniéndolo constante independientemente de la frecuencia de trabajo. Al ser el flujo constante, el par provisto por el motor también lo será.

**Figura 40. Diagrama Frecuencia de Trabajo**



Referencias:

- (1) 2 Par nominal
- (2) 1.7 Par nominal
- (3) Par nominal
- (4) Velocidad nominal 50 Hz/60 Hz

En el gráfico se observa que desde 1 Hz hasta los 50 Hz el par nominal del motor está disponible para uso permanente, el 170% del par nominal está disponible durante 60 segundos y el 200% del par nominal está disponible durante 0,2 seg.

Los variadores más utilizados utilizan modulación PWM (Modulación de Ancho de Pulsos) y usan en la etapa rectificadora puente de diodos rectificadores. En la etapa intermedia se usan condensadores y bobinas para disminuir las armónicas y mejorar el factor de potencia. Los fabricantes que utilizan bobinas en la línea en lugar del circuito intermedio, pero tienen la desventaja de ocupar más espacio y disminuir la eficiencia del variador.

El Inversor o Inverter convierte la tensión continua de la etapa intermedia en una tensión de frecuencia y tensión variables. Los IGBT envían pulsos de duración variable y se obtiene una corriente casi senoidal en el motor.

La frecuencia portadora de los IGBT se encuentra entre 2 a 16kHz. Una portadora con alta frecuencia reduce el ruido acústico del motor pero disminuye el rendimiento del motor y la longitud permisible del cable hacia el motor. Por otra parte, los IGBT's generan mayor calor.

Las señales de control para arranque, parada y variación de velocidad (potenciómetro o señales externas de referencia) estén aisladas galvánicamente para evitar daños en sensores o controles y evitar ruidos en la etapa de control.

**8.7.2. Aplicaciones.** Los variadores de frecuencia tienen sus principales aplicaciones en los siguientes tipos de máquinas:

- **Transportadoras.** Controlan y sincronizan la velocidad de producción de acuerdo al tipo de producto que se transporta, para dosificar, para evitar ruidos y golpes en transporte de botellas y envases, para arrancar suavemente y evitar la caída del producto que se transporta, etc.
- **Bombas y ventiladores centrífugos.** Controlan el caudal, uso en sistemas de presión constante y volumen variable. En este caso se obtiene un gran ahorro de energía porque el consumo varía con el cubo de la velocidad, o sea que para la mitad de la velocidad, el consumo es la octava parte de la nominal.
- **Bombas de desplazamiento positivo.** Control de caudal y dosificación con precisión, controlando la velocidad. Por ejemplo en bombas de tornillo, bombas de engranajes. Para transporte de pulpa de fruta, pasta, concentrados mineros, aditivos químicos, chocolates, miel, barro, etc.
- **Ascensores y elevadores.** Para arranque y parada suaves manteniendo la cupla del motor constante, y diferentes velocidades para aplicaciones distintas.
- **Extrusoras.** Se obtiene una gran variación de velocidades y control total de de la cupla del motor.
- **Centrífugas.** Se consigue un arranque suave evitando picos de corriente y velocidades de resonancia.
- **Prensas mecánicas y balancines.** Se consiguen arranques suaves y mediante velocidades bajas en el inicio de la tarea, se evitan los desperdicios de materiales.
- **Máquinas textiles.** Para distintos tipos de materiales, inclusive para telas que no tienen un tejido simétrico se pueden obtener velocidades del tipo random para conseguir telas especiales.
- **Compresores de aire.** Se obtienen arranques suaves con máxima cupla y menor consumo de energía en el arranque.
- **Pozos petroleros.** Se usan para bombas de extracción con velocidades de acuerdo a las necesidades del pozo.

- **Otras aplicaciones.** Elevadores de cangilones, transportadores helicoidales, continuas de papel, máquinas herramientas, máquinas para soldadura, pantógrafos, máquinas para vidrios, fulones de curtiembres, secaderos de tabaco, clasificadoras de frutas, conformadoras de cables, trefiladoras de caños, laminadoras, mezcladoras, trefiladoras de perfiles de aluminio, cable, etc, trituradoras de minerales, trapiches de caña de azúcar, balanceadoras, molinos harineros, hornos giratorios de cemento, hornos de industrias alimenticias, puentes grúa, bancos de prueba, secadores industriales, tapadoras de envases, norias para frigoríficos, agitadores, cardeadoras, dosificadoras, dispersores, reactores, pailas, lavadoras industriales, lustradoras, molinos rotativos, pulidoras, fresas, bobinadoras y desbobinadoras, arenadoras, separadores, vibradores, cribas, locomotoras, vehículos eléctricos, escaleras mecánicas, aire acondicionado, portones automáticos, plataformas móviles, tornillos sinfín, válvulas rotativas, calandras, tejedoras, chipeadoras, extractores, posicionadores, etc.

### 8.7.3. Industrias donde se utilizan

- **Metalúrgicas** : Caños, chapas y laminados, perfiles de hierro, aluminio, cables, tornerías, electrodomésticos, revestimiento de caños, fundiciones, fresadoras, electrodos, etc.
- **Alimenticias** : Panificadoras, galletitas, pastas secas, pastas frescas, chocolates, golosinas, lácteos, azúcar, margarinas, frigoríficos, faenas, quesos, grasas animales, molinos harineros, mantecas, criaderos de pollos, aceiteras, frutícolas, aguas minerales, bodegas vitivinícolas, cerveceras, productos balanceados, etc.
- **Construcción** : Edificios, autopistas, cementeras, tejas, azulejos, pisos, ladrillos, bloques, fibrocemento pretensados, aberturas, sanitarios, membranas asfálticas, caleras, arenas especiales, etc.
- **Automovilísticas** : Montadoras de autos, montadoras de camiones, ómnibus, auto partes, tapizados, plásticos, radiadores, neumáticos, rectificadora de motores, etc.
- **Plásticos** : Perfiles, poliestireno, telgopor, impresoras, batches, envases, juguetes, muebles, bolsas, etc.
- **Papeleras** : Papel, cartón, corrugados, cajas, papel higiénico, bobinas, bolsas, envases, etc.
- **Cueros** : Curtiembres, tintorerías, cuerinas, calzados, ropas, etc.

- **Químicas** : Laboratorios medicinales, pinturerías, adhesivos, detergentes, jabones, explosivos, acrílicos, anilinas, insecticidas, fertilizantes, petroquímicas, etc.
- **Petroleras** : Petroleos, refineries, lubricantes, destilerías, etc.
- **Textiles** : Tejidos, tintorerías, lavaderos, hilanderías, etc.
- **Madereras** : Aserraderos, muebles, impregnadoras, laminados, tableros, terciados, etc.
- **Caucho** : Neumáticos, gomas, latex, etc.
- **Otras** : Aeronáuticas, tabacaleras, vidrio, aguas sanitarias, cerealeras, universidades, empresas de ingeniería, minería, acerías, agropecuarias, preparadores de vehículos de competición, etc.

**8.7.4. Selección de un variador de velocidad.** Para definir el equipo más adecuado para resolver una aplicación de variación de velocidad, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Tipo de carga: Par constante, par variable, potencia constante, cargas por impulsos.
- Tipo de motor: De inducción rotor jaula de ardilla o bobinado, corriente y potencia nominal, factor de servicio, rango de voltaje.
- Rangos de funcionamiento: Velocidades máximas y mínimas. Verificar necesidad de ventilación forzada de motor.
- Par en el arranque: Verificar que no supere los permitidos por el variador. Si supera el 170% del par nominal es conveniente sobredimensionar al variador.
- Frenado regenerativo: Cargas de gran inercia, ciclos rápidos y movimientos verticales requieren de resistencia de frenado exterior.
- Condiciones ambientales: Temperatura ambiente, humedad, altura, tipo de gabinete y ventilación.
- Aplicación mono o multimotor: Prever protección térmica individual para cada motor. La suma de las potencias de todos los motores será la nominal del variador.

- Consideraciones de la red: Microinterrupciones, fluctuaciones de tensión, armónicas, factor de potencia, corriente de línea disponible, transformadores de aislación.
- Consideraciones de la aplicación: Protección del motor por sobretensión y/o sobrecarga, contactor de aislación, bypass, rearmado automático, control automático de la velocidad.
- Aplicaciones especiales: Compatibilidad electromagnética, ruido audible de motor, bombeo, ventiladores y sopladores, izaje, motores en paralelo, etc.

**8.7.4.1. Circuito recomendado.** El circuito para utilizar un variador debe constar con algunos de los siguientes elementos:

- Interruptor automático: Su elección está determinada por las consideraciones del equipo. La corriente de línea corresponde a la corriente absorbida por el variador a la potencia nominal de utilización, en una red impedante que limite la corriente de cortocircuito así:  
-22kA para una tensión de alimentación de 400v-50Hz.  
-65kA para una tensión de alimentación de 460v-60Hz.
- Contactor de línea: Este elemento garantiza un seccionamiento automático del circuito en caso de una emergencia o en paradas por fallas. Su uso junto con el interruptor automático garantiza la coordinación tipo 2 de la salida y facilita las tareas de puesta en marcha, explotación y mantenimiento. La selección es en función de la potencia nominal y de la corriente nominal del motor en servicio SI y categoría de empleo AC1.
- Inductancia de línea: Estas inductancias permiten garantizar una mejor protección contra las sobre tensiones de red, y reducir el índice de armónicos de corriente que produce el variador, mejorando a la vez la distorsión de la tensión en el punto de conexión. Esta reducción de armónicos determina una disminución del valor rms de corriente tomado de la fuente de alimentación, y una reducción de valor rms de corriente tomado por los componentes de la etapa de entrada de inverter (rectificador, contactor de precarga, capacitores). La utilización de inductancias de línea está especialmente recomendada en los siguientes casos:
  - Red muy perturbada por otros receptores (parásitos sobretensiones )



- Red de alimentación con desequilibrio de tensión entre fases  $>1,8\%$  de la tensión nominal.
  - Variador alimentado por una línea muy poco impedante (cerca de transformadores de potencia superior a 10 veces el calibre del variador). La inductancia de línea mínima corresponde a una corriente de cortocircuito  $I_{cc}$  de 22000 A
  - Instalación de un número elevado de convertidores de frecuencia en la misma línea.
  - Reducción de la sobrecarga de los condensadores de mejora del  $\cos(\phi)$ , si la instalación incluye una batería de compensación de factor de potencia. La selección es de acuerdo a la corriente nominal del variador y su frecuencia de conmutación. Existen inductancias estándar para cada tipo de variador.
- Filtro de radio perturbaciones: estos filtros permiten limitar la propagación de los parásitos que generan los variadores por conducción, y que podrían perturbar a determinados receptores situados en las proximidades del aparato (radio, televisión, sistemas de audio, etc.). Estos filtros sólo pueden utilizarse en redes de tipo TN (Puesta al neutro) y TT (neutro a tierra). Existen filtros estándar para cada tipo de variador. Algunos variadores los traen incorporados de origen.
  - Resistencia de frenado: Su función es disipar la energía de frenado, permitiendo el uso del variador en los cuadrantes 2 y 4 del diagrama par-velocidad. De este modo se logra el máximo aprovechamiento del par del motor, durante el momento de frenado y se conoce como frenado dinámico. Normalmente es un opcional ya que sólo es necesaria en aplicaciones donde se necesitan altos pares de frenado. La instalación de esta resistencia es muy sencilla: se debe ubicar fuera del gabinete para permitir su correcta disipación, y el variador posee una bornera donde se conecta directamente. De acuerdo al factor de marcha del motor se determina la potencia que deberá disipar la resistencia. Existen Cuadros para realizar esta selección. El valor ohmico de la resistencia es característico del variador y no debe ser modificado.

#### **8.7.4.2. Recomendaciones de instalación .Cableado:**

- En los cables de control, utilizar cable trenzado y blindado para los circuitos de consigna.
- Debe haber una separación física entre los circuitos de potencia y los circuitos de señales de bajo nivel.

- La tierra debe ser de buena calidad y con conexiones de baja impedancia. Cables con la menor longitud posible. El variador debe estar lo más cerca posible del motor.

- Cuidar que los cables de potencia estén lejos de cables de antenas de televisión, radio, televisión por cable o de redes informáticas.

Gabinete:

Metálico o al menos en una bandeja metálica conectada a la barra de tierra. En los manuales de uso de los variadores se hacen las recomendaciones en cuanto al tamaño.

Ventilación:

Debe estar de acuerdo al calor disipado por el equipo a potencia nominal. Se proveen, como opcionales, ventiladores adicionales y kits de montaje de ventilación que garantizan una protección IP54 sin perder la posibilidad de una buena disipación.

Puesta a tierra:

La tierra debe ser de buena calidad y con conexiones de baja impedancia. Se deberá realizar la conexión a tierra de todas las masas de la instalación, así como las carcasas de los motores eléctricos. El sistema de puesta a tierra deberá tener una resistencia de un valor tal que asegure una tensión de contacto menor o igual a 24V en forma permanente.

#### 8.7.5. Variador de frecuencia utilizado en la Planta Centenario

**Figura 41. Micromaster 420**



**SIEMENS**

**MICROMASTER 420**

0,12 kW - 11 kW

Edición 12/01

La serie MICROMASTER 420 es una gama de convertidores de frecuencia (variadores) para modificar la velocidad de motores trifásicos. La gama de modelos disponible abarca de entrada monofásica de 120 W a entrada trifásica de 11 kW. Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto les hace fiables y versátiles. Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Extensas funciones de protección ofrecen una protección excelente tanto del convertidor como del motor.

Con sus ajustes por defecto realizados en fábrica, el MICROMASTER 420 es ideal para una gran gama de aplicaciones de control de motores simples. El MICROMASTER 420 puede utilizarse también en aplicaciones de control de motores más avanzadas usando sus extensas listas de parámetros. El MICROMASTER 420 puede utilizarse tanto para aplicaciones aislado como integrado en sistemas de automatización.

#### CARACTERÍSTICAS

- \_ Fácil de instalar
- \_ Puesta en marcha sencilla
- \_ Diseño robusto en cuanto a CEM
- \_ Puede funcionar en alimentación de línea IT
- \_ Tiempo de respuesta a señales de mando rápido y repetible
- \_ Amplio número de parámetros que permiten configuraciones para cubrir una gran gama de aplicaciones
- \_ Simple conexión de los cables
- \_ Diseño modular para configuración extremadamente flexible
- \_ Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor
- \_ Información de estado detallada y funciones de mensaje integradas
- \_ Opciones externas para comunicación por PC, panel BOP (Basic Operador Panel), panel AOP (Advanced Operator Panel) y módulo de comunicación PROFIBUS.

**Cuadro 28. Características del variador Mocromaster 420**

Característica	Especificación
Tensión de red en servicio y Márgenes de potencia	1 AC 200 V a 240 V $\pm$ 10 %    0,12 kW – 3,0 kW    (0,16 hp – 4,0 hp) 3 AC 200 V a 240 V $\pm$ 10 %    0,12 kW – 5,5 kW    (0,16 hp – 7,5 hp) 3 AC 380 V a 480 V $\pm$ 10 %    0,37 kW – 11,0 kW    (0,50 hp – 15,0 hp)
Frecuencia de entrada	47 Hz a 63 Hz
Frecuencia de salida	0 Hz a 650 Hz
Factor de potencia	$\geq$ 0,7
Rendimiento del convertidor	96 % a 97 %
Capacidad de sobrecarga	50 % de sobrecarga durante 60 s en un período de 5 min referido a la corriente nominal de salida
Corriente al conectar	Inferior a la corriente nominal de entrada
Método de control	Control V/f lineal; Control V/f lineal con Flux Current Control (FCC); U Control V/f cuadrático; Control V/f multipunto
Frecuencia de pulsación	2 kHz a 16 kHz (en pasos de 2 kHz)
Frecuencias fijas	7, parametrizable
Frecuencias inhibibles	4, parametrizable
Resolución de consigna	0,01 Hz digital, 0,01 Hz serie, 10 bits analógica (potenciómetro motorizado 0.1 Hz [0.1% (en modo PID)])
Entradas digitales	3, parametrizable (libre de potencial), conmutables entre activa con high/activa con low (PNP/NPN)
Entrada analógica	1, para valor de consigna o entrada PI (0 V a 10 V, escalable o utilizable como 4ª entrada digital)
Salida de relé	1, parametrizable DC 30 V / 5 A (carga resistiva), AC 250 V / 2 A (carga inductiva)
Salida analógica	1, parametrizable (0 mA a 20 mA)
Interface serie	RS-485, opción RS-232
Compatibilidad electromagnética	Filtros EMC opcionales según EN55011, clase A o B, también hay disponibles filtros clase A internos
Frenado	Frenado por inyección de c.c., frenado combinado
Grado de protección	IP20
Margen de temperatura	-10 °C a +50 °C (14 °F a 122 °F)
Temperatura almacenamiento	-40 °C a +70 °C (-40 °F a 158 °F)
Humedad relativa	< 95 % (sin condensación)
Altitud de operación	hasta 1000 m sobre el nivel del mar sin necesidad de reducción de potencia
Características de protección	Minima tensión, sobretensión, sobrecarga, defecto a tierra, cortocircuito, protección basculante, protección de bloqueo del motor, sobretemperatura en motor, sobretemperatura en convertidor, bloqueo de parámetros
Normas	UL, cUL, CE, C-tick
Marcado CE	de acuerdo con las directivas europeas "Baja tensión" 73/23/CEE y "Compatibilidad electromagnética" 89/336/CEE

## **8.8. FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS DOSIFICADORAS CON LOS VARIADORES DE FRECUENCIA**

Se realizo un ensayo durante un periodo aproximado de una semana sin incluir el tiempo de capacitación con los equipos, este se llevo a cabo en las instalaciones de la Planta Centenario, en el cuarto de Dosificación donde se encuentran instaladas la bombas dosificadoras de Sulfato de Aluminio y también los Variadores de Frecuencia. En el periodo de prueba la bomba dosificadora fue íntegramente controlada por el variador de frecuencia notándose ciertos efectos negativos cuando se llevaba el trabajo de la bomba a variaciones de frecuencia menores a 25 Hz, Pues en frecuencias menores, la bomba dosificadora presenta un sobrecalentamiento del motor, debido a que los ventiladores de enfriamiento del motor trabajan a la misma velocidad del motor lo cual conlleva a que cuando se varia la velocidad del motor también se disminuya la velocidad de los ventiladores de enfriamiento.

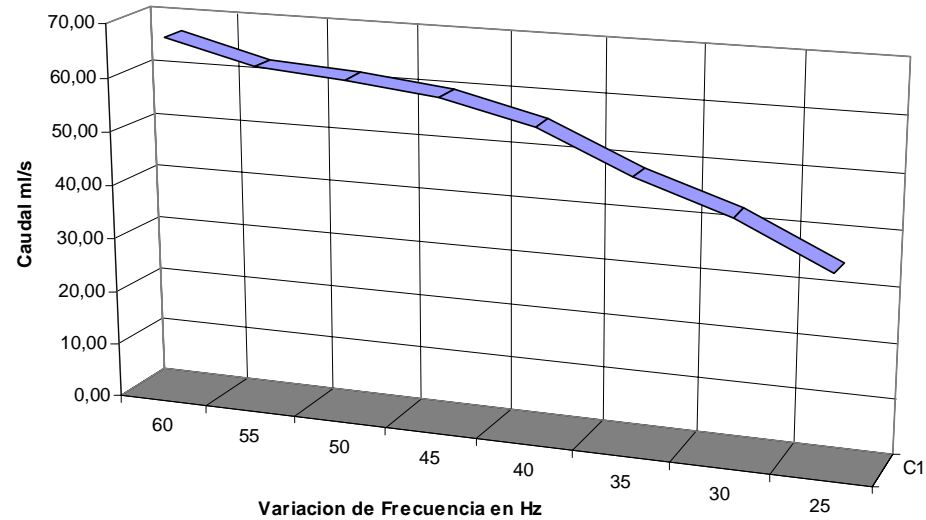
Se procedió a realizar aforos continuos adecuando una instalación hidráulica dentro de los tanques de almacenamiento de sulfato y se realizaron continuas mediciones dejando constante la apertura del pistón de la bomba entre el 100% y 10% y cambiando la velocidad del motor con el variador de frecuencia entre valores de 20Hz a 60Hz. Se debe aclarar que la medición del caudal se hizo de manera manual y por ende se presentaron ciertas desviaciones en los valore los cuales se corrigen mediante el promedio estadístico de las tendencias observadas durante el ensayo llevando los datos obtenidos a una grafica general coherente que simplifique y relacione el caudal de Dosificación de la Bomba con la variación de la velocidad del motor de la Bomba.

A continuación presento las Cuadros obtenidas después de llevar un promedio de todos los ensayos realizados durante el periodo de prueba, los cuales arrojaron las graficas de dosificaron que mas adelante se mostraran; las cuales presentan en el eje Y el caudal en ml/s y en el eje X la variación de frecuencia en Hz.

**Cuadro 29. Apertura de Bomba al 100%**

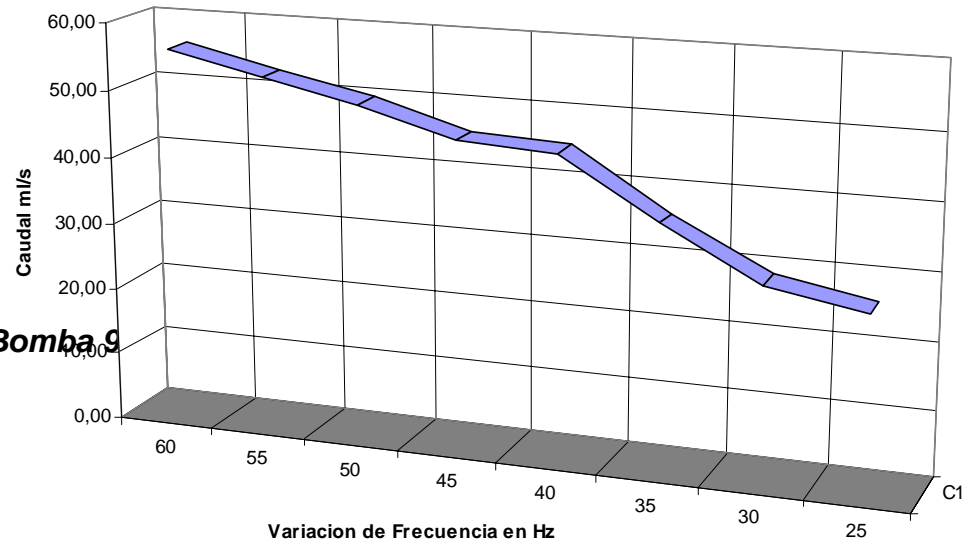
%Apertura	Frecuencia Variador	ml	Tiempo S	q ml/s	ml	Tiempo S	q ml/s	ml	Tiempo S	q ml/s	Promedio q ml/s
100	60	150	2,24	66,96	120	1,8	66,67	155	2,3	67,39	67,01
100	55	135	2,12	63,68	130	2,05	63,41	130	2,12	61,32	62,80
100	50	120	1,87	64,17	130	2,32	56,03	130	2	65,00	61,74
100	45	130	2,05	63,41	130	2,64	49,24	125	1,87	66,84	59,83
100	40	135	2,3	58,70	110	1,87	58,82	130	2,59	50,19	55,90
100	35	120	2,46	48,78	120	2,47	48,58	155	3,2	48,44	48,60
100	30	105	2,5	42,00	105	2,3	45,65	145	3,5	41,43	43,03
100	25	135	3,8	35,53	160	4,5	35,56	125	3,7	33,78	34,96

**Figura 42. Apertura de Bomba 100%**



**Cuadro 30. Apertura de Bomba al 90%**

%Apertura	Frecuencia Variador	ml	Tiempo S	q ml/s	ml	Tiempo S	q ml/s	ml	Tiempo S	q ml/s	Promedio
90	60	120	2,16	55,56	110	1,95	56,41	115	2,06	55,83	55,93
90	55	125	2,33	53,65	115	2,3	50,00	135	2,49	54,22	52,62
90	50	130	2,5	52,00	100	2,1	47,62	130	2,62	49,62	49,75
90	45	135	3,18	42,45	140	2,95	47,46	145	3,07	47,23	45,71
90	40	150	3,29	45,59	160	3,7	43,24	160	3,47	46,11	44,98
90	35	115	3,25	35,38	150	3,86	38,86	150	4,35	34,48	36,24
90	30	170	6,32	26,90	160	5,23	30,59	145	5	29,00	28,83
90	25	160	6,4	25,00	150	5,5	27,27	130	4,9	26,53	26,27

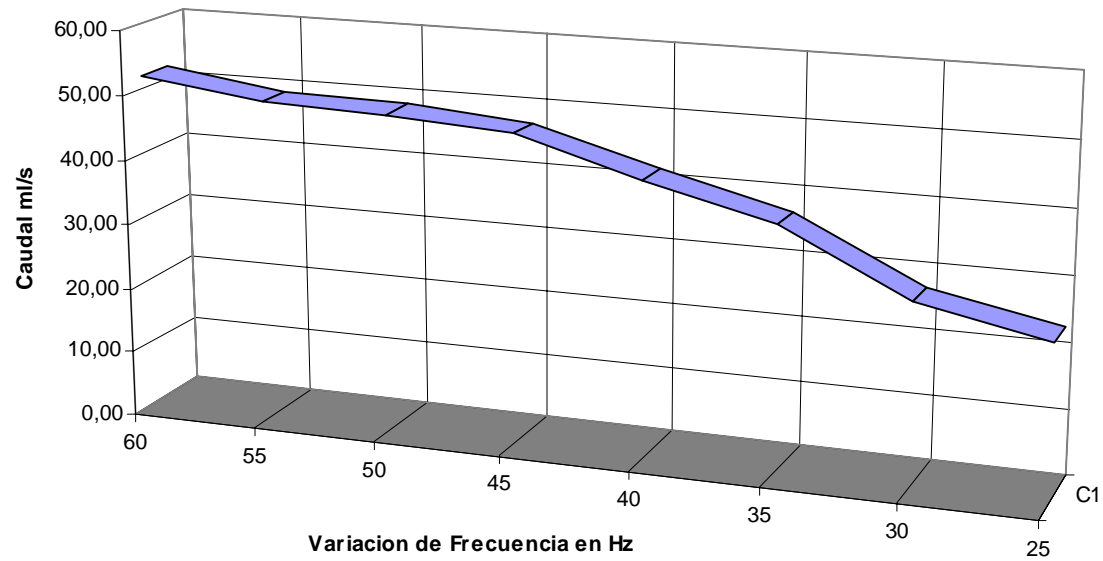


**Figura 43. Apertura de Bomba al 90%**

**Cuadro 31. Apertura de Bomba al 80%**

%Apertura	Frecuencia Variador	ml	Tiempo S	q ml/s	ml	Tiempo S	q ml/s	ml	Tiempo S	q ml/s	Promedio
80	60	105	2,57	40,86	140	2,17	64,52	125	2,5	50,00	51,79
80	55	110	2,22	49,55	110	2,3	47,83	120	2,35	51,06	49,48
80	50	160	3,17	50,47	130	2,66	48,87	120	2,54	47,24	48,86
80	45	145	3	48,33	140	2,84	49,30	125	2,78	44,96	47,53
80	40	145	3,36	43,15	140	3,27	42,81	145	3,54	40,96	42,31
80	35	150	3,82	39,27	170	4,76	35,71	145	3,88	37,37	37,45
80	30	160	5,84	27,40	160	5,64	28,37	170	5,97	28,48	28,08
80	25	140	6	23,33	140	6	23,33	150	5,87	25,55	24,07

**Figura 44. Apertura de Bomba 80%**

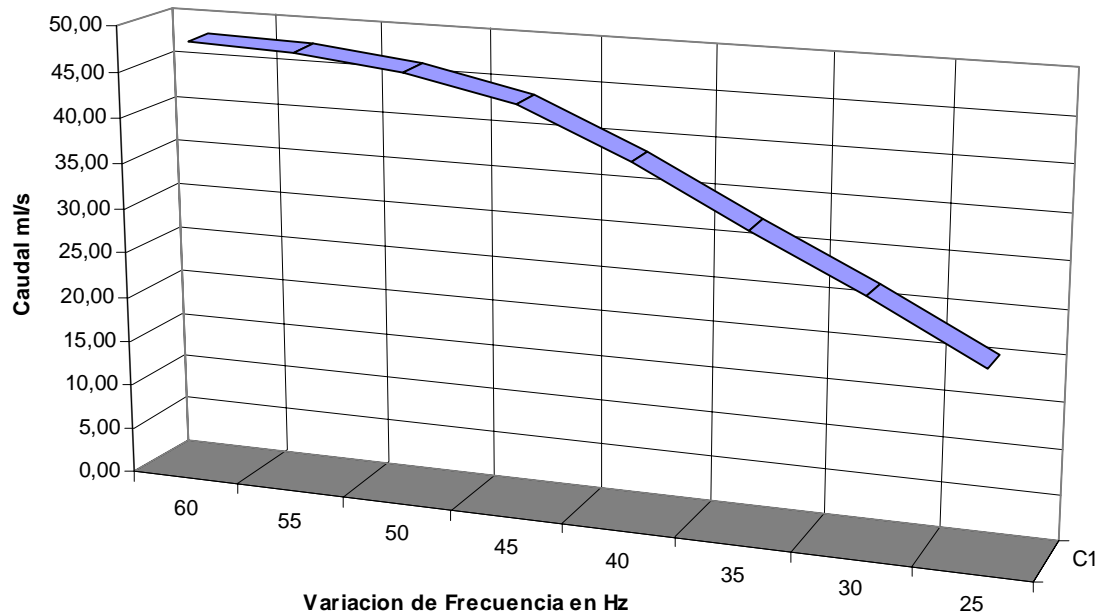




**Cuadro 32. Apertura de Bomba al 70%**

%Apertura	Frecuencia Variador	ml	Tiempo S	q ml/s	ml	Tiempo S	q ml/s	ml	Tiempo S	q ml/s	Promedio
70	60	115	2,17	53,00	110	2,31	47,62	120	2,74	43,80	48,14
70	55	115	2,44	47,13	135	2,91	46,39	135	2,72	49,63	47,72
70	50	115	2,51	45,82	130	2,75	47,27	115	2,49	46,18	46,42
70	45	115	2,66	43,23	120	2,74	43,80	130	2,91	44,67	43,90
70	40	130	3,41	38,12	130	3,45	37,68	130	3,2	40,63	38,81
70	35	125	3,98	31,41	125	3,77	33,16	130	3,9	33,33	32,63
70	30	150	5,81	25,82	115	4,2	27,38	150	5,49	27,32	26,84
70	25	130	6,73	19,32	135	6,34	21,29	135	6,52	20,71	20,44

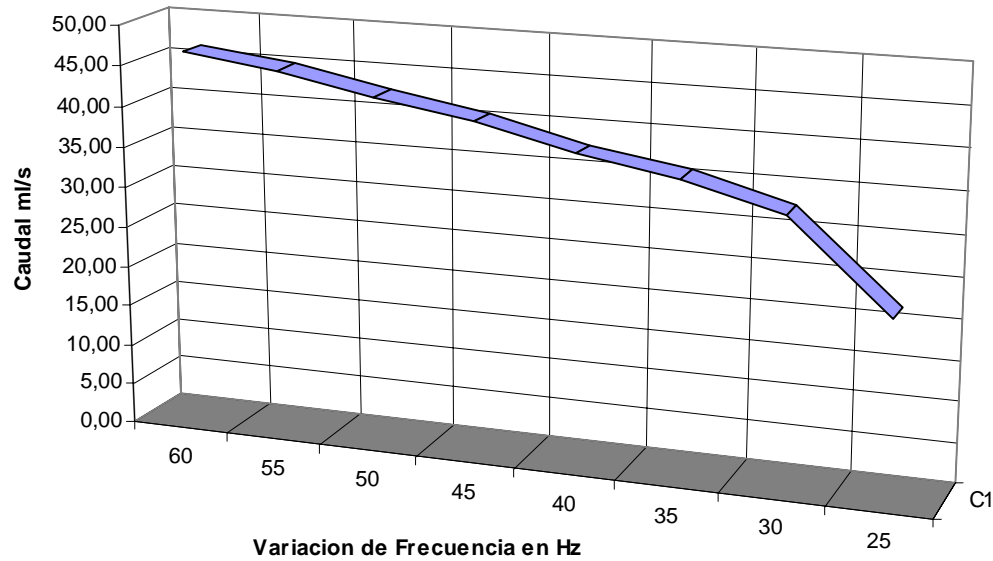
**Figura 45. Apertura de Bomba 70%**



**Cuadro 33. Apertura de Bomba al 60%**

%Apertura	Frecuencia Variador	ml	Tiempo S	q ml/s	ml	Tiempo S	q ml/s	ml	Tiempo S	q ml/s	Promedio
60	60	110	2,36	46,61	95	2,1	45,24	100	2,11	47,39	46,41
60	55	100	2,27	44,05	105	2,65	39,62	110	2,14	51,40	45,03
60	50	105	2,4	43,75	105	2,34	44,87	95	2,4	39,58	42,74
60	45	85	2,24	37,95	80	2,06	38,83	95	2,1	45,24	40,67
60	40	95	2,48	38,31	90	2,43	37,04	95	2,49	38,15	37,83
60	35	100	3	33,33	95	2,43	39,09	100	2,84	35,21	35,88
60	30	105	3,61	29,09	105	2,82	37,23	105	3,31	31,72	32,68
60	25	75	3,12	24,04	75	3,8	19,74	75	3,5	21,43	21,73

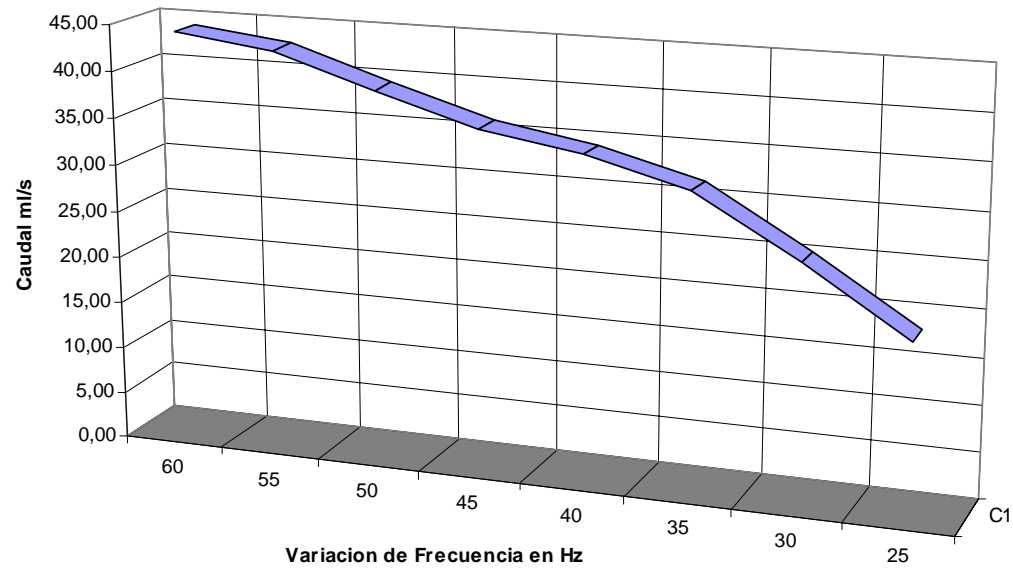
**Figura 46. Apertura de Bomba 60%**



**Cuadro 34. Apertura de Bomba al 50%**

%Apertura	Frecuencia Variador	ml	Tiempo S	q ml/s	ml	Tiempo S	q ml/s	ml	Tiempo S	q ml/s	Promedio
50	60	100	2,2	45,45	100	2,3	43,48	100	2,3	43,48	44,14
50	55	100	2,23	44,84	95	2,12	44,81	75	1,94	38,66	42,77
50	50	80	2,1	38,10	85	1,97	43,15	90	2,44	36,89	39,38
50	45	75	1,83	40,98	80	2,02	39,60	80	2,86	27,97	36,19
50	40	65	1,88	34,57	55	1,82	30,22	75	1,96	38,27	34,35
50	35	95	2,34	40,60	65	2,94	22,11	90	2,81	32,03	31,58
50	30	45	1,97	22,84	60	2,57	23,35	55	1,86	29,57	25,25
50	25	40	2,11	18,96	30	1,84	16,30	45	2,27	19,82	18,36

**Figura 47. Apertura de Bomba 50%**

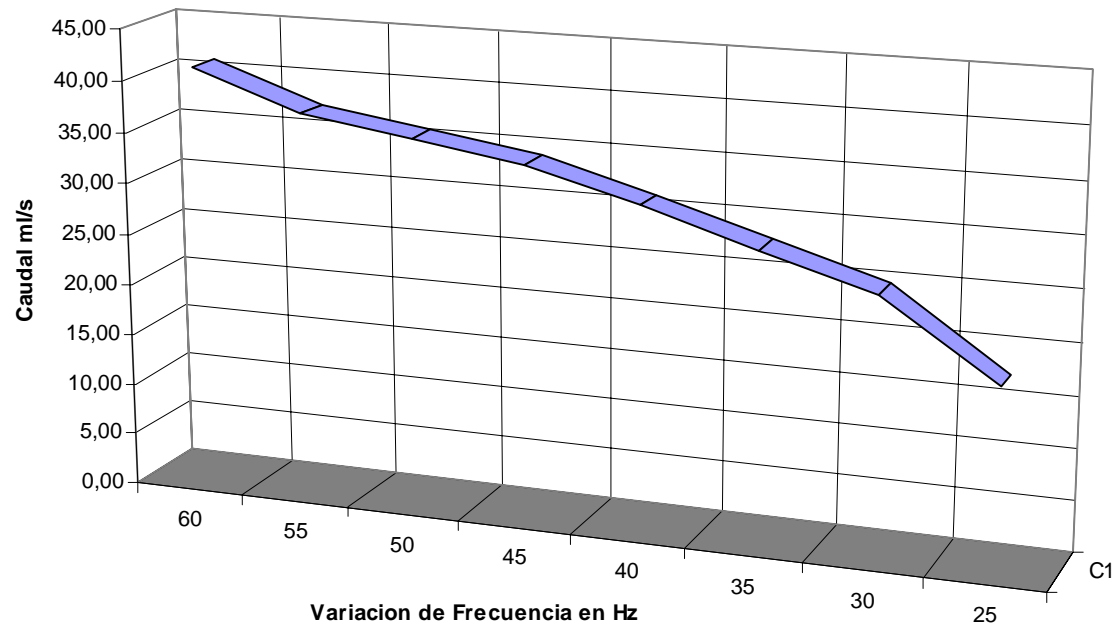


**Cuadro 35. Apertura de Bomba al 40%**

%Apertura	Frecuencia Variador	ml	Tiempo S	q ml/s	ml	Tiempo S	q ml/s	ml	Tiempo S	q ml/s	Promedio
40	60	65	1,99	32,66	85	2,12	40,09	85	1,69	50,30	41,02
40	55	70	1,74	40,23	80	2,03	39,41	75	2,31	32,47	37,37
40	50	80	2,09	38,28	70	1,89	37,04	60	1,87	32,09	35,80
40	45	60	1,64	36,59	50	1,8	27,78	60	1,57	38,22	34,19
40	40	50	1,66	30,12	45	1,47	30,61	60	1,81	33,15	31,29
40	35	35	1,22	28,69	45	1,84	24,46	40	1,3	30,77	27,97
40	30	50	2,4	20,83	45	1,66	27,11	45	1,69	26,63	24,86
40	25	25	1,77	14,12	35	1,74	20,11	35	1,94	18,04	17,43

**Apertura de Bomba al 40%**

**Figura 48. Apertura de Bomba 40%**

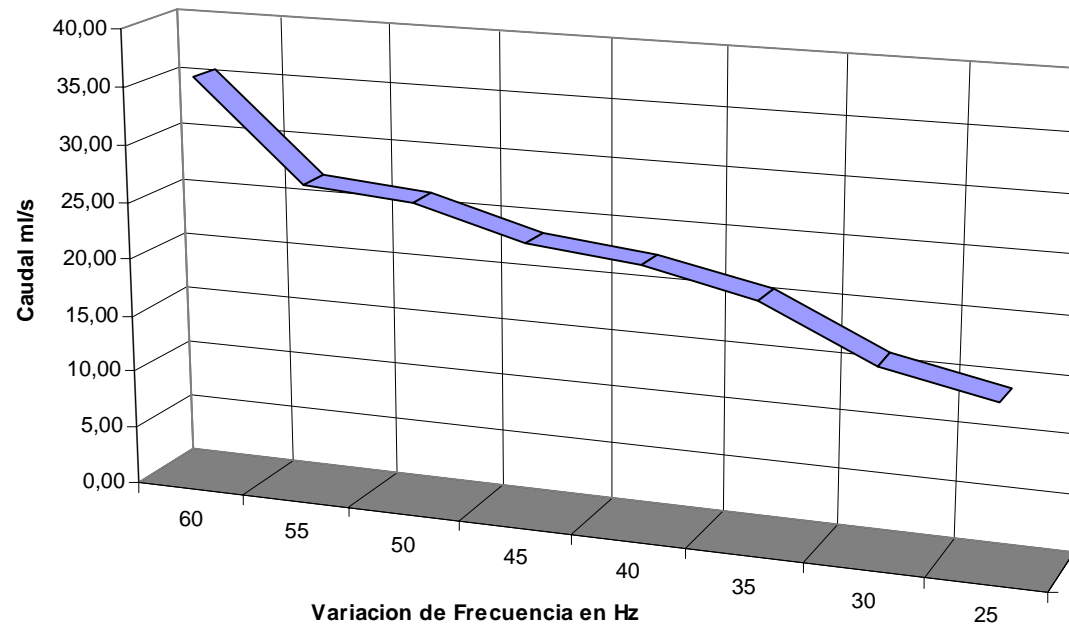


**Cuadro 36. Apertura de Bomba al 30%**

%Apertura	Frecuencia Variador	ml	Tiempo S	q ml/s	ml	Tiempo S	q ml/s	ml	Tiempo S	q ml/s	Promedio
30	60	55	1,47	37,41	55	1,71	32,16	70	1,87	37,43	35,67
30	55	50	1,93	25,91	55	2,05	26,83	50	1,74	28,74	27,16
30	50	50	2,13	23,47	55	2,01	27,36	45	1,6	28,13	26,32
30	45	50	2,16	23,15	45	2	22,50	55	2,14	25,70	23,78
30	40	50	2,14	23,36	45	1,97	22,84	45	2,04	22,06	22,76
30	35	45	2,8	16,07	40	1,88	21,28	45	1,83	24,59	20,65
30	30	35	1,88	18,62	35	2,39	14,64	35	2,25	15,56	16,27
30	25	30	2,01	14,93	30	2,38	12,61	30	1,98	15,15	14,23

Apertura de Bomba al 30%

**Figura 49. Apertura de Bomba 30%**

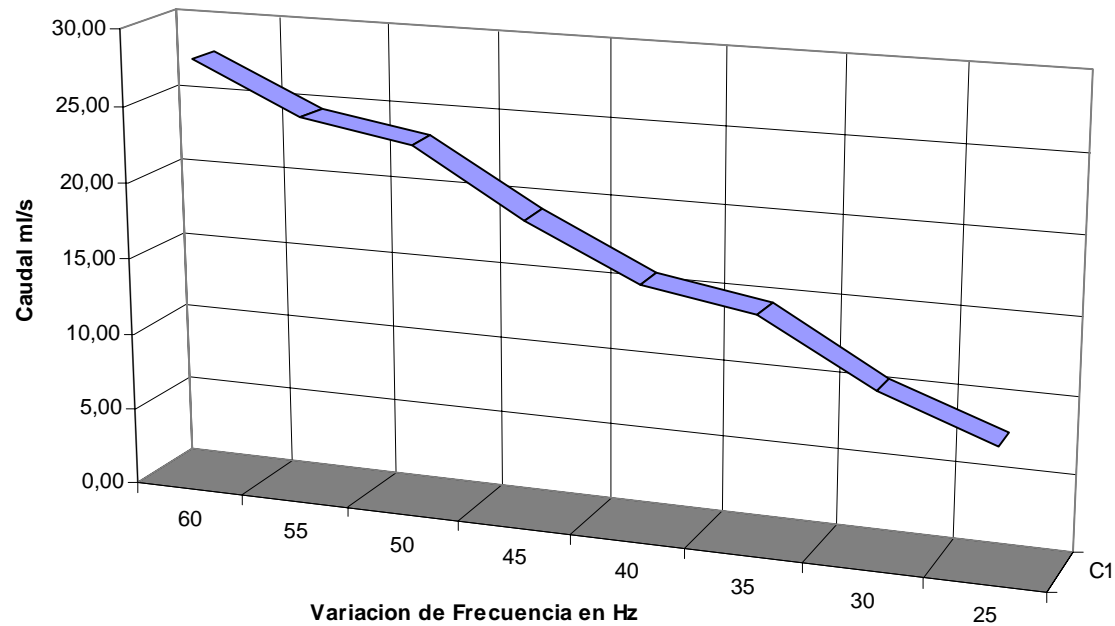


**Cuadro 37. Apertura de Bomba al 20%**

%Apertura	Frecuencia Variador	ml	Tiempo S	q ml/s	ml	Tiempo S	q ml/s	ml	Tiempo S	q ml/s	Promedio
20	60	55	1,93	28,50	50	1,89	26,46	55	1,91	28,80	27,92
20	55	45	2,05	21,95	50	1,95	25,64	55	2,09	26,32	24,64
20	50	50	2,2	22,73	40	1,79	22,35	50	1,97	25,38	23,48
20	45	40	1,85	21,62	40	2,15	18,60	40	2,27	17,62	19,28
20	40	40	2,5	16,00	37	2,31	16,02	35	2,27	15,42	15,81
20	35	30	2,17	13,82	25	1,8	13,89	35	2,14	16,36	14,69
20	30	25	2,23	11,21	20	1,95	10,26	25	2,42	10,33	10,60
20	25	25	2,87	8,71	20	2,39	8,37	15	2,24	6,70	7,93

**Figura 50. Apertura de Bomba 20%**

Apertura de Bomba al 20%

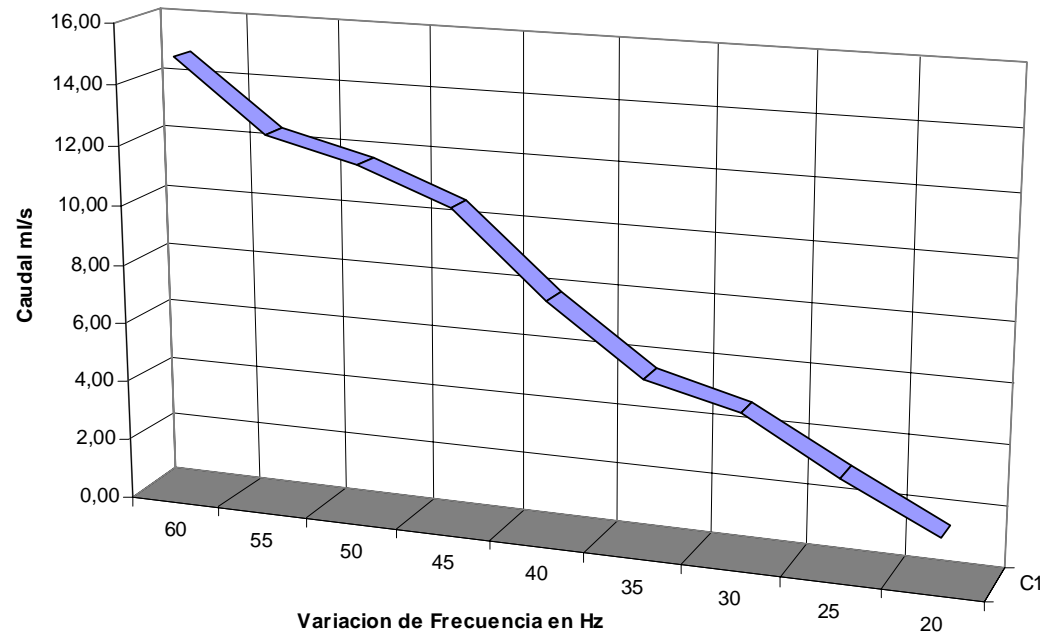


**Cuadro 38. Apertura de Bomba al 10%**

%Apertura	Frecuencia Variador	ml	Tiempo S	q ml/s	ml	Tiempo S	q ml/s	ml	Tiempo S	q ml/s	Promedio
10	60	25	1,69	14,79	30	2,22	13,51	30	1,85	16,22	14,84
10	55	25	1,94	12,89	35	3,05	11,48	30	2,3	13,04	12,47
10	50	25	2,15	11,63	20	1,89	10,58	30	2,3	13,04	11,75
10	45	25	2,38	10,50	27	2,4	11,25	24	2,4	10,00	10,58
10	40	35	4,13	8,47	40	5,1	7,84	40	5,57	7,18	7,83
10	35	35	6,02	5,81	30	5,28	5,68	30	5,56	5,40	5,63
10	30	25	8,08	3,09	40	8	5,00	37	5,69	6,50	4,87
10	25	25	6,62	3,78	15	8,29	1,81	30	8,17	3,67	3,09
10	20	15	10,07	1,49	25	16,92	1,478	25	16,14	1,55	1,51

Apertura de Bomba al 10%

**Figura 51. Apertura de Bomba 10%**



Una vez promediados los datos obtenidos y habiendo sacado las graficas correspondientes a cada uno de los cuadros procedemos a calcular por medios matemáticos, las ecuaciones lineales que mas se ajusten con los datos que se obtuvieron, de tal manera que una vez analizados todos los datos se llego a las siguientes ecuaciones según la apertura de la bomba y la variación de frecuencia del motor.

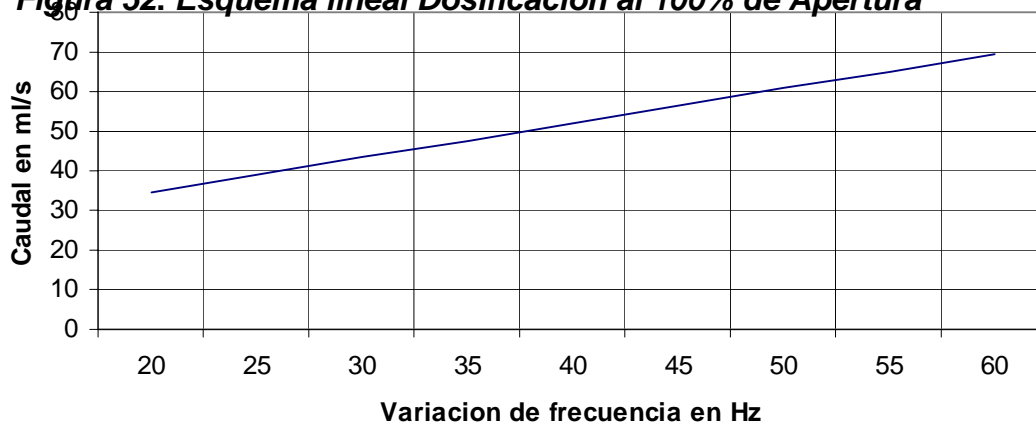
**Cuadro 39. Ecuaciones Obtenidas Por cada Apertura de Bomba**

%Apertura	Ecuaciones	=Q
100	$17,142384+0,8727380*X$	=Q
90	$5,320357 + 0,875785*X$	=Q
80	$6,741904 + 0,810690*X$	=Q
70	$3,226071 + 0,820857*X$	=Q
60	$11,771190 + 0,614119*X$	=Q
50	$4,323333 + 0,698333*X$	=Q
40	$5,531785 + 0,604928*X$	=Q
30	$0,834047 + 0,529904*X$	=Q
20	$-6,238928 + 0,571357*X$	=Q
10	$-5,421785 + 0,336571*X$	=Q

Obtenidas las ecuaciones se precedió a la tabulación con el fin de sacar las graficas parciales de dosificación, para observar las características del comportamiento de la bomba y proceder al arreglo de las curvas por medio de promedios y tendencias de valores. A continuación se presenta las graficas obtenidas de las ecuaciones antes presentadas con sus Cuadros correspondientes.

**Esquema Lineal 100%**

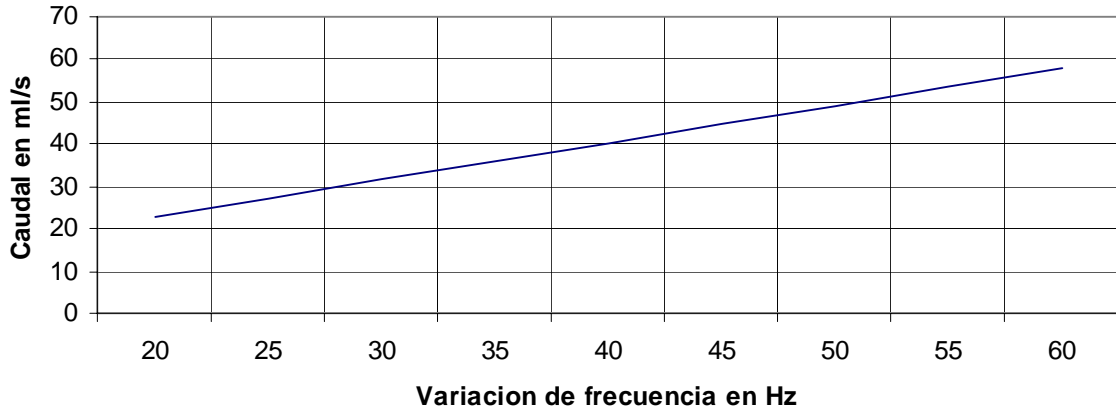
**Figura 52. Esquema lineal Dosificación al 100% de Apertura**





**Figura 53. Esquema lineal Dosificación al 90% de Apertura**

**Esquema Lineal 90%**



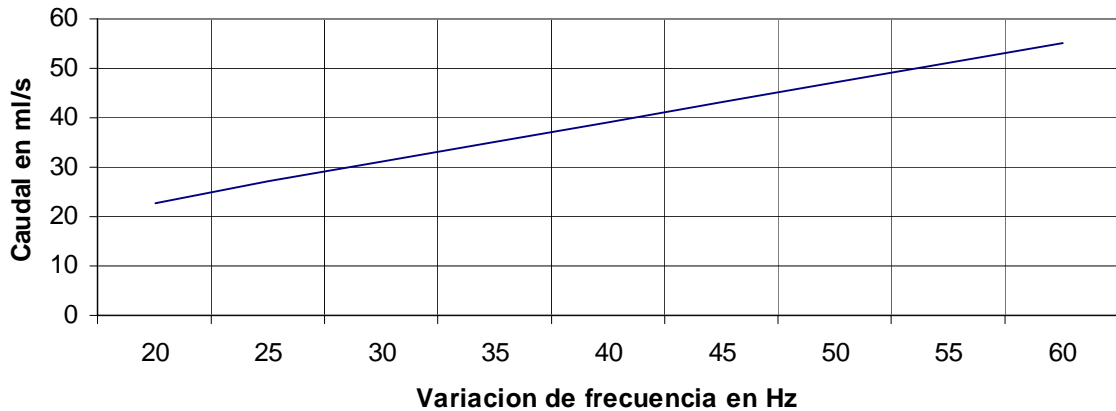
**Cuadro 40. Tabulaciones para obtención de graficas 100-90%**

100%	
X	Q
20	34,59714
25	38,96083
30	43,32452
35	47,68821
40	52,0519
45	56,41559
50	60,77928
55	65,14297
60	69,50666

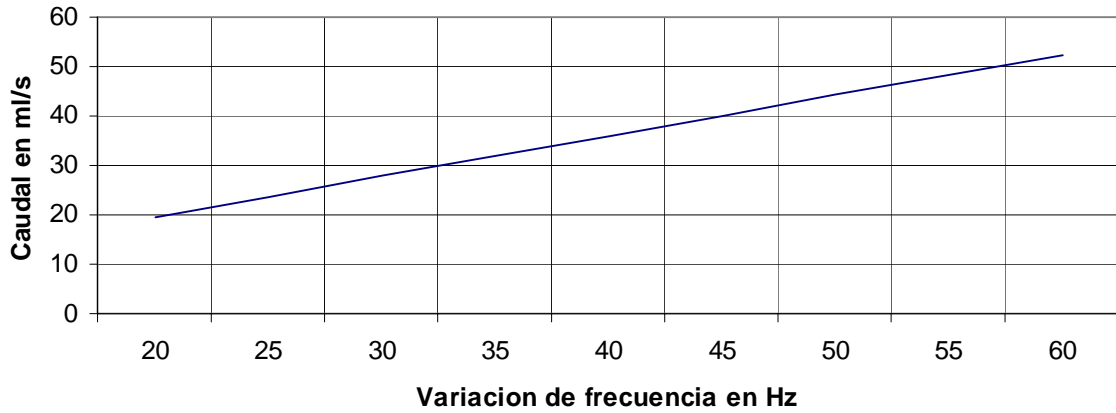
90%	
X	Q
20	22,836057
25	27,214982
30	31,593907
35	35,972832
40	40,351757
45	44,730682
50	49,109607
55	53,488532
60	57,867457

**Figura 54. Esquema lineal Dosificación al 80% de Apertura**

**Esquema Lineal 80%**



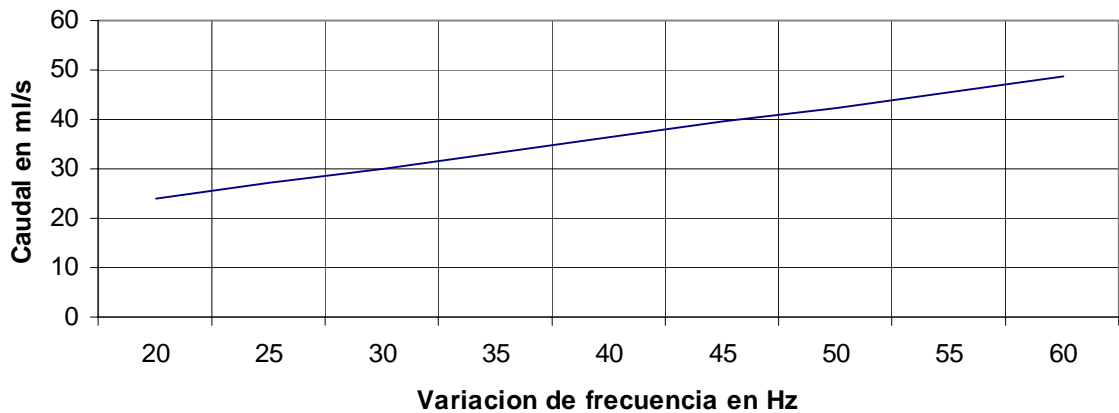
**Figura 55. Esquema lineal Dosificación al 70% de Apertura**  
**Esquema Lineal 70%**



**Cuadro 41. Tabulaciones para obtención de graficas 80-70%**

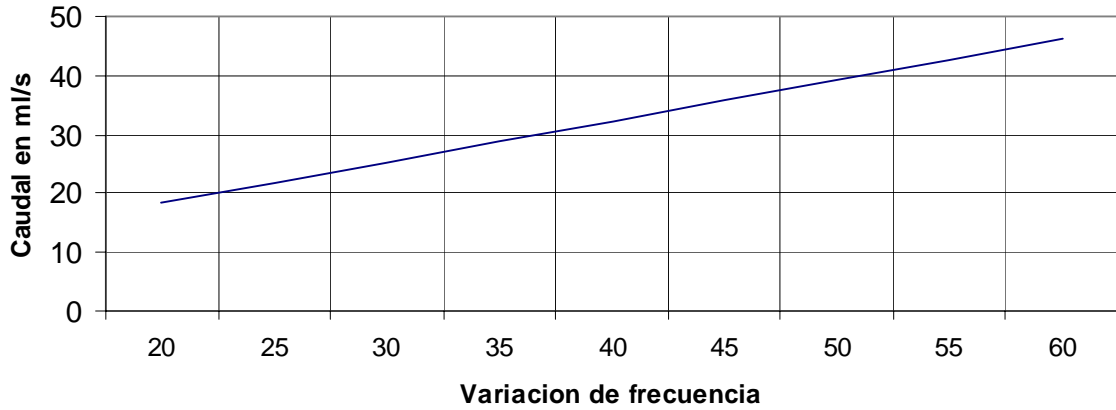
80%		70%	
X	Q	X	Q
20	22,955704	20	19,643211
25	27,009154	25	23,747496
30	31,062604	30	27,851781
35	35,116054	35	31,956066
40	39,169504	40	36,060351
45	43,222954	45	40,164636
50	47,276404	50	44,268921
55	51,329854	55	48,373206
60	55,383304	60	52,477491

**Figura 56. Esquema lineal Dosificación al 60% de Apertura**  
**Esquema Lineal 60%**



**Figura 57. Esquema lineal Dosificación al 50% de Apertura**

**Esquema Lineal 50%**



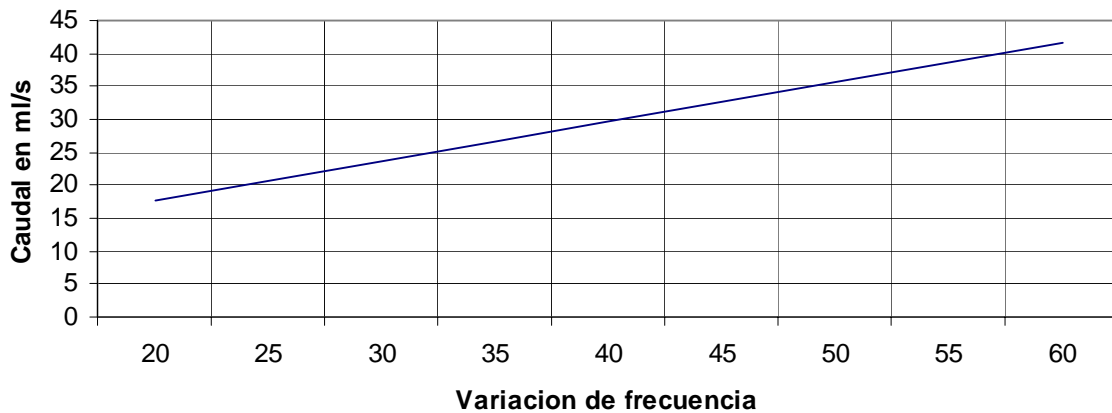
**Cuadro 42. Tabulaciones para obtención de graficas 60-50%**

50%	
X	Q
20	18,28999
25	21,781655
30	25,27332
35	28,764985
40	32,25665
45	35,748315
50	39,23998
55	42,731645
60	46,22331

60%	
X	Q
20	24,05357
25	27,124165
30	30,19476
35	33,265355
40	36,33595
45	39,406545
50	42,47714
55	45,547735
60	48,61833

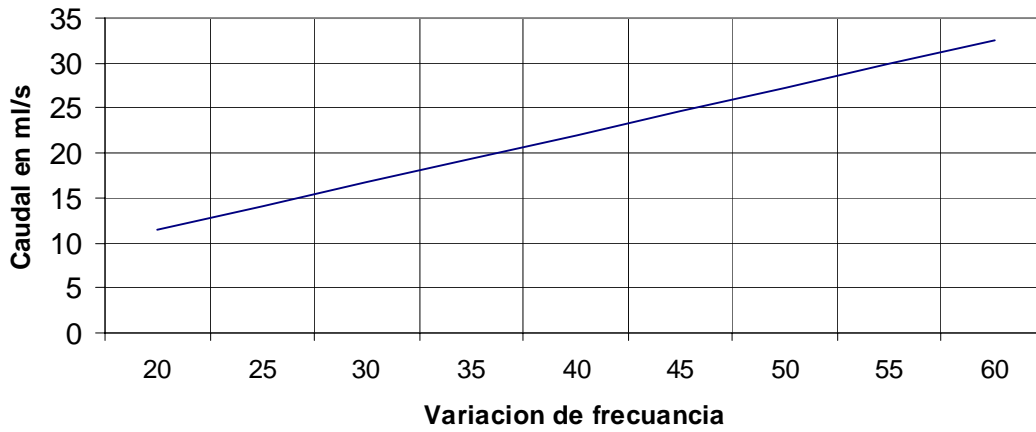
**Figura 58. Esquema lineal Dosificación al 40% de Apertura**

**Esquema Lineal 40%**



**Figura 59. Esquema lineal Dosificación al 30% de Apertura**

**Esquema Lineal 30%**



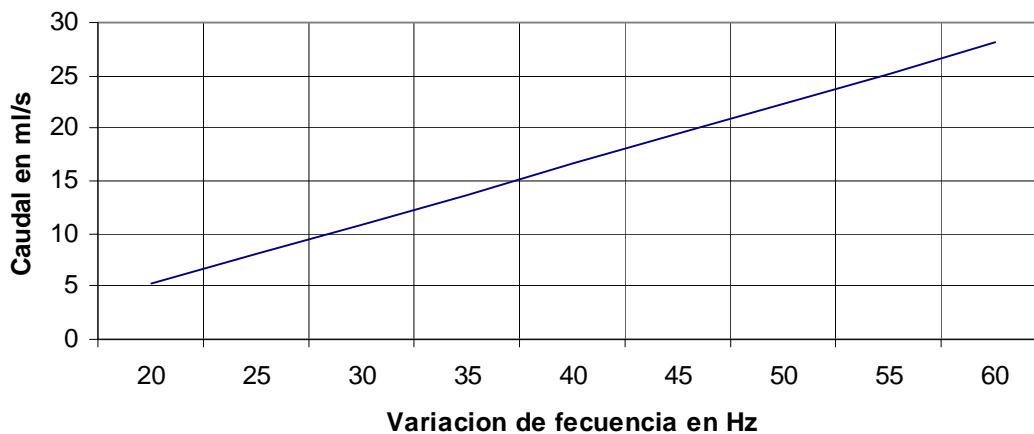
**Cuadro 43. Tabulaciones para obtención de graficas 40-30%**

40%	
X	Q
20	17,630345
25	20,654985
30	23,679625
35	26,704265
40	29,728905
45	32,753545
50	35,778185
55	38,802825
60	41,827465

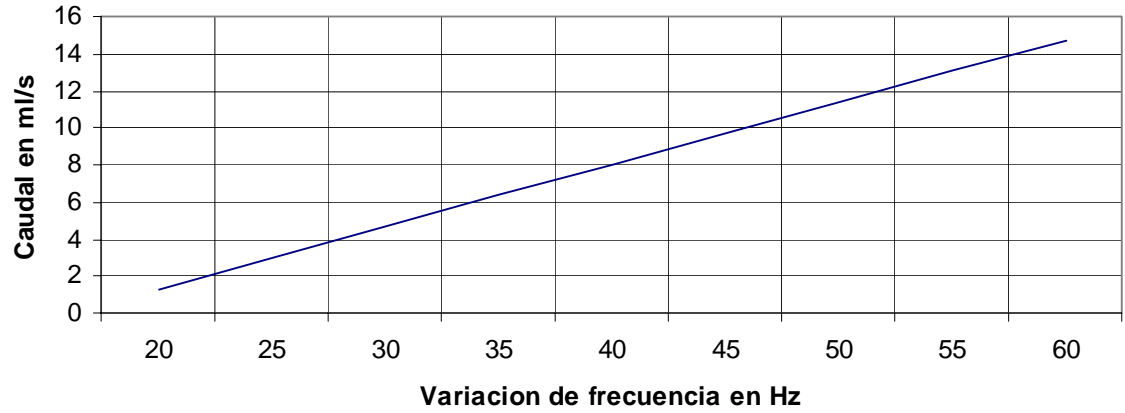
30%	
X	Q
20	11,432127
25	14,081647
30	16,731167
35	19,380687
40	22,030207
45	24,679727
50	27,329247
55	29,978767
60	32,628287

**Figura 60. Esquema lineal Dosificación al 20% de Apertura**

**Esquema Lineal 20%**



**Figura 61. Esquema lineal Dosificación al 10% de Apertura**  
**Esquema Lineal 10%**

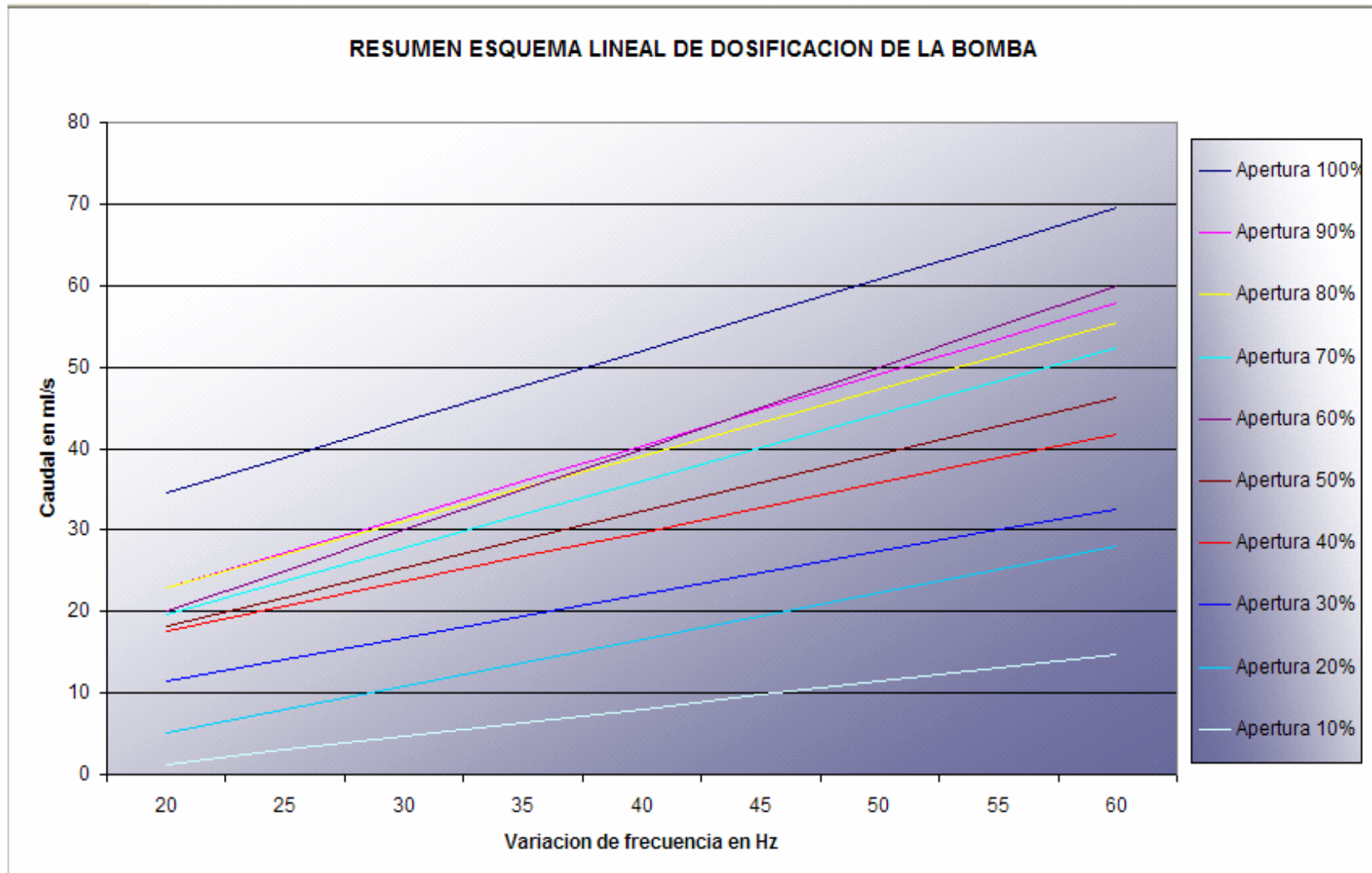


**Cuadro 44. Tabulaciones para obtención de graficas 20-10%**

20%	
X	Q
20	5,188212
25	8,044997
30	10,901782
35	13,758567
40	16,615352
45	19,472137
50	22,328922
55	25,185707
60	28,042492

10%	
X	Q
20	1,309635
25	2,992490
30	4,675345
35	6,358200
40	8,041055
45	9,723910
50	11,406765
55	13,089620
60	14,772475

Figura 62. Resumen dosificación bombas



**8.8.1. Arreglo de grafica.** Teniendo en cuenta que se presentan errores dentro de la medición, y que estos se reflejan claramente las graficas, se debe realizar un arreglo estadístico y matemático en el cual se pueda llevar a cabo la aproximación de mayor credibilidad frente a las pruebas hechas dentro de la Planta Centenario; por tanto debemos tener en consideración que dentro de las especificaciones de las bombas, estas presentan una capacidad máxima de 240 l/h lo que equivale a 66.67 ml/s a 60 Hz; por tanto este será el punto de partida para comenzar a realizar los arreglos matemáticos a las graficas obtenidas en las pruebas.

Con las consideraciones anteriores comenzamos a plantear la primera ecuación que se refiere a la capacidad de la bomba y su frecuencia de trabajo de 60Hz. Por tanto tenemos que:

$$\begin{aligned} &\text{➤ } A * X = Q \\ \text{Donde } A &= \text{Pendiente de la Recta} \\ X &= \text{Frecuencia de Trabajo en Hz} \\ Q &= \text{Caudal en ml/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Despejando A Tenemos :} & \quad A = Q / X \\ \text{Si } X = 60\text{Hz} & \quad \text{y } Q = 66.67 \text{ ml/s} \\ & \quad A = 1,11111112 \end{aligned}$$

Una vez Obtenida la Pendiente inicial de trabajo empezamos a trabajar con las ecuaciones obtenidas. De las ecuaciones tomamos los valores de las pendientes y los llevamos a un arreglo de promedio con el valor inmediatamente anterior obteniendo unas pendientes mucho mas escalonadas, una vez hecho este paso debemos sacar la diferencia de las pendientes con su consecutiva las cuales nos indican la caída de la rata de flujo en el paso de apertura de pisto. Finalmente promediamos las caídas o diferencias que se presentaron cada 3 valores consecutivos lo cual genera que se obtenga el valor mas aproximado de caída de rata de flujo en la bomba. De lo anterior se obtuvieron los datos de la Cuadro 3.

**Cuadro 45. Promedios de pendiente**

Apertura %	Pendiente	Promedio c/2	DIFERENCIA	Promedio c/3
100	0,873	0,874	0,031	0,0523
90	0,876	0,843	0,027	0,0623
80	0,811	0,816	0,098	0,0547
70	0,821	0,717	0,061	0,0500
60	0,614	0,656	0,005	0,0352
50	0,698	0,652	0,084	0,0659
40	0,605	0,567	0,017	0,1330
30	0,530	0,551	0,097	0,1835
20	0,571	0,454	0,286	0,1513
10	0,337	0,168	0,168	0,0561

Para obtener las ecuaciones respectivas de cada uno de los niveles de apertura que presenta la bomba, se fue disminuyendo a la pendiente inicia obtenida con la ecuación 1. los valores promediados de las diferencias con lo cual se llego a la siguiente Cuadro:

**Cuadro 46. Pendientes obtenidas.**

APERTURA %	PENDIENTE	FRECUENCIA	CAUDAL
100	1,11111112	*X	=Q
90	1,05885329	*X	=Q
80	0,99651612	*X	=Q
70	0,94180179	*X	=Q
60	0,89177779	*X	=Q
50	0,85657929	*X	=Q
40	0,79069045	*X	=Q
30	0,65764695	*X	=Q
20	0,47410345	*X	=Q
10	0,32278212	*X	=Q

De la Cuadro anterior, se observa claramente las nuevas ecuaciones, las cuales representan la dosificación dentro de los parámetros antes establecidos; de ellas podemos sacar una nueva distribución con lo cual tabulamos para poder graficar.



**Cuadro 47. Tabulación Nuevas Ecuaciones 100-90-80%**

100%		90%		80%	
Ecuación		Ecuación		Ecuación	
1,11111112 *X		1,05885329 *X		0,99651612 *X	
X	Y	X	Y	X	Y
0	0	0	0	0	0
5	5,56	5	5,29	5	4,98
10	11,11	10	10,59	10	9,97
15	16,67	15	15,88	15	14,95
20	22,22	20	21,18	20	19,93
25	27,78	25	26,47	25	24,91
30	33,33	30	31,77	30	29,9
35	38,89	35	37,06	35	34,88
40	44,44	40	42,35	40	39,86
45	50	45	47,65	45	44,84
50	55,56	50	52,94	50	49,83
55	61,11	55	58,24	55	54,81
60	66,67	60	63,53	60	59,79

**Cuadro 48. Tabulación Nuevas Ecuaciones 70-60-50%**

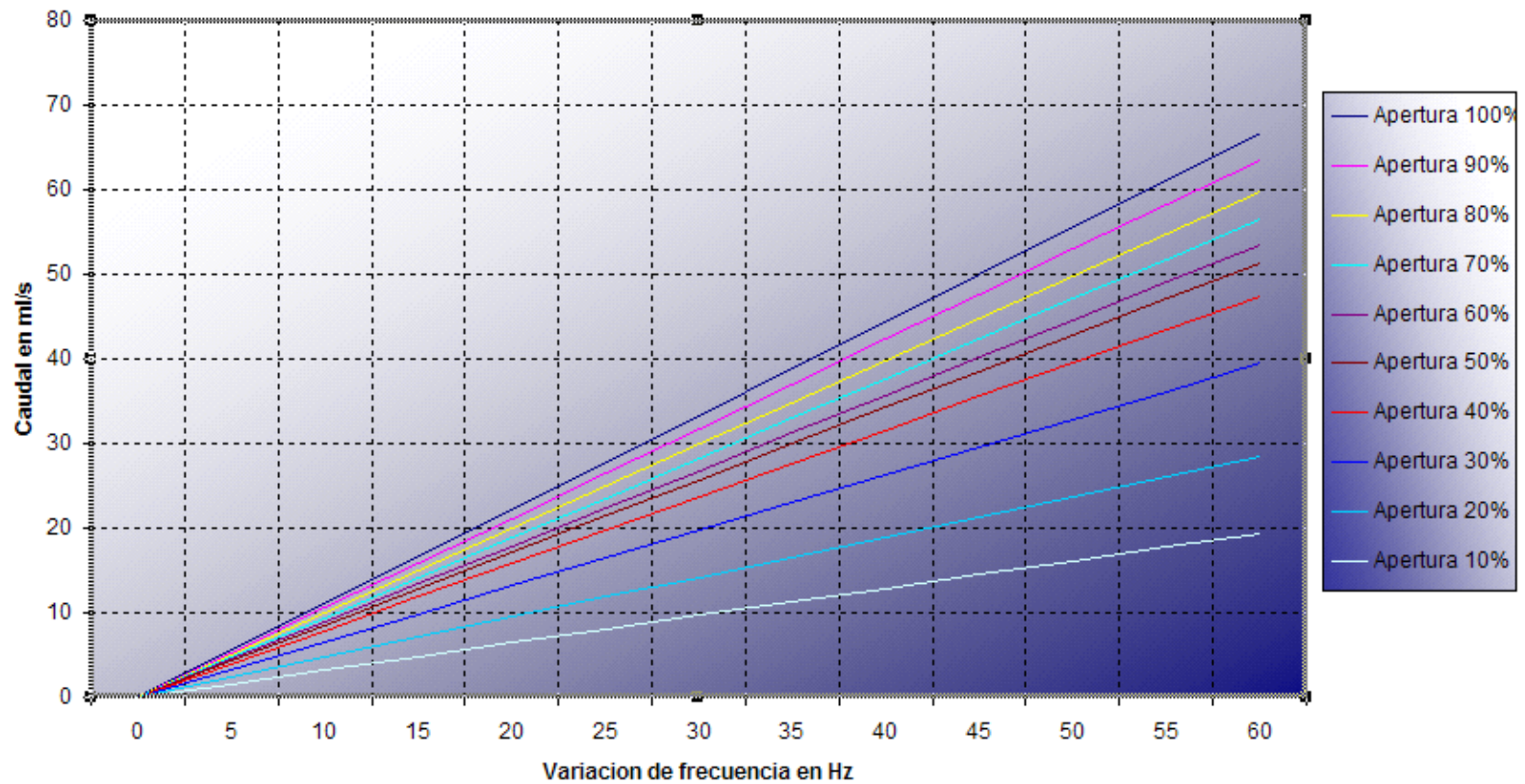
70%		60%		50%	
Ecuación		Ecuación		Ecuación	
0,94180179 *X		0,89177779 *X		0,85657929 *X	
X	Y	X	Y	X	Y
0	0	0	0	0	0
5	4,71	5	4,46	5	4,28
10	9,42	10	8,92	10	8,57
15	14,13	15	13,38	15	12,85
20	18,84	20	17,84	20	17,13
25	23,55	25	22,29	25	21,41
30	28,25	30	26,75	30	25,7
35	32,96	35	31,21	35	29,98
40	37,67	40	35,67	40	34,26
45	42,38	45	40,13	45	38,55
50	47,09	50	44,59	50	42,83
55	51,8	55	49,05	55	47,11
60	56,51	60	53,51	60	51,39

**Cuadro 49. Tabulación Nuevas Ecuaciones 40-30-20-10%**

40%		30%		20%		10%	
ECUACION		ECUACION		ECUACION		ECUACION	
0,79069045 *X		0,65764695 *X		0,47410345 *X		0,32278212 *X	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0	0	0	0	0	0	0	0
5	3,95	5	3,29	5	2,37	5	1,61
10	7,91	10	6,58	10	4,74	10	3,23
15	11,86	15	9,86	15	7,11	15	4,84
20	15,81	20	13,15	20	9,48	20	6,46
25	19,77	25	16,44	25	11,85	25	8,07
30	23,72	30	19,73	30	14,22	30	9,68
35	27,67	35	23,02	35	16,59	35	11,3
40	31,63	40	26,31	40	18,96	40	12,91
45	35,58	45	29,59	45	21,33	45	14,53
50	39,53	50	32,88	50	23,71	50	16,14
55	43,49	55	36,17	55	26,08	55	17,75
60	47,44	60	39,46	60	28,45	60	19,37

Figura 63. Resumen dosificación bombas.

### Curvas de Dosificación de Sulfato de Aluminio Bombas PD 64 B240 con Variador de Frecuencia



Una vez observados los resultados obtenidos en las pruebas hechas a la bomba dosificadora, podemos decir que el funcionamiento del Variador de frecuencia permite alcanzar rangos de dosificación menores de los que inicialmente puede ofrecer la bomba, lo cual permite que se pueda generar mayor ahorro de coagulante en los periodos en que el agua cruda llega en buenas condiciones a la planta.

El inconveniente principal en el uso de los variadores es el recalentamiento del motor de la bomba, que se presenta cuando existen periodos largos de trabajo y frecuencias menores a 35Hz, causando el problema de que la bomba dosificadora se apague. Una solución a este inconveniente es la instalación de unos ventiladores externos para el enfriamiento de los motores, pero esto no garantiza que se pueda bajar a menos de 20Hz, pues los variadores de frecuencia se pueden ver afectados y no es recomendable que se lleven al límite los equipos.

La grafica obtenida la final del proceso de arreglo matemático, nos da una clara y mas certera aproximación de la rata de coagulante que se aplica bajo ciertos rangos de apertura de bomba y variación de frecuencia lo cual permitirá que se pueda llevar a cabo una mejor dosificación con la ayuda de la grafica.

Dentro del proyecto de Implementación del Streaming Current podemos decir que la instalación de los variadores de frecuencia a las bombas permiten realizar una semi-automatización para el control auxiliar de la dosificación de coagulante, tolerando ampliar el uso de los equipos ya existentes dentro de la Planta Centenario dentro del proyecto de automatización de la dosificación de coagulante. Para que tanto los equipos ya existentes como los que entraran en funcionamiento cuando se lleve a cabo la implementación del Streaming Current, puedan trabajar conjuntamente y con el máximo de eficiencia se continuara con el estudio de los elementos y equipos existentes dentro de la planta, además del seguimiento control e inspección de la puesta en marcha del equipo.

## 9. TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA CONTRATACIÓN

### 9.1. CONDICIONES GENERALES

**9.1.1. Normas aplicables en el proceso.** LEY 142 DE 1994. RÉGIMEN DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS, artículo 31 modificado por el artículo tercero de la Ley 689 del 2001. “ Los contratos que celebren las entidades estatales que prestan los servicios públicos a los que se refiere esta ley no estarán sujetos a las disposiciones del Estatuto General de Contratación de la Administración Pública, salvo en lo que la presente ley disponga otra cosa...”

ACUERDO 02 DE 2002, expedido por la Junta Directiva. Por medio del cual se establece el REGLAMENTO INTERNO DE CONTRATACIÓN de la Empresa de Obras Sanitarias de Pasto EMPOPASTO S.A., E.S.P.

**9.1.2. Objeto.** La presente invitación pública tiene por objeto la IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PARA AUTOMATIZACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE CON SENSORES STREAMING CURRENT PARA LA PLANTA CENTENARIO.

**9.1.3. Presupuesto oficial estimado.** Para la ejecución de los trabajos descritos en la presente Invitación Pública EMPOPASTO S.A. E.S.P., cuenta con una disponibilidad presupuestal de CIENTO CUARENTA Y CINCO MILLONES DE PESOS (\$ 145.000.000.00), valor en el cual se incluyen los costos directos, indirectos e impuestos, diagnóstico y pruebas de los equipos actualmente existentes y estudio de preingeniería.

La propuesta no deberá superar el Presupuesto Oficial Estimado. Caso contrario será descartada.

**9.1.4. Justificación técnica del proyecto.** El sistema de abastecimiento de agua potable para la ciudad de San Juan de Pasto, está conformado por tres Plantas de Tratamiento, denominadas Centenario, Mijitayo y San Felipe, prestándose el servicio para una población cercana a los 400.000 habitantes.

EMPOPASTO S.A. E S P., en búsqueda del mejoramiento de la calidad de agua y de prestar un mejor servicio, encamina sus estudios y proyectos en la consolidación de procesos de alta calidad e implementación de nuevas tecnologías que permitan mejores resultados dentro de la empresa. En la actualidad la Planta Centenario utiliza el método estándar para la determinación

de la dosis de Coagulante a través del test de Jarras, el cual consiste en la simulación del tratamiento en condiciones ideales, con lo cual se determina la dosis óptima del coagulante; en este caso se debe comparar los resultados de cada uno de los recipientes para fijar cual proporciona los mejores resultados; la metodología se restringe al intervalo de tiempo en que dura la prueba. La Prueba de Jarras provee únicamente la representación de las condiciones de la Planta en el momento específico cuando se recoge la muestra; al presentarse cambios repentinos este proceso no puede alertar a los operadores, ni darles tiempo de respuesta adecuado llegando a afectar el desempeño del sistema. Teniendo en cuenta que los dos primeros minutos después de la entrada de agua cruda en la Planta son los mas críticos para el proceso de tratamiento, lo que el operador haga o deje de hacer afectará todo el sistema. Por esta razón, todo operador de planta debe contar con una tecnología que le proporcione seguridad para mantener la buena calidad del agua que se entrega a la red de distribución, para prevenir, entre otros, perjuicios en el control de coagulación como por ejemplo, la pobre calidad del agua final, altos costos de los químicos, exceso de lodos, incremento en los costos de bombeo, aluminio residual, post precipitación que genera problemas de calidad en el agua suministrada.

La tecnología del Streaming Current es una herramienta para controlar y optimizar la dosificación de coagulante en tratamiento de aguas; es un sistema de muestreo continuo y brinda al operador un conocimiento preciso de la dosis óptima de coagulante. El Streaming Current responde rápidamente tanto a cambios en las características del agua cruda ( turbiedad, color, pH, etc. ) como al cambio del flujo de la misma permitiendo que el operador haga ajustes cuando sea necesario. El equipo para control automático de la dosificación de coagulante STREAMING CURRENT opera con el principio de inducción de un campo eléctrico y de esta forma puede detectar y reaccionar a cualquier variación.

**9.1.5. Alcance de los servicios a contratarse.** El proyecto consiste en la adquisición e instalación, incluido las pruebas y puesta en servicio, de los equipos, accesorios e instrumentación necesarios para la automatización del proceso de dosificación de coagulantes en la Planta Centenario mediante la técnica de Streaming Current, cumpliendo con las especificaciones establecidas en el Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000.

Con el fin de poner en marcha el sistema, el Contratista deberá desarrollar las siguientes actividades:

- Estudio de preingeniería para definir las características y condiciones de instalación de los equipos necesarios para poner en marcha el sistema.

EL CONTRATISTA será responsable de la preingeniería para definir las características particulares de los equipos y accesorios, responderá por el diseño, fabricación, pruebas, suministro, instalación y puesta en funcionamiento de todos

los instrumentos, materiales y accesorios del sistema. De acuerdo con este criterio, EMPOPASTO S.A. E.S.P. considerará que la propuesta incluye cualquier suministro, que aunque no este especificado en la oferta, sea necesario para poner en marcha y entregar en funcionamiento los bienes contratados.

Igualmente el contratista deberá realizar los desmontajes y montajes de equipos o accesorios existentes, que sean necesarios para poner en funcionamiento el nuevo sistema.

Así mismo, el contratista deberá garantizar la presencia permanente durante el desarrollo de la preingeniería y los montajes de un ingeniero residente, que actuará en nombre del contratista en todas las decisiones que se tomen.

- Suministro de equipos y accesorios

Los suministros de equipos y accesorios deberán corresponder al Cuadro de Cantidades y Precios del Anexo No. 02.

- Instalación, pruebas y puesta en marcha del sistema.

EL CONTRATISTA deberá suministrar toda la información técnica de los instrumentos y equipos, con las principales características en idioma ESPAÑOL, indicando los procedimientos de instalación. Los equipos importados deberán contar además, con las certificaciones de las pruebas realizadas en fábrica, que garanticen su correcta calibración y funcionamiento.

EL CONTRATISTA deberá suministrar todas las herramientas especiales, instrumentos, dispositivos, materiales y accesorios que puedan ser necesarios o deseables para el montaje, las pruebas de campo y la puesta en servicio del equipo.

EL CONTRATISTA efectuará pruebas en sitio para comprobar y determinar la calidad y precisión de los instrumentos, siguiendo los protocolos aprobados y presentando a EMPOPASTO S.A. E.S.P. los correspondientes reportes de pruebas.

Todos los instrumentos deberán probarse individualmente y en el sitio de localización definitivo para verificar su correcto funcionamiento.

EL CONTRATISTA deberá entregar instrumentación adecuada para verificar la precisión, respuesta y confiabilidad de cada instrumento.

Todas las fallas encontradas durante la realización de las pruebas deberán ser corregidas por EL CONTRATISTA sin costo adicional y a satisfacción de EMPOPASTO S.A. E.S.P. .

- Entrenamiento y transferencia de tecnología

EL CONTRATISTA también brindará el entrenamiento y la transferencia de tecnología requerida para la operación y/o mantenimiento de todo el sistema al personal de EMPOPASTO S.A. E.S.P. que se designe para tal efecto, mediante una capacitación en operación, desarrollo y mantenimiento.

**9.1.6. Visita a la zona de los trabajos.** Será responsabilidad de los PROPONENTES, visitar e inspeccionar las zonas de obras para establecer información necesaria para la preingeniería, mano de obra, transporte, seguridad, ubicación, alternativas energéticas, etc, información que conllevará a que cada proponente defina las características técnicas particulares de los suministros.

El hecho de que los proponentes no se familiaricen debidamente con los detalles y condiciones bajo los cuales serán ejecutados los trabajos, no se considerará excusa válida para posteriores reclamaciones.

EMPOPASTO S.A. E.S.P. ha coordinado y programado visita a los sitios de trabajo el día \_\_\_\_ de septiembre de 2003. El sitio de reunión será las oficinas de EMPOPASTO S.A. E.S.P., Planta Centenario, a las 9:00 a.m. horas.

Todos los costos ocasionados con motivo de la visita son por cuenta del PROPONENTE y éste asumirá todos los riesgos por pérdidas, daños o perjuicios a su persona, empleados o propiedades y en ningún caso EMPOPASTO S.A. E.S.P. asumirá responsabilidad por estos aspectos.

**9.1.7 Participantes.** En la presente oferta podrán participar individualmente, en consorcio o en unión temporal, las personas naturales o jurídicas consideradas legalmente capaces de acuerdo con las disposiciones vigentes y que no se encuentren incurso en ninguna de las inhabilidades e incompatibilidades consagradas en la Constitución Política o en la Ley y que el día del cierre de la Invitación se encuentren debidamente inscritas, calificadas y clasificadas en el Registro Único de Proponentes de la Cámara de Comercio, Como Proveedor en la Especialidad 18, Grupo 01 con una capacidad de contratación "K", igual o mayor a mil (1000) Salarios Mínimos Mensuales Legales Vigentes (SMLV).

**9.1.8. Consorcios y uniones temporales.** Los proponentes indicarán si su participación es a título de Consorcio o de Unión temporal, y en este último caso señalarán los términos de extensión de su participación en la propuesta y en la



ejecución, los cuales no podrán ser modificados sin consentimiento previo de EMPOPASTO S.A. Los miembros del Consorcio y de la Unión Temporal deberán designar la persona que para todos los efectos, representará al Consorcio o Unión Temporal y señalarán las reglas básicas que regulen las relaciones entre ellos, su participación porcentual y su responsabilidad. Deberán presentar el documento que acredite el consorcio debidamente legalizado.

### **9.1.9. Cronograma de contratación**

<b>No.</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FECHA</b>
1	Publicación en periódico	3 de Octubre de 2003
2	Apertura del proceso de invitación Pública, consulta y venta de Pliegos	6de octubre de 2003
3	Visita a zona de trabajos	10 de octubre de 2003
4	Solicitud de aclaración de los Términos de Referencia	14 y 15 de Octubre de 2003
5	Cierre del proceso de Invitación Pública y apertura de urna	20 de octubre de 2003, 4:00 p.m. en el Centro de Documentación de Empopasto, Avenida Mijitayo, Vía Obonuco.
6	Evaluación de propuestas	23 de octubre de 2003.
7	Informe de evaluación	24 de octubre
8	Aceptación	29 de octubre

### **9.1.10. Apertura de la invitación pública**

Se declarará abierta la Invitación Pública, el día \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2003, a las 8:00 A.M. en el Centro de Documentación de EMPOPASTO S.A., Avenida Mijitayo, Vía Obonuco.

En el acto de apertura de la Invitación Pública se inspeccionará la urna triclave en la cual se depositarán las propuestas de los participantes a medida que se entreguen, en presencia de los encargados de custodiar las llaves, a efecto de determinar que dicha urna se encuentre totalmente vacía, para luego proceder a su cierre.

Los responsables de custodiar las llaves de cada una de las cerraduras, serán:

- a. Un (1) Delegado del Gerente.
- b. El Jefe de la Oficina Jurídica.
- c. El Jefe de la Oficina de Control Interno

De lo anterior se elevará el acta correspondiente que será firmada por los responsables de custodiar las llaves.

#### **9.1.11. Consulta de los términos de referencia**

Los interesados en participar en la presente Invitación Pública pueden consultar los Términos de Referencia, durante el término comprendido entre el \_\_\_ de \_\_\_\_\_ al \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2003 a las 4:00 P.M., en el Centro de Documentación de EMPOPASTO S.A., Avenida Mijitayo, Vía Obonuco en horas hábiles y en la página web de la empresa ([www.empopasto.com](http://www.empopasto.com))

#### **9.1.12. Aclaraciones y modificaciones a los términos de referencia**

Cualquier proponente que haya comprado los Términos de Referencia puede solicitar aclaración a éstos mediante comunicación escrita dirigida a EMPOPASTO S.A. E.S.P., durante el término comprendido entre el \_\_\_ y \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2003. EMPOPASTO S.A. E.S.P. responderá mediante comunicación escrita, copia de la cual enviará a todos y cada una de las personas que hayan retirado Términos de Referencia.

EMPOPASTO S.A. E.S.P. , podrá modificar los Términos de Referencia por su propia iniciativa o conveniencia, antes de que venza el plazo para la presentación de las propuestas.

Todos los proponentes que compraron los Términos de Referencia serán informados por escrito mediante adendos sobre las modificaciones o aclaraciones que se hagan a ellos, las cuales formarán parte de los Términos y serán de obligatoria observancia para los proponentes.

EMPOPASTO S.A. E.S.P. , no se hará responsable por instrucciones o informaciones que sean dadas verbalmente o por medio distinto de los adendos o actos o comunicados oficiales expedidos por la misma.

Las consultas y respuestas no producirán efecto suspensivo en el plazo para la presentación de las ofertas. Sin embargo EMPOPASTO S.A., tendrá la facultad discrecional de prorrogar el plazo para la presentación de propuestas.

**9.1.13. Valor y venta de términos de referencia.** El valor de los Términos de \$ 145.000.00, valor que corresponde al uno por mil del presupuesto oficial. Para su adquisición el proponente deberá consignar el valor antes señalado en la cuenta corriente No. 039-04111-6 del Banco de Occidente, a nombre de EMPOPASTO S.A. E.S.P. El retiro de los pliegos se hará en el Centro de Documentación de EMPOPASTO S.A. E.S.P., previa presentación del recibo de consignación, de acuerdo con las fechas establecidas en el cronograma.

**9.1.14. Cierre de la invitación pública y apertura de propuestas.** El cierre de la Invitación Pública y apertura de las Propuestas se realizará el día \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 2003, a partir de las 4:00 P.M., en el Centro de Documentación de EMPOPASTO S.A. E.S.P. Avenida Mijitayo, Vía Obonuco, fecha y hora en la cual se procederá a abrir la urna triclave donde se hayan depositado las propuestas y se dejará constancia en acta.

**9.1.15. Informe de evaluación para observación de los oferentes.** Los informes de evaluación de las propuestas permanecerán en el Centro de Documentación de la Entidad por un término de dos (2) días hábiles para que los proponentes presenten las observaciones que estimen pertinentes, en ejercicio de esta facultad, los oferentes no podrán completar, adicionar, modificar o mejorar sus propuestas.

**9.1.16. Presentación de correspondencia.** Cualquier comunicación que envíen los Proponentes deberán dirigirla en la siguiente forma:

Doctor  
GERMAN CORDOBA ORDÓÑEZ  
Gerente  
Empresa de Obras Sanitarias de Pasto - EMPOPASTO S.A. E.S.P.  
Avenida Mijitayo, Vía Obonuco

Invitación Pública No. \_\_\_\_\_

San Juan de Pasto, fecha.

## **9.2. INSTRUCCIONES A LOS PROPONENTES**

**9.2.1. Forma de presentación de las propuestas.** Las propuestas deberán ser elaboradas en cualquier medio mecánico; presentadas en idioma español por escrito, en original y una (1) copia, debidamente foliadas y argolladas, en sobres cerrados y rotulados, así:

Doctor  
GERMAN CORDOBA ORDOÑEZ  
Gerente  
Empresa de Obras Sanitarias de Pasto - EMPOPASTO S.A. E.S.P.  
Avenida Mijitayo vía Obonuco  
Pasto – Nariño  
Invitación Pública No. \_\_\_\_\_  
Objeto \_\_\_\_\_  
Proponente \_\_\_\_\_  
Original o Copia

La(s) copia(s) de la propuesta(s) deberá(n) contener los mismos documentos del original y en el mismo orden y serán ejemplares que deberán coincidir entre sí. Si se presentare alguna diferencia entre el original de la propuesta y la(s) copia(s), prevalecerá el original.

No se aceptarán propuestas presentadas con posterioridad a la hora exacta de la fecha de cierre. Cerrada la invitación no se admitirá modificación de la propuesta.

**9.2.2. Precios unitarios de la oferta.** Los precios unitarios del Cuadro de Cantidades y Precios (Anexo No. 2) deben incluir los costos de equipos, costos de materiales, mano de obra en los trabajos diurnos y nocturnos o en días feriados, prestaciones sociales, herramientas, maquinaria, transporte de los materiales al sitio de la obra, y todos los demás gastos inherentes al cumplimiento satisfactorio del contrato, inclusive los imprevistos, gastos de administración, honorarios, viáticos, utilidades del contratista, impuestos y retenciones.

**9.2.3. Garantías de equipos.** Todos los equipos suministrados e instalados por EL CONTRATISTA deberán tener una garantía mínima de dos (2) años.

El CONTRATISTA deberá garantizar, con la presentación de su oferta, la prestación del soporte técnico durante el tiempo de vigencia de la garantía, de manera gratuita, cada vez que EMPOPASTO S.A. E.S.P. así lo requiera, por motivos inherentes a falla de operación o insuficiencia de funcionamiento de los bienes suministrados.

**9.2.4. Vigencia y plazo de ejecución del contrato.** El plazo de ejecución, es decir, el tiempo durante el cual El CONTRATISTA se compromete a entregar a entera satisfacción de EMPOPASTO S.A. E.S.P. el desarrollo del contrato, será de diez (10) semanas, contados a partir de la fecha del Acta de Inicio y su vigencia será igual al término de ejecución y treinta (30) días más. Los treinta (30) días se entienden como término establecido para la liquidación del contrato.

### 9.3 PAGOS Y DEDUCCIONES

**9.3.1. Anticipo y pagos parciales.** Empopasto s.a. e.s.p., pagará al contratista un anticipo equivalente al 50% del valor del contrato, una vez se haya perfeccionado y aprobado la póliza única de cumplimiento y el saldo en actas parciales y acta de liquidación final del contrato, previa la aprobación del interventor, cumpliendo las siguientes condiciones:

- El valor de este anticipo lo manejará el contratista en una cuenta especial distinta a sus cuentas particulares y sólo podrá ser invertido en la ejecución de la obra.
- Los pagos sucesivos se harán con base en las actas parciales de recibo de obra, y para cuyo efecto se descontará la proporción amortizada con la entrega del anticipo.
- El Interventor designado será la persona que suscriba conjuntamente con el contratista las actas de recibo parcial.

**9.3.2 Impuestos.** El Contratista pagará todos los derechos, impuestos, tasas, contribuciones y similares que se deriven del contrato. Cualquier otra tasa o impuesto correrá a cargo del contratista y será incluido en el precio consignado en la propuesta.

En EMPOPASTO por cuantía se paga timbre del 1.5% sobre el valor del contrato; retefuente del 3.5% sobre el valor del contrato; reteica del 6 por 1000 sobre el valor del contrato y si no son autoretenedores ni grandes contribuyentes se hace reteiva del 75% del iva facturado.

**9.3.3. Deducciones.** De cada uno de los pagos que efectúe EMPOPASTO S.A. E.S.P., para el cubrimiento del contrato, deducirá todos los descuentos de Ley a que haya lugar. Los descuentos son los mismos especificados en el numeral anterior, por cada pago

### 9.4 GARANTÍAS

Las garantías consistirán en pólizas expedidas por compañías de seguros legalmente autorizadas para operar en el país o por garantías bancarias; se entenderán vigentes hasta la liquidación del contrato garantizado y la prolongación de sus efectos, y no expirarán por falta de pago de la prima o revocatoria unilateral.

La Oficina Jurídica podrá recomendar la constitución de garantías adicionales cuando lo estime conveniente.

**9.4.1. Póliza única.** De conformidad con el artículo 16 del Decreto 679 de 1994 reglamentario del artículo 25 numeral 19 de la Ley 80 de 1993, las garantías pueden consistir en una Póliza Unica que tiene por objeto respaldar el cumplimiento de todas y cada una de las obligaciones que surjan a cargo de los contratistas frente a las entidades estatales, por razón de la celebración, ejecución y liquidación de contratos estatales. Por tanto, en sujeción a lo términos del respectivo contrato debe cumplir cualquier hecho constitutivo de incumplimiento de las obligaciones a cargo del contratista en los términos de la respectiva garantía.

**9.4.2. Amparo de la póliza única.** La garantía debe ser suficiente de acuerdo con las distintas clases de obligaciones amparadas. Se incluirán únicamente como riesgos amparados aquellos que correspondan a las obligaciones y prestaciones del respectivo contrato, tales como, los de buen manejo y correcta inversión del anticipo, cumplimiento del contrato, estabilidad de la obra, calidad del bien o servicio, correcto funcionamiento de los equipos, pago de prestaciones sociales e indemnizaciones.

En los contratos de obra y en los demás que considere necesario EMPOPASTO, se cubrirá igualmente la responsabilidad civil frente a terceros derivada de la ejecución del contrato a través de un amparo autónomo contenido en la póliza anexa.

La garantía de salarios y prestaciones sociales del personal que el contratista emplee en el país para la ejecución del contrato se exigirá en todos los contratos de prestación de servicios y en la construcción de obra en los cuales de acuerdo con el contrato, el contratista emplee terceras personas para el cumplimiento de sus obligaciones, así como en las demás en las que EMPOPASTO lo considere necesario en virtud del artículo del Código Sustantivo del Trabajo.

**9.4.3. Reglas para evaluar la suficiencia de las garantías.** Para los efectos de evaluar la suficiencia de las garantías se aplicarán las siguientes reglas:

- El valor del amparo del anticipo deberá ser equivalente al ciento por ciento (100%) del monto que el contratista reciba, a título de anticipo o pago anticipado, en dinero o en especie para la ejecución del mismo. Tendrá una vigencia igual a la duración del contrato y dos (2) meses más.
- El valor del amparo del cumplimiento no podrá ser inferior al monto de la cláusula penal pecuniaria ni al diez por ciento (10%) del valor del contrato; tendrá una vigencia igual a la duración del contrato y dos (2) meses más. La garantía de cumplimiento garantizará también el cumplimiento de las

obligaciones de transferencia de conocimientos y de tecnología, cuando en el contrato se hayan previsto tales obligaciones.

- El valor del amparo de salarios, prestaciones sociales e indemnizaciones debe ser igual, al veinte por ciento (20%) del valor total del contrato y deberá extenderse por el término de vigencia del contrato y tres (3) años más.
- El valor del amparo de calidad de los bienes y servicios, será igual al veinte por ciento (20%) del valor de la obra ejecutada y con una vigencia de dos (2) años contados a partir del acta de recibo final de la obra.
- El valor del amparo de estabilidad de obra, será igual al veinte por ciento (20%) del valor de la obra ejecutada y con una vigencia de cinco (5) años contados a partir del acta de recibo final de la obra.
- El valor del amparo de responsabilidad civil extracontractual será igual al diez por ciento (10%) del valor del contrato y por el término de duración del contrato y dos (2) años más, contados a partir de la fecha del acta de recibo final de la obra.

El contratista debe ajustar la garantía cuando el valor de la misma se vea afectado por razón de siniestro.

De igual manera, en cualquier evento en que se aumente el valor del contrato o se prorrogue su vigencia deberá ampliarse o prorrogarse la correspondiente garantía.

**9.4.4. Aprobación de la garantía.** La garantía única solo podrá ser aprobada cuando ampara en forma idónea y oportuna el cumplimiento del contrato garantizado.

Esta deberá ser aprobada por el Jefe de la Oficina Jurídica, con la asesoría del área de seguros que tiene EMPOPASTO S.A. E.S.P.

**9.4.5. Ejecución de la garantía única.** Cuando no se paguen voluntariamente las garantías únicas, continuarán haciéndose efectivas a través de la jurisdicción ordinaria, con sujeción a las disposiciones legales.

## 9.5 REQUISITOS, DOCUMENTOS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

**9.5.1. Organismo competente para la evaluación de las propuestas.** La evaluación de las distintas propuestas que se presenten en la oferta estará a cargo de un grupo evaluador designado por el Gerente de la Empresa .

El Grupo Evaluador analizará las propuestas para determinar si en su presentación y composición son completas y si se ajustan a los requisitos de los presentes Términos de Referencia.

**9.5.2. Corrección aritmética.** Los errores aritméticos serán rectificadas de la siguiente manera:

Si existiere una discrepancia entre el precio unitario y el precio total resultante de multiplicar el precio unitario por las cantidades, prevalecerá el precio unitario y el precio total será corregido, tanto para los efectos de evaluación de la propuesta como para su eventual adjudicación. Si existiere una discrepancia entre las cantidades expresadas en palabras y las consignadas en cifras, prevalecerá el monto expresado en palabras.

**9.5.3. Factores de selección.** Para la selección de la propuesta más favorable la evaluación se efectuará de conformidad con los requisitos, documentos y criterios de evaluación establecidos en el presente capítulo.

**9.5.3.1. Documentos esenciales de la propuesta no subsanables.** Se descartarán las propuestas que carezcan de alguno o algunos documentos necesarios para la comparación de las ofertas solicitados en los Términos de Referencia (documentos no subsanables) y generarán el rechazo de la propuesta.

No obstante de lo anterior EMPOPASTO S.A. E.S.P. podrá solicitar la complementación de los documentos que no se consideran esenciales para la evaluación de las propuestas y que producen la mejora de las mismas.

**9.5.3.2 . Carta de presentación de la propuesta.** La carta de presentación de la propuesta se diligenciará conforme al modelo contenido en el Anexo 1 “Carta de Presentación de la Propuesta” y será firmada por el proponente. Si la propuesta es presentada por una persona jurídica, en unión temporal o consorcio, deberá venir suscrita por el representante, debidamente facultado en los términos de ley.



### **9.5.3.3. Certificado de existencia y representación legal vigente**

**9.5.3.3.1. Personas jurídicas.** Deberán acreditar su existencia, representación legal y facultades del representante legal mediante la presentación de los siguientes documentos:

Certificado de Existencia y Representación Legal de la Cámara de Comercio respectiva, el cual deberá haber sido expedido dentro de los treinta (30) días calendario anteriores a la fecha de cierre de la Invitación y en el que conste que la sociedad está registrada o tiene sucursal domiciliada en Colombia y el término de su duración es igual a la del contrato y un (1) año más.

- Si el representante legal tiene limitaciones para comprometer o contratar a nombre de la persona jurídica, éste deberá presentar copia del acta de la Junta de Socios o Junta Directiva, o en su defecto certificado del secretario de la Junta, según sea el caso, en la que conste que el representante legal está facultado para presentar la propuesta y celebrar el contrato en el evento de salir favorecida.

**9.5.3.4. Propuestas conjuntas.** Cuando la propuesta sea presentada en Consorcio, Unión Temporal o cualquiera otra modalidad de asociación autorizada por la ley, cada uno de los integrantes deberá presentar, según sea el caso, los documentos que correspondan a su naturaleza, sea persona natural o jurídica.

Adicionalmente, deberá presentar el documento de constitución del Consorcio, Unión Temporal o Asociación, en el cual constará por lo menos:

- El objeto del Consorcio, Unión Temporal o Asociación, el cual deberá ser el mismo del objeto a contratar.
- La duración del Consorcio, Unión Temporal o Asociación, la cual no podrá ser inferior al plazo del contrato y un (1) año más incluida su liquidación.
- La designación de un representante que deberá estar facultado para actuar en nombre y representación del Consorcio, Unión Temporal o Asociación. Igualmente deberá designarse un suplente que lo reemplace en los casos de ausencia temporal o definitiva.
- En el caso de la Unión Temporal, se debe señalar los términos y extensión de la participación de cada uno de los integrantes en la propuesta y la ejecución del contrato, los cuales no podrán ser modificados sin el consentimiento previo y escrito de EMPOPASTO S.A. E.S.P.

Este documento no es subsanable cuando se omite, presenta defectos u omisiones en el nombre de sus integrantes o en sus firmas.

Cuando en el documento de conformación de la Unión Temporal no se exprese el porcentaje de participación o la extensión de la responsabilidad de cada uno de sus integrantes, se entenderá que su participación es por porcentajes equivalentes. En consecuencia, en caso de sanciones, EMPOPASTO S.A. E.S.P. las aplicará por igual a todos los integrantes.

**9.5.3.5. Certificado vigente de inscripción, registro y clasificación en el registro único de proponentes.** El proponente deberá presentar certificado vigente de inscripción, registro y clasificación en el registro único de proponentes expedido por la Cámara de Comercio de su jurisdicción, de acuerdo al numeral 1.7 de eso Términos. Para consorcios y uniones temporales este documento será presentado por cada miembro que haga parte del Consorcio o Unión Temporal. Uno de los integrantes, por lo menos, deberá aportar el 100% del K de contratación y cumplir con los grupos y especialidad en la inscripción.

**9.5.3.6 Garantía de seriedad de la oferta.** No es subsanable salvo cuando falta la firma del tomador, caso en el cual se requerirá la firma.

Protege a EMPOPASTO S.A. E.S.P. contra eventuales incumplimientos de los proponentes en sus ofertas, respecto al cambio de condiciones o no adaptación a las especificaciones solicitadas por EMPOPASTO S.A. E.S.P.

El proponente presentará con la propuesta una garantía de seriedad de la misma a favor de La Empresa de Obras Sanitaria de Pasto “EMPOPASTO S.A. E.S.P.”, expedida por una entidad bancaria o compañía de seguros legalmente establecida en Colombia, cuyas pólizas matrices estén debidamente aprobadas por la Superintendencia Bancaria.

El monto de la garantía de seriedad de la propuesta será el 10% del valor de la propuesta, cuya vigencia será de sesenta días (60) contados a partir de la fecha de cierre de la invitación.

Cuando la propuesta la presente un Consorcio o Unión Temporal la garantía de seriedad debe ser tomada a nombre del consorcio o unión temporal indicando sus integrantes y no a nombre del representante del consorcio o unión temporal. EMPOPASTO S.A. E.S.P. hará efectiva la garantía de seriedad de la propuesta en los siguientes casos:

- Cuando un proponente solicite el retiro de su oferta después de la fecha de cierre de la presente invitación salvo en los casos de inhabilidad o incompatibilidad sobreviniente

- Cuando el proponente favorecido con la adjudicación no proceda dentro del plazo estipulado en estos términos a firmar el contrato o a constituir las garantías contractuales.
- Cuando se demuestre falsedad o mala fe en la información suministrada por el proponente

EMPOPASTO S.A. E.S.P. devolverá las garantías de seriedad de las ofertas de cuyos proponentes no resultaron favorecidos.

**9.5.3.7. Documentación técnica y financiera.** Para efectos de la evaluación técnica, financiera y económica, es obligatorio y no subsanable la presentación de la siguiente documentación:

- Certificaciones sobre experiencia específica del proponente, relacionada con el objeto de esta oferta.
- Ultimos Balance y Estados Financieros. Firmados por el Representante Legal y el Contador de la entidad proponente.
- Cronograma de trabajo.
- Planos esquemáticos del montaje de los equipos
- Catálogos con especificaciones técnicas de los equipos, en idioma Español. Se acepta la presentación de catálogos en otro idioma, pero el proponente deberá traducir al español las características básicas.
- Propuesta económica, según formato de los Cuadros de Cantidades y Precios (Anexo Número 2).

**9.5.4. Criterios de evaluación de las propuestas y puntaje**

Para la evaluación de las propuestas se tendrán en cuenta los siguientes criterios y puntajes:

CRITERIO	PUNTAJE
EXPERIENCIA DE LA FIRMA PROPONENTE	300 PUNTOS
CALIDAD DE LA OFERTA	200 PUNTOS
EVALUACIÓN FINANCIERA	200 PUNTOS
EVALUACIÓN DEL PRECIO	300 PUNTOS
TOTAL	1000 PUNTOS

**9.5.4.1. Puntaje para la evaluación.** Cada uno de los criterios anteriores recibirá una calificación conforme a las siguientes reglas:

- **EXPERIENCIA DE LA FIRMA PROPONENTE.** Tiene calificación máxima de trescientos (300) puntos, y solo será evaluable para los efectos de esta oferta la obtenida en la ejecución de contratos de iguales o similares características. Para tener derecho a la evaluación de este factor, el oferente podrá adjuntar certificación o copia del contrato acompañada con el acta de liquidación del mismo, documentos que deberán contener en forma expresa, como mínimo, los siguientes aspectos:

- Objeto
- Contratista
- Contratante
- Fecha de iniciación
- Fecha de terminación
- Valor total de la obra

▪ **CRITERIO DE CALIFICACIÓN**

Contratos cuyo costo sea inferior a 100 SMMLV. Se deben relacionar máximo 2 contratos.	40 puntos por cada contrato	80 puntos
Contratos cuyo costo oscile entre 200 SMMLV a 300 SMMLV. Se deben relacionar máximo 2 contratos.	60 puntos por cada contrato	120 puntos
Contratos cuyo costo sea superior a 300 SMMLV. Se debe relacionar máximo 1 contrato.	100 puntos por cada contrato	100 puntos

Nota: El SMMLV corresponde al valor del salario establecido en el año de inicio del contrato.

Para el proponente que como empresa acredite Certificación de Aseguramiento de la Calidad Por la claridad de la metodología, medios, equipo humano, alcance y productos ofrecidos en los siguientes items: 40 puntos

- Cronograma de trabajo. Máximo 20 puntos
- Estudio de pre-ingeniería para establecer la factibilidad y definir los equipos necesarios para poner en marcha el sistema. Máximo 60 puntos
- Suministro de equipos y accesorios necesarios (Especificar proveedores, marcas, tipo, clase de sistema) Máximo 20 puntos
- Instalación, pruebas y puesta en marcha del sistema. Máximo 60 puntos

Las certificaciones de contratos con valor en dólares deberán acompañarse de la constancia del valor de cambio oficial del dólar vigente en la fecha de inicio del contrato, expedida por autoridad competente.

Para efectos de esta evaluación SOLAMENTE se aceptarán las certificaciones de contratos ejecutados a partir de 1997.

- **CALIDAD DE LA OFERTA.** Tiene una calificación máxima de doscientos (200) puntos. Se asignarán de acuerdo al siguiente criterio:
- **EVALUACIÓN FINANCIERA.** Tiene un puntaje máximo de 200 puntos. Esta evaluación pretende obtener de cada uno de los proponentes información de los recursos financieros con que cuenta para cumplir con los requisitos exigidos por la presente oferta y posteriormente con el contrato que se llegue a celebrar.

En cuanto al análisis financiero, éste se realizará con base en los documentos solicitados en los Términos de Referencia.

Con base en los estados financieros se establecerá la capacidad financiera a través de indicadores que permitan medir el capital de trabajo, el nivel de endeudamiento del proponente. La capacidad financiera del proponente se determinará de acuerdo con el análisis que la EMPOPASTO S.A.E.S.P. realice sobre los documentos exigidos en la propuesta, con base en las técnicas evaluativas que la contabilidad tiene aceptadas para tal efecto.

Se tendrá en cuenta los siguientes factores:

<b>SUBFACTOR</b>	<b>PUNTAJE</b>
Capital de trabajo	100
Nivel de endeudamiento	100

Los puntajes anteriores serán asignados de conformidad con los siguientes rangos:

a) Capital de Trabajo = Activo Corriente – Pasivo Corriente

Se compara con el valor de la propuesta (valor mensual: se divide el valor total de la propuesta entre 12 meses). Si el capital de trabajo es igual o mayor al valor de la propuesta para dos o mas meses, tendrá cien (100) puntos y así sucesivamente, de acuerdo con el siguiente cuadro:

**CAPITAL DE TRABAJO  
(ACTIVO CORRIENTE – PASIVO CORRIENTE)**

<b>RANGO</b>	<b>PUNTOS</b>
Capital de Trabajo igual al valor de la propuesta para dos meses o mas	100
Entre 1.5 y 1.99 meses	90
Entre 1.2 y 1.49 meses	70
Entre 1 mes y 1.19 meses	50
Desde 0.5 meses hasta menos de 1 mes	10
Entre 0 o negativo hasta 0.49 meses	0

b) Nivel de endeudamiento. Se medirá así:

**NIVEL DE ENDEUDAMIENTO  
(PASIVO TOTAL / ACTIVO TOTAL X 100)**

<b>RANGO</b>	<b>PUNTOS</b>
50 O MENOS	100
De 50.1 a 65.9	90
De 66 a 75.9	50
De 76 a 85.9	30
De 86 a 100	20
Mas de 100	0

- **EVALUACIÓN DEL PRECIO.** A la evaluación del precio serán sometidas las propuestas que en la suma de los puntajes obtenidos en la evaluación sobre experiencia, calidad y capacidad financiera obtengan como mínimo un total de 420 puntos.

Los 300 puntos para calificar el precio, serán asignados de la siguiente manera:

Se determinará la media geométrica (G) teniendo en cuenta los valores totales de las propuestas hábiles.

- a) Propuesta con valores totales inferiores al ochenta y cinco por ciento (85%) de la media geométrica (G) tendrán cero (0) puntos.
- b) Propuesta con valores totales que estén comprendidos entre el ochenta y cinco por ciento (85%) y noventa y cinco por ciento (95%) de la media geométrica (G) tendrán entre cero (0) puntos y trescientos puntos (300) utilizando una relación lineal.
- c) Propuesta que se encuentren ubicadas entre valores totales superiores al noventa y cinco por ciento (95%) y el cien por ciento (100%) de la media geométrica (G), tendrán trescientos puntos (300).
- d) Propuestas con valores totales superiores al cien por ciento (100%) y hasta el ciento diez por ciento (110%) de la media geométrica (G), tendrán entre trescientos (300) puntos y cero (0) puntos, aplicando una relación lineal.
- e) Propuestas con valores totales superiores al ciento diez por ciento (110%) de la media geométrica (G) tendrán cero (0) puntos.

**9.5.5. Puntaje total y adjudicación.** Obtenidas las calificaciones parciales anteriores, el puntaje total de la oferta se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

$$T = a + b + c + d$$

Donde:

T = Puntaje Total  
a = Experiencia de la firma proponente  
b = Calidad de la oferta  
c = Evaluación financiera  
d = Evaluación del precio

**9.5.6. Adjudicación parcial.** EMPOPASTO S.A. E.S.P. podrá adjudicar parcialmente el contrato, de acuerdo con el alcance técnico y la disponibilidad presupuestal existente.

**9.6. Causales de no aceptación de propuestas.** EMPOPASTO S.A. E.S.P., no aceptará las propuestas presentadas en los siguientes eventos:

- a. Cuando el proceso de invitación se haya realizado omitiendo alguno de los requisitos previstos en el Acuerdo 02 de 2002, emanado de la Junta Directiva de EMPOPASTO S.A. E.S.P.
- b. Cuando la propuesta no cumpla en su totalidad con las especificaciones técnicas
- c. Que carezcan de alguno o algunos documentos necesarios para la comparación de las propuestas solicitados en los Términos de Referencia
- d. Que no cumplan con algunas de las exigencias de obligatorio cumplimiento establecidas en los Términos de Referencia



## 10. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL SISTEMA

En este capítulo se detallan las características básicas que debe cumplir el sistema solicitado:

### 10.1. OBJETIVO

Los principales aspectos que cubrirá el proyecto son:

- Implementación de tecnologías de última generación para la automatización del proceso de dosificación de coagulantes (sulfato de aluminio líquido y poli cloruro de aluminio), control de calidad de agua cruda, clarificada y filtrada.
- Montaje de bombas dosificadoras que permitan una total automatización del proceso de coagulación.
- Acceso centralizado al Sistema de Monitoreo de Calidad en Línea instalado en la Planta

El uso del **Streaming Current** solicitado, como control del proceso de coagulación, debe ofrecer como beneficios:

- Automatización del proceso.
- Aplicación de dosis óptima de coagulantes
- Reducción en el consumo de insumos químicos.
- Reducción de los niveles de aluminio residual.
- Aumento de las carreras de filtración.
- Menor generación de lodos.
- Reducción de los costos de operación e incremento de la eficiencia del proceso.
- Sostenimiento de una consistencia en la calidad final del agua.
- Respuesta inmediata a cambios en las condiciones de agua cruda.

### 10.2. COMPONENTES DEL PROYECTO

El proyecto consta de las siguientes partes:

#### 10.2.1 Equipos

**10.2.1.1. Streaming Current monitor.** El Sensor para medición de potencial de corriente o Streaming Current, debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- Rango de medición de  $\pm 1000$  unidades de Streaming Current (SCV)
- Debe poderse fijar como Set Point (Punto Optimo), como mínimo 4 dígitos que permita mayor sensibilidad en la dosis de coagulante.
- Los sensores deben ser conectados a un único sistema central de control y monitoreo, ubicado en el Centro de Control de la Planta Centenario
- La distancia entre el pistón y las paredes de la celda de medición debe ser tal que se evite el ingreso de sólidos en la celda y obstruyan el funcionamiento del motor del pistón.
- El reemplazo del pistón y celda debe ser simple sin necesidad de desensamblar el sensor y sin cambio de cables.
- Se debe incluir un juego de pistón y celda de repuesto para cada uno de los sensores.

Especificaciones técnicas mínimas requeridas:

<b>Rango de Medida</b>	$\pm 1000$ unidades de Streaming Current (SCV).
<b>Exactitud</b>	$\pm 0,5\%$ a Full escala.
<b>Ajuste de ganancia</b>	Ajustable por el usuario de 1X a 20X
<b>Tiempo de respuesta</b>	1 segundo
<b>Rata de flujo</b>	Alto flujo hasta 5-10 GPM
<b>Tipo de celda</b>	De fácil reemplazo
<b>Abastecimiento de Energía</b>	110 VAC, 1 A, 60Hz
<b>Protección</b>	NEMA 250 tipo 4X.
<b>Temperatura de operación</b>	32 – 120 °F
<b>Repuesto de pistón y celda</b>	Debe incluirse
<b>Modulo de mantenimiento</b>	Debe poderse incluir como opción adicional.
<b>Sensor de Flujo</b>	Debe poderse incluir como opción adicional.

**10.2.1.2. Sistema de monitoreo y control (unidad terminal remota) webtrac o equivalente.** Es un sistema de monitoreo y control especialmente diseñado para aplicaciones de plantas de tratamiento de agua, el cual permitirá al usuario almacenar información de todos los instrumentos de campo de la planta, visualizar en tiempo real las tendencias graficas de cada una de las variables monitoreadas. Debe facilitar el procesamiento de la información con el uso de programas como Excel para su posterior análisis y realizar por medio de un Software el control del proceso de dosificación de coagulante, según la señal de Streaming Current recibida del sensor que monitorea esta variable continuamente.

La RTU debe incluir una interfase grafica para el usuario y módulos remotos I/O que sirvan como interfase para la instrumentación de campo.

Se debe poder acceder a la RTU de forma segura a través de una red local (LAN), (WAN), Internet, línea telefónica o conexión directa con el PC, la conexión de terminales adicionales deberá ser a través de navegadores de Internet tales como Netscape o Internet Explorer, y la visualización en estos no requerirá el uso de software adicional en el caso de ser requerido este deberá ser suministrado por el contratista sin costo adicional para EMPOPASTO S.A. E.S.P.

Se debe garantizar que este sistema pueda ser ampliado a un número ilimitado de entradas y salidas, con la adición de nodos que no requieran ninguna clase de programación adicional.

**10.2.1.3. Una plataforma para pc compacta con un disco duro integral.** Este panel debe estar montado con un empaque industrial especialmente diseñado para ser instalado en ambientes agresivos. La configuración estándar del PC deberá estar diseñada para proporcionar soluciones de control integrado, supervisión y manejo de información para integración con múltiples sistemas y protocolos. El controlador debe proporcionar al usuario funciones de administración, control global, manipulación de información a través de múltiples redes y servidores permitiendo el acceso al sistema vía área local, Internet o telefónica.

El PC deberá contener el Software especializado para el control de la dosificación de coagulantes según la señal de sensores de Streaming Current. Debe tener la capacidad de recibir como mínimo dos (2) sensores de Streaming Current y controlar igual número de puntos de dosificación.

Especificaciones Técnicas mínimas requeridas:

<b>Sistema operativo</b>	Windows™ NT
<b>Comunicaciones</b>	Ethernet (10 BASE-T), LonWorks® 78KB FTT-10A, puertos seriales
<b>Software</b>	Especializado para almacenamiento de datos y para control de la dosificación de coagulante según la señal del sensor de Streaming Current.
<b>Comunicaciones seriales</b>	Posibilidad de drivers opcionales y protocolos.

**10.2.1.4. Un modulo remoto i/o.** Un (1) Módulo remoto I/O que sirva como interfase para la instrumentación de campo, con las siguientes características:

- **Comunicaciones**
- **Mínimo 10 entradas análogas Universales:** 0-5VDC, 0-10VDC, 0-20mA
- **Mínimo 14 salidas digitales:** salidas de rele 24VAC
- **Consumo:** 85-265 VAC, 60Hz
- **Mínimo 14 entradas digitales:** Contacto seco o TTL
- **Mínimo 8 salidas análogas:** 0-10VDC 4-20mA (600 Ohm )
- **Ambiente:** Temperatura 0-70°C (158°F), Humedad 5-95% no condensada.
- Capacidad para ampliar el número de nodos de manera indefinida, según los requerimientos del usuario y no requiere de un WEBTRAC (RTU) adicional para el manejo de los mismos.

**10.2.1.5. Computador para visualización del sistema.** Suministro de un Computador con las siguientes características y configuración del sistema Streaming Current:

- Procesador (1300 MHZ) Mínimo.
- Board (Shuttle MK35N A.V.F.R.) Mínimo.
- Disco duro de 20GB (Maxtor 7200 RPM) Mínimo.
- Memoria DIM 128 Mb PC-100 Mínimo.
- Tarjeta de Red 10/100 US Robotics.
- Drive de 3 ½ .
- Caja ATX.
- Teclado Genius KB 06 PS/2, Mouse Genius Netscroll PS/2 Minimo.
- Monitor 17" 7002D Mínimo.
- Estabilizador.

En lo referente a Software el proveedor deberá incluir además del sistema operativo todo el Software necesario para que la aplicación pueda ser usada en el monitoreo, todo software suministrado debe ser Licenciado a nombre de EMPOPASTO E.S.P.

La adición de unidades de Floppy disk o CD no se consideran necesarias para esta unidad.

**10.2.1.6. Suministro e instalación de dos (2) bombas dosificadoras para coagulante.** Las bombas dosificadoras requeridas deben recibir señal de control de 4-20 mA y/o 0-10 V, ya sea de manera directa o a través de un variador de frecuencia.

En lo referente a las bombas éstas deben ser bombas de desplazamiento positivo, construidas en acero inoxidable ANSI 316, que suministren flujo continuo sin pulsaciones, que requieran un bajo valor de NPSH y que permitan flujo reversible, con capacidad máxima de 150 litros/hora a 60 Hz.

Las bombas suministradas deberán permitir control de caudal en todo el rango de la aplicación y si estas son controladas por medio de un variador de frecuencia, las bombas deben poder trabajar con frecuencias de corriente que oscilen entre 5 Hz y 90 Hz.

El motor de las bombas debe ser de bajas revoluciones y no debe exceder 1000 RPM con corriente suministrada a 60 Hz.

En el caso de que estas sean controladas a través de un variador de frecuencia el proveedor deberá especificar en su oferta el caudal mínimo de dosificación sin que el motor de la bomba se vea afectado.

**10.2.1.7. Automatización de cuatro (4) bombas dosificadoras existentes.** En la Planta Centenario se cuenta con dos (2) bombas para dosificación de sulfato de aluminio líquido con variador de frecuencia y dos (2) bombas para dosificación de policloruro de aluminio sin variador de frecuencia, que deberán ser automatizadas dentro del sistema de control, con señal auditiva y visual.

Especificaciones:

Marca SODI CIENTÍFICA tipo PD 64 B A 60 Hz, flujo máximo 240 l/h, flujo mínimo 24 l/h, presión máxima 7 bar. Motor Mec 63 A4 B5, 1570 RPM, frecuencia 60 Hz, trifásico 0.29 Kw.

**10.2.1.8. Inclusión de las señales del sistema de monitoreo de calidad de agua de la planta centenario.** El proveedor deberá conectar, configurar y parametrizar en el Sistema de Control las señales de los instrumentos que conforman el Sistema de Monitoreo de Calidad de Agua con que cuenta la planta Centenario, el cual consta de un sistema marca WTW modelo IQ NET 2020 con 3 sondas de pH y tres sondas de Turbidez, así como dos medidores de Cloro libre.

Esto deberá incluir el cableado necesario y la instalación por conduit de todos los puntos necesarios. Se deberán diseñar los mímicos de proceso de las bases de datos y las bitácoras del sistema, así como las alarmas sonoras y visuales que se activen cuando las bombas estén alcanzando la máxima capacidad de dosificación, cerca del 100%, en que las bombas de apoyo (existentes) deben entrar a operar para controlar automáticamente los requerimientos de dosificación.

**10.2.1.9. Instalaciones y montajes.** El servicio debe incluir el montaje de cada uno de los componentes del sistema de automatización y asegurar su correcto funcionamiento bajo condiciones de control automático y monitoreo continuo en la Planta Centenario de EMPOPASTO E.S.P.

El montaje de las bombas y la obras relacionadas (obra civil e instalaciones eléctricas) incluyendo la tubería de descarga deberán ser llevadas a cabo por el contratista, y deberán asegurar condiciones idóneas para la operación en modo automático.

El montaje de los sensores de Streaming Current debe garantizar lecturas estables con el fin de encontrar el punto óptimo para el control automático de la dosificación de coagulante. La señal de estos sensores debe ser llevada al cuarto de control donde estarán ubicados los nodos que transmitirán las señales al sistema de control y monitoreo de la RTU.

El cableado debe estar incluido en el servicio de instalación de los equipos, para el cableado deberá usarse conduit eléctrico de PVC.

El Sistema de Monitoreo y Control será instalado en el Cuarto de Operadores de la Planta Centenario, los Nodos deberán ser instalados de manera tal que no sean expuestos a la intemperie, en dado caso de que esto sea inevitable se deberán suministrar aislamientos contra efectos ambientales que sea mínimo como NEMA 4X.

El cableado para enviar las señales de control de 4-20 mA o 0-10V para las bombas dosificadoras de coagulante también debe estar incluido.

Las bombas deben ser montadas cumpliendo con los requerimientos eléctricos y de seguridad establecidos.

**10.2.1.10. Entrega y puesta en marcha.** El sistema debe ser entregado controlando automáticamente las bombas dosificadoras de coagulante. La señal de salida de cada una de las bombas dosificadoras controladas, debe estar representada gráficamente en el Sistema de Control y su tendencia almacenada por el software de control.

Así mismo, el sistema debe ser capaz de trabajar con cualquiera de los coagulantes utilizados, es decir Sulfato de Aluminio Líquido tipo B o Policloruro de Aluminio, según lo exijan las características iniciales del agua captada, por lo tanto, las bombas dosificadoras para cada producto deben estar conectadas al sistema y en cualquier caso servir de respaldo en caso de falla de alguna de ellas. Es decir que los equipos debe adaptarse a los diferentes cambios que presente el agua en las condiciones tanto de turbiedad como en color, generando la posibilidad de usar Sulfato de Aluminio o Poli-cloruro de Aluminio, mediante instalaciones hidráulicas que faciliten su manipulación.

Las bombas dosificadoras existentes dentro de la Planta Centenario se deberán reinstalar como bombas de apoyo del sistema de dosificación; éstas operarán cuando las bombas automáticas no logren satisfacer la demanda de coagulante y trabajarán con flujo continuo permitiendo el control automático por el Streaming Current. Todo este proceso de activación de las bombas auxiliares o de apoyo se debe realizar de forma automática para no generar periodos de desactivación del sistema y deberá registrarse en el historial del mismo.

El contratista debe realizar pruebas de correcto funcionamiento del sistema por lo menos durante dos (2) semanas, en la cual se realice control sobre la dosificación de los coagulantes. Adicionalmente deberá presentar un informe que contemple la evaluación de las diferentes variables contempladas en el ítem 1.0. del capítulo II. contemplados en este documento.

### 10.3 ANEXO TÉRMINOS DE REFERENCIA No.1

#### ***CARTA DE PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA***

Ciudad, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2003

Doctor

GERMAN CÓRDOBA ORDOÑEZ

Gerente

Empresa de Obras Sanitarias de Pasto - EMPOPASTO S.A.E.S.P.

Av. Mijitayo vía Obonuco

San Ju de Pasto

Ref.: Carta de presentación de la Propuesta  
Invitación Directa No.

El suscrito \_\_\_\_\_, mayor de edad, vecino de \_\_\_\_\_, identificado con la cédula de ciudadanía número \_\_\_\_\_ expedida en \_\_\_\_\_, en nombre propio (actuando en nombre y representación de la sociedad \_\_\_\_\_, constituida mediante escritura pública número \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_ del mes de \_\_\_\_\_ de año \_\_\_\_\_ y registrada ante la Cámara de Comercio de \_\_\_\_\_ e identificada con el Nit número \_\_\_\_\_, por medio de la presente me permito formular propuesta de participación en la Invitación Directa No. \_\_\_\_\_ del 2003 para (Describir el Objeto) \_\_\_\_\_, de conformidad con los requisitos y condiciones señalados para el efecto en los Términos de Referencia.

Para el efecto y con la sola presentación de la presente propuesta, declaro (amos) conocer y aceptar en forma plena, esto es, sin ninguna restricción o reserva, todas y cada una de las condiciones de los Términos de Referencia y el régimen jurídico que gobierna la Invitación Directa en referencia; de igual manera declaro (amos) haber recibido en su totalidad, las especificaciones técnicas y cuadro de cantidades, así como los siguientes Adendos (enumerar los adendos):

Adendo No. \_\_\_\_\_ de Fecha:

Así mismo, declaro no estar incurso en causales de inhabilidad o incompatibilidad para la ejecución del contrato a firmarse en caso de adjudicación.

Para los fines indicados, los elementos de identificación del oferente y de la propuesta son como siguen:

Nombre y/o razón social:



\_\_\_\_\_  
Cédula de ciudadanía o nit:

\_\_\_\_\_  
Domicilio:

\_\_\_\_\_  
Residencia:

\_\_\_\_\_  
Teléfono(s):

\_\_\_\_\_  
Fax:

\_\_\_\_\_  
Representante legal:

\_\_\_\_\_  
Cédula de ciudadanía: \_\_\_\_\_

Expedida en: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Valor total de la propuesta:

\_\_\_\_\_  
(\$ \_\_\_\_\_).

Tiempo de ejecución: \_\_\_\_\_

Póliza de seriedad de la propuesta número \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_ del mes de \_\_\_\_\_ del 2003, expedida por la compañía \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
con sede en \_\_\_\_\_.

La presente propuesta consta de un (1) original de \_\_\_\_\_ ( ) folios y una (1) copia de \_\_\_\_\_ ( ) folios cada una de ellas, incluidos los correspondientes a la carta de presentación.

**FIRMA DEL PROPONENTE**

\_\_\_\_\_

## 10.4 ANEXO TÉRMINOS DE REFERENCIA No.2

### 10.4.1. Cuadro de cantidades y precios

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	V/UNIT	V/TOTAL
1	SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL (UNIDAD TERMINAL REMOTA) WebTrac O EQUIVALENTE  INCLUYE: <ul style="list-style-type: none"><li>• INTERFASE GRAFICA PARA EL USUARIO</li><li>• COMPUTADOR COMPACTO CON DISCO DURO INTEGRADO</li><li>• MODULO REMOTO I/O</li><li>• DOS SENSORES PARA MEDICIÓN DE POTENCIAL DE CORRIENTE</li></ul>				
2	<b>COMPUTADOR PARA VISUALIZACIÓN DEL SISTEMA</b>				
3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE DOS (2) BOMBAS DOSIFICADORAS OPERANDO AUTOMÁTICAMENTE				
4	AUTOMATIZACIÓN DE CUATRO (4) BOMBAS DOSIFICADORAS EXISTENTES				
5	INCLUSIÓN EN EL SISTEMA DE CONTROL DE LAS SEÑALES DEL SISTEMA DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA DE LA PLANTA CENTENARIO				
6	INSTALACIONES Y MONTAJES				
	VALOR TOTAL				

## 10.5 ADJUDICACIÓN

El contrato de implementación del Sistema de Automatización Streaming Current es ejecutado por la compañía BioCiencias Ltad. De la Ciudad de Bogota mediante licitación publica.

## 11. DISEÑO DE MÍMICOS DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE DOSIFICACIÓN

Los mímicos son la representación grafica del sistema en funcionamiento dentro de la planta y permiten el control del sistema automático de manera remota y la visualización de los valores en tiempo real que el equipo esta arrojando. El diseño adecuado de los mímicos del proceso de dosificación de coagulante como parte de la preingeniería, permitirá un control adecuado del sistema. Dentro de los mímicos el proveedor, configurar y parametrizar al sistema de control, las señales de los instrumentos que conforman el Sistema de Monitoreo de Calidad de Agua en línea con que cuenta la Planta Centenario marca WTW modelo IQ NET 2020 conformado por tres sondas de pH y tres sondas de Turbidez así como los dos sensores de cloro libre. Estos puntos deben estar incluidos en los mímicos del proceso y la bitácora del sistema, además presentar las alarmas sonoras y visuales las cuales se activaran cuando las bombas estén alcanzando la máxima capacidad de dosificación cercana al 100%, condición que llevará a la activación y entrada en funcionamiento de las bombas de apoyo existentes para suplir el requerimiento adicional del coagulante con control automático de los requerimientos de dosificación. La página principal del prediseño de los mímicos presentada por el Contratista accesada a través del menú "INICIO", se muestra a continuación, el sistema trabaja mediante el programa Internet Explorer :

Figura 64. Pagina de presentación del sistema

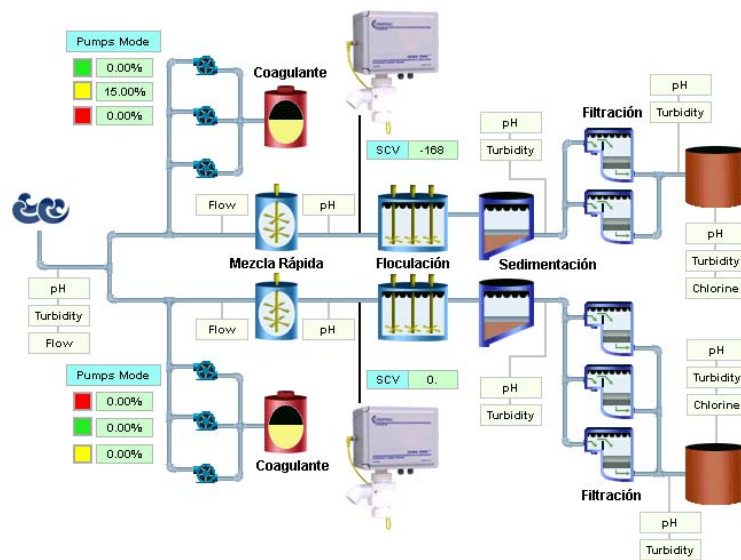


La página principal cuenta con los accesos directos a la documentación del producto que considera la Interventoría esenciales y suficientes, tales como:

1. Manual de Operación (SCM)
2. Hoja Técnica (SCM)
3. Control de Tratamiento con (SCM)
4. Como Hace el Trabajo el (SCM)

Continuando con el despliegue del menú por el acceso “PROCESOS” se encuentra el mímico correspondiente a la las unidades de proceso de la Planta Centenario.

**Figura 65. Pagina visualización PROCESOS**



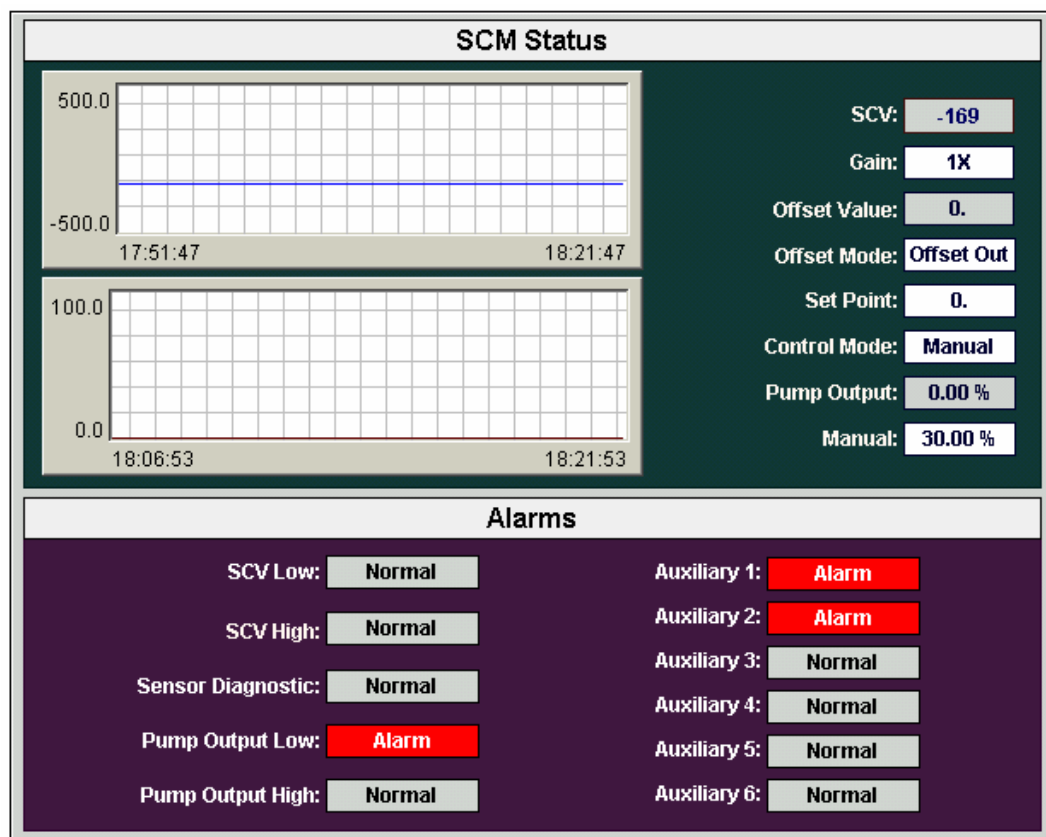
En el se presenta gráficamente todo el proceso de tratamiento de agua con las dos líneas de tratamiento (convencional y acelerada) y la ubicación de todos los elementos que en el intervienen. Desde esta pantalla se cambia el coagulante con el que se esta trabajando, operación que queda registrada en la bitácora.

En el acceso ESTADO SCM, en la esquina superior izquierda se presenta una ventana que grafica en tiempo real, los valores de Streaming Current y debajo de esta la ventana que muestra el porcentaje de apertura de bomba, los cuales varían con la entrada de agua cruda. En este cuadro se encuentran los siguientes parámetros:

Valor Streaming Current (SCV), La Ganancia (Gain), el Valor del desplazamiento (Offset Value), Compensación del Modo (Offset Mode), El Punto Fijo (Set Point),

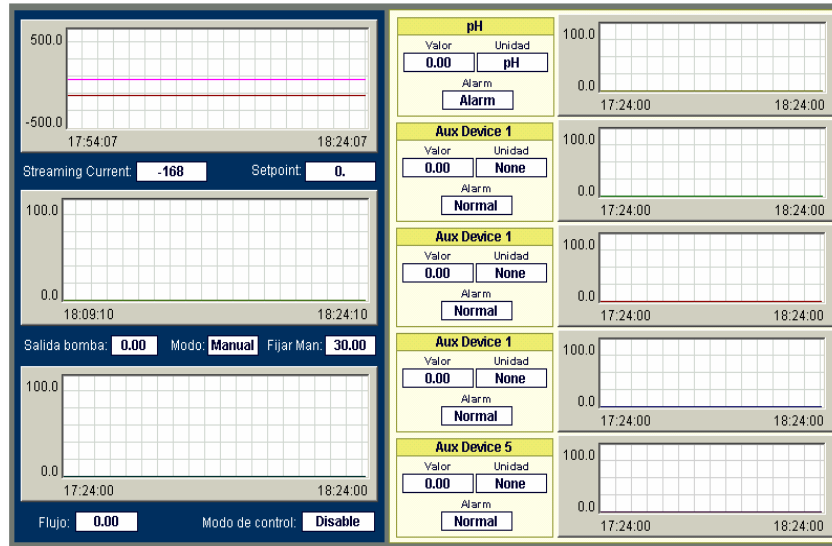
Modo de Control (Control Mode) que puede ser manual o automático, la Apertura o Rendimiento de la Bomba (Pump Output) y el porcentaje de operación en estado manual o automático. En la parte inferior de la ventana se presentan las ALARMAS, en ellas se observa el estado tanto normal como de alarma que se debe tener en cuenta durante el funcionamiento del equipo, los Ítems que se valoran son: SCV Low (valor Streaming Current bajo), SCV High (valor Streaming Current alto), Sensor Diagnostic (El diagnóstico del sensor), Pump Output Low (Rendimiento de la bomba en nivel bajo) y Pump Output High (Rendimiento de la bomba en nivel alto), además se cuenta con seis puntos auxiliares para identificación de fallas del sistema.

**Figura 66. Pagina de visualización ESTADO SCM**



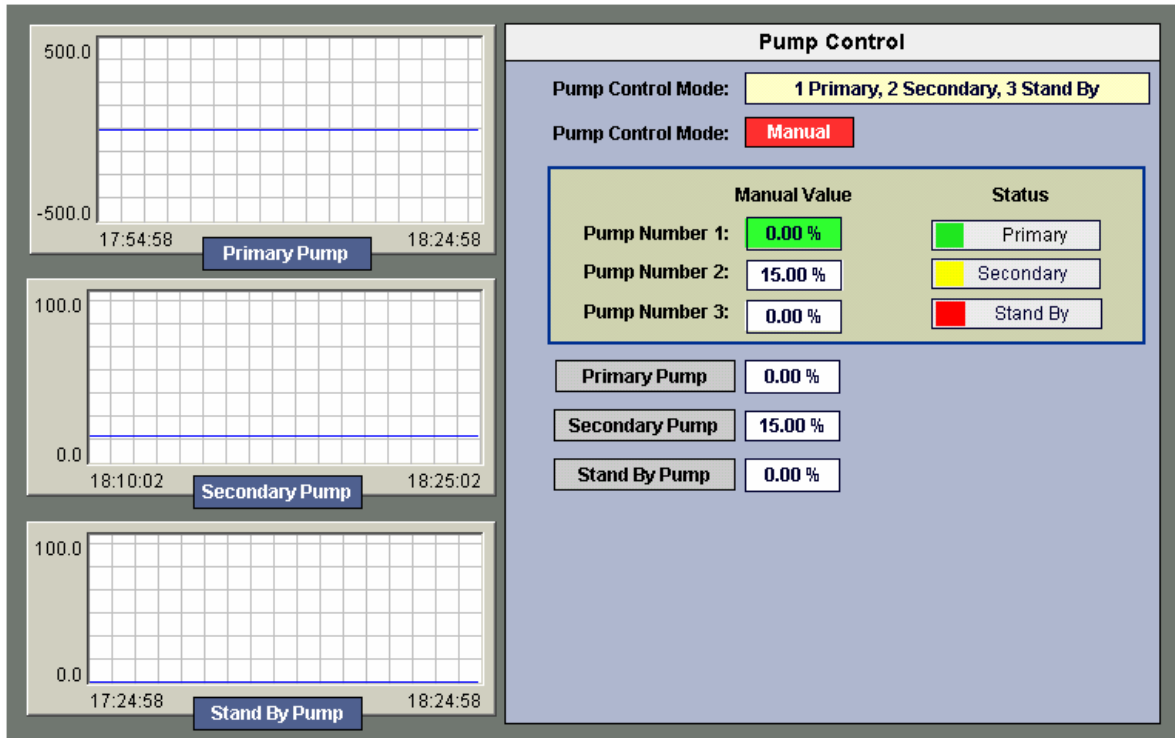
En la zona de TENDENCIAS podemos encontrar los valores arrojados por los diferentes sensores generando gráficos en tiempo real del comportamiento del agua que se esta tratando. Se cuenta con ocho cuadros comparativos del comportamiento de diferentes sensores conectados al sistema.

Figura 67. *Pagina visualización TENDENCIAS*



Desplazándose dentro del menú encontramos la sección PUMP CONTROL (Control de Bombas), la cual presenta una clara visualización de las características de funcionamiento que se presenta con las Bombas dosificadoras así:

Figura 68. *Pagina de visualización CONTROL BOMBAS*



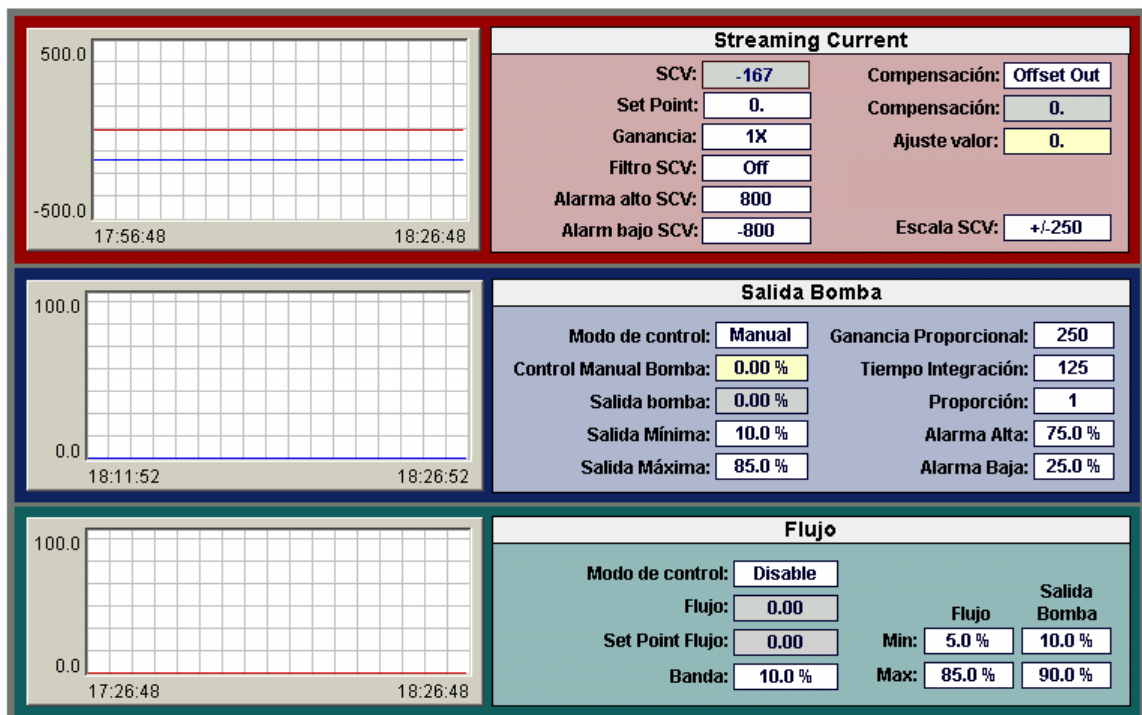
A continuación se presenta las ventanas de Configuración de Salidas Digitales, Configuración Control y Configuración Entradas Análogas:

**Figura 69. Configuración salidas digitales**



Una de las ventanas de control mas importante es la de *Configuración Control* desde donde se controla y varia el Set Point del equipo, el cual es el punto optimo de trabajo que escoge el operador para realizar la dosificación adecuada de coagulante, para la correcta operario existen dos ventanas de visualización, una para el Sedimentador de Placas y otra para el Sedimentador Convencional.

**Figura 70. Configuración control**



Configuración Entradas Análogas es una ventana correspondiente a la programación del sistema automático de dosificación de coagulante, donde se presenta la instrumentación del sistema y se pueden realizar los cambios necesarios para el almacenamiento de la información que esta recibiendo el equipo en tiempo real.

**Figura 71. Configuración entradas análogas**

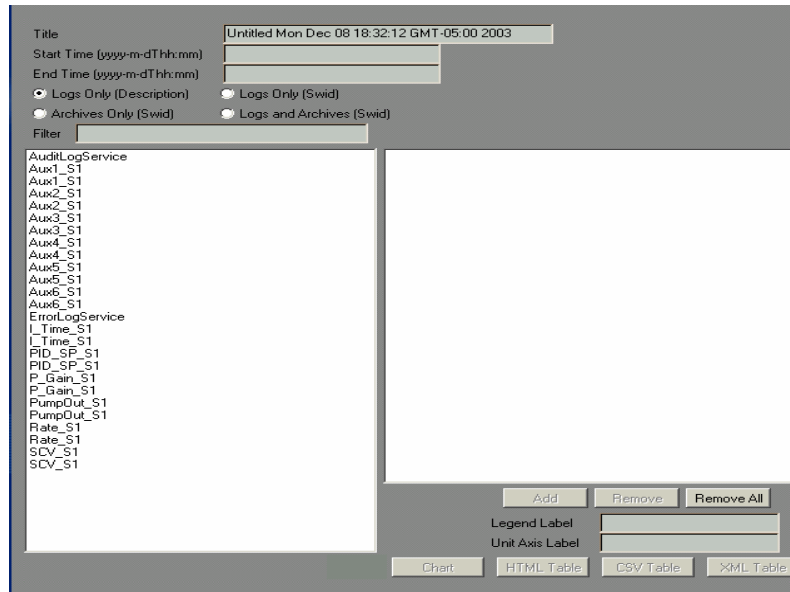
Instrumento Auxiliar 1	Instrumento Auxiliar 2	Instrumento Auxiliar 3	Instrumento Auxiliar 4	Instrumento Auxiliar 5	Instrumento Auxiliar 6
Nombre Flow	Nombre pH	Nombre Aux Device 1	Nombre Aux Device 1	Nombre Aux Device 1	Nombre Aux Device 5
Unidad GPM	Unidad pH	Unidad None	Unidad None	Unidad None	Unidad None
Min 0.00	Min 0.00	Min 0.00	Min 0.00	Min 0.00	Min 0.00
Max 100.00	Max 100.00	Max 100.00	Max 100.00	Max 100.00	Max 100.00
Compensación 0.00	Compensación 0.00	Compensación 0.00	Compensación 0.00	Compensación 0.00	Compensación 0.00
Alarma Baja 10.00	Alarma Baja 1.50	Alarma Baja 0.00	Alarma Baja 0.00	Alarma Baja 0.00	Alarma Baja 0.00
Alarma Alta 90.00	Alarma Alta 7.50	Alarma Alta 0.00	Alarma Alta 0.00	Alarma Alta 0.00	Alarma Alta 0.00
<input checked="" type="checkbox"/> Alarma Enabled	<input checked="" type="checkbox"/> Alarma Enabled	<input type="checkbox"/> Alarma Enabled	<input type="checkbox"/> Alarma Enabled	<input type="checkbox"/> Alarma Enabled	<input type="checkbox"/> Alarma Enabled
Intervalo Almacenamiento 1	Intervalo Almacenamiento 1	Intervalo Almacenamiento 2	Intervalo Almacenamiento 2	Intervalo Almacenamiento 10	Intervalo Almacenamiento 15
<input type="checkbox"/> Log Enabled	<input type="checkbox"/> Log Enabled	<input type="checkbox"/> Log Enabled	<input type="checkbox"/> Log Enabled	<input type="checkbox"/> Log Enabled	<input type="checkbox"/> Log Enabled
<input type="button" value="Guardar configuración de entradas Auxiliares"/>					

Las Zonas referentes a BITÁCORA y ALARMAS presentan un listado de las diferentes acciones que el sistema ha tomado frente a sucesos especiales de funcionamiento presentados durante la dosificación del coagulante en un periodo de tiempo, y permiten llevar un control del sistema.

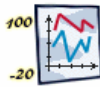
Una de las Zonas más importantes del sistema de monitoreo es la de REPORTES, en ella podemos observar las lecturas ALMACENADAS obtenidas por los diferentes sensores que están en funcionamiento, y nos permiten llevar los datos a Hojas de Cálculo facilitando el manejo de la información ahí almacenada. Aquí también podemos capturar los datos y realizar gráficas comparativas; un ejemplo práctico de esto sería poner los valores de Streaming Current Vs Apertura de bomba.



**Figura 23. Reportes**



Finalizando con la presentación de los mímicos del sistema encontramos la zona de acceso “PROGRAMACIÓN W.A.C.” en ella encontramos tres accesos que permiten la configuración de diferentes particularidades del sistema así:



**Escala Gráficos** - Adjusts the minimum and maximum axis values for the SCV Charts, Pump Control Output Charts, and Analog Input Charts.

**Escala de Gráficos:** ajusta el mínimo y el eje del máximo valor para los mapas de la señal del Streaming Current (scv), el rendimiento de mando del trazo de las bombas, y los mapas de las entradas análogas.



**Hora y fecha del Sistema** - Allows the user to change the current system date & time for the Web Access Controller.

**Hora y Fecha del Sistema:** le permite al usuario cambiar la fecha del sistema actual & tiempo para acceder al controlador en la Web.



**User Administration** - Allows Administrator to add and modify users and set user security. Allows other users to change name and password.

**La Administración del usuario:** le permite al administrador agregar y modificar usuarios y seguridad de usuario de operación. Además les permite a otros usuarios cambiar nombre y contraseña.

## 12. IMPLEMENTACIÓN

La Implementación es la culminación de todo el proceso seguido para poder realizar la automatización del sistema de dosificación en la Planta Centenario. Una vez realiza la adjudicación del contrato y haciéndole los ajustes necesarios a la propuesta de Automatización se realiza el montaje del equipo en las dos líneas de tratamiento, Sedimentador Convencional y Sedimentador de Placas, en adelante se presenta el material fotográfico de la ubicación de los equipos en la instalación y funcionamiento del equipo Streaming Current.

**Figura 73. Planta Centenario San Juan de Pasto Empopasto S.A. E.S.P.**



**Figura 74. Cuarto de dosificación (1)**



**Figura 75. Cuarto de dosificación (2)**



**Figura 76. Tanque de Poli cloruro de Aluminio (coagulante)**



**Figura 77. Cuarto de Dosificación caída de Coagulante**



**Figura 78. Tubería para direccionamiento de coagulante al punto de aplicación**





**Figura 79. Ubicación de Sedimentador Convencional y de Placas**



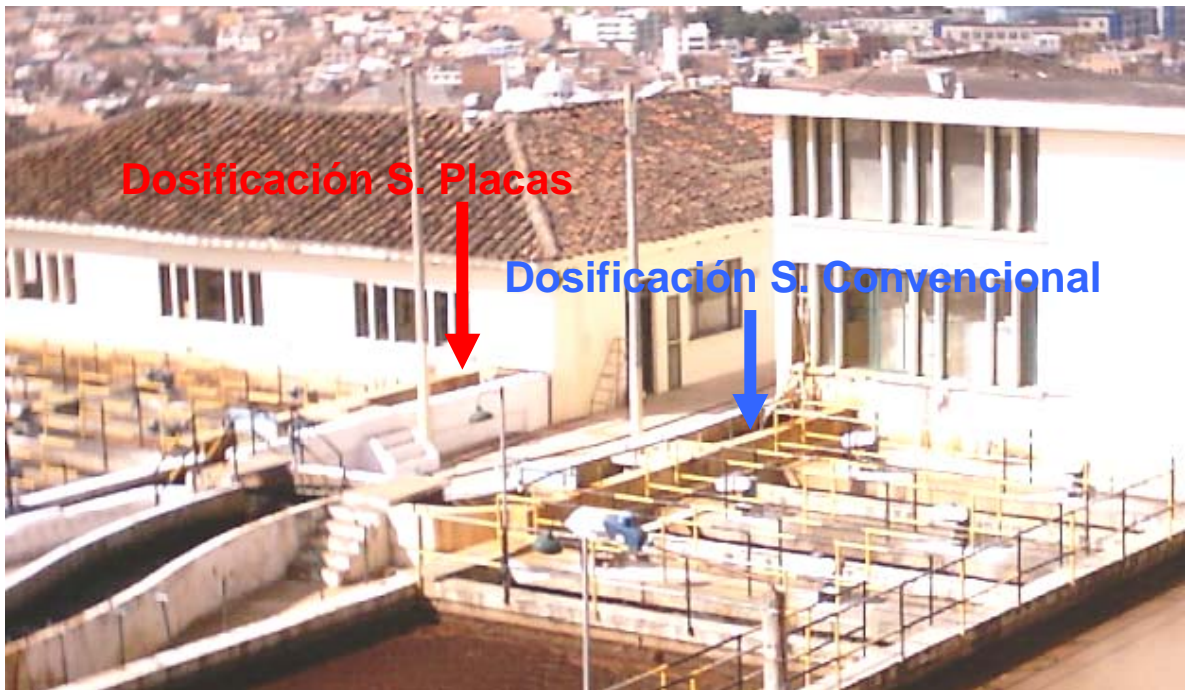
**Figura 80. Punto de Dosificación Sedimentador Convencional**



**Figura 81. Punto de Dosificación Sedimentador de Placas**

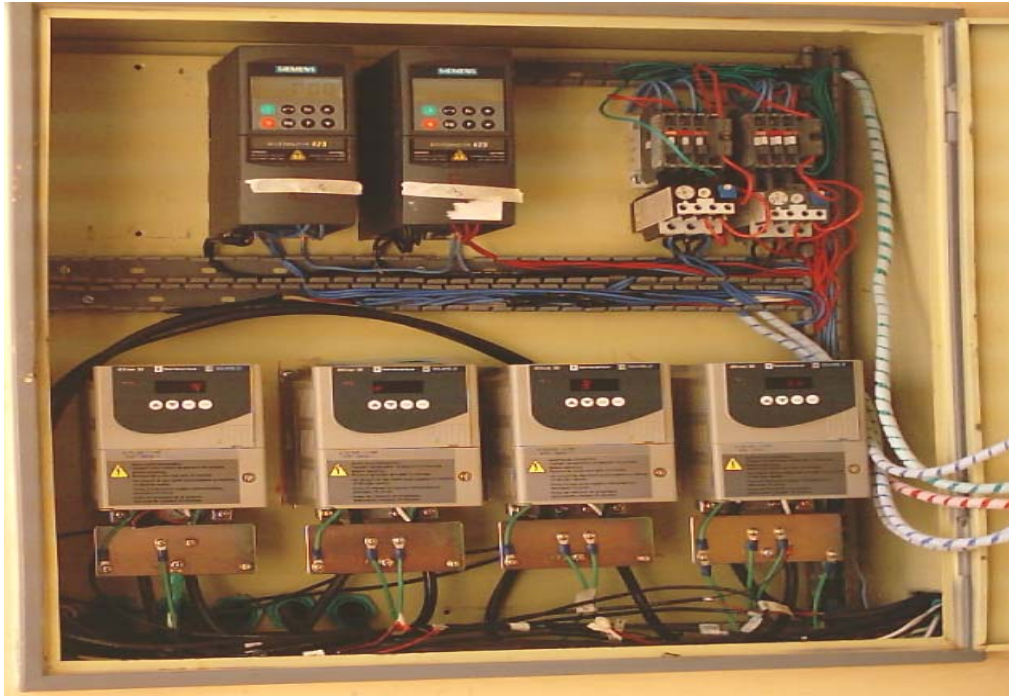


**Figura 82. Puntos de Dosificación**





**Figura 83. Variadores de Frecuencia**



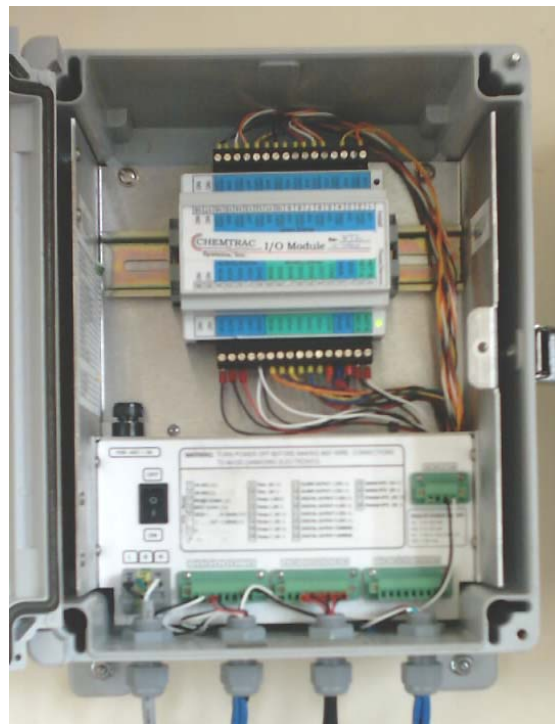
**Figura 84. Tres Módulos Remotos I/O para integración de señales**



**Figura 85. Pantalla de Visualización IQ Net (Sistema de Calidad)**



**Figura 86. Nodo I/O para señales de entrada**





**Figura 87. Bombas sumergibles para succión de la muestra**



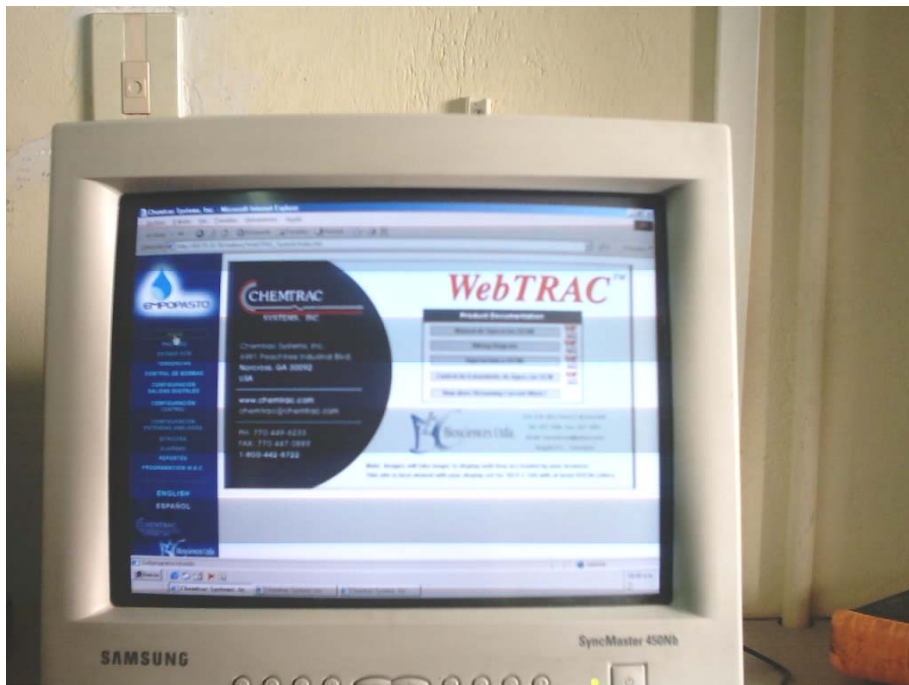
**Figura 88. Sensor Streaming Current**



**Figura 89. Cuarto de Control para Operadores**



**Figura 90. Visualización sistema Web Trac**



**Figura 91. Plataforma para PC W.A.C. y Computador para el sistema**



**Figura 92. Sensor Sedimentador de Placas**



**Figura 93. Sensor Sedimentador Convencional**



**Figura 94. Calidad Agua Sedimentada**





**Figura 95. *Recolección de Agua Sedimentada***



**Figura 96. *Agua de Entrada a la Planta***



### 13. CONCLUSIONES

Como podemos ver el equipo Streaming Current ofrece la posibilidad de mantener el proceso de dosificación, floculación y sedimentación bajo un control autónomo de las condiciones en que esta llegando el agua cruda a la planta, generando mayor regulación y mejor calidad de agua sin verse afectado por las grandes concentraciones de color o turbidez.

Económicamente hay que destacar que el equipo estuvo en funcionamiento en presencia de niveles altos de color y turbidez lo cual incrementa el uso de coagulante, además en los días de turbidez relativamente baja se logro mantener el promedio de gasto, y otros como el 14 de Mayo alcanzo un ahorro aproximado del 24%, manifestando que dependiendo de las características del agua de llegada a al planta, se puede alcanzar ahorros significativos, sin el detrimento de la calidad del agua final.

El Streaming Current es una tecnología que permite a la planta de tratamiento tener una herramienta eficaz para el control del proceso durante las 24 horas del día con una acción inmediata a los requerimientos que pueda presentar el agua cruda, permitiendo el computo exacto de la cantidad de dosificante aplicado en un instante dado, pues este lleva un registro con el cual se pueden hacer este cálculo.

Una vez analizados los resultados obtenidos en el periodo de prueba del Streaming Current, se puede decir que dentro de los procesos de tratamiento del agua, el proceso de coagulación es el más complejo, debido a la correlación no-lineal, existente entre la dosis de coagulante y los parámetros de agua cruda. La complejidad existente entre las variables involucradas en este proceso hace muy difícil la implementación de un sistema de control satisfactorio basado en métodos convencionales. Esta es la razón de ser del sistema planteado para la estimación y control de la dosificación de coagulante; desarrollado como un sistema experto en tiempo real, mediante la aplicación de técnicas de control aplicadas en el software con que trabaja el equipo.

El sistema se concibió para ser capaz de obtener los resultados de la prueba de jarras y capaz de ajustar la dosificación de coagulante; tal como lo haría un operador. Teniendo en cuenta el gran consumo de coagulante demandado por la Planta Centenario, este sistema constituye una excelente alternativa para la reducción y optimización de la dosificación de coagulante. En la actualidad, la industria del agua ha centrado sus esfuerzos en producir la mejor calidad de agua al menor costo; debido al incremento de los estándares de regulación. El proceso

de coagulación es uno de los más importantes estados en el tratamiento de agua; permitiendo la remoción de partículas coloidales presentes en el agua.

Este proceso es esencial para mantener una calidad de agua tratada satisfactoria. La complejidad existente entre la dosis de coagulante requerida en función de los parámetros de calidad de agua cruda, y la influencia de factores tales como: el corto tiempo de reacción del proceso de coagulación, el gran tiempo de reacción del proceso de floculación y el caudal de agua tratada, hacen que el control de este proceso requiera de técnicas de apoyo como la prueba de jarras en la estimación de la dosis óptima y de la acción de un operador que supervise el proceso y haga los ajustes necesarios para garantizar una remoción de turbiedad y color efectiva. El sistema comercial para el control del proceso de coagulación Streaming Current, ha demostrado en su periodo de prueba en la Planta Centenario excelentes resultados con calidades de agua cruda variable como la presente en la ciudad de Pasto, permitiendo mejorar los procesos y generando beneficios tanto a la empresa como al usuario.

La pasantía desarrollada en Empopasto S.A. E.S.P. , a través de la oficina de Producción en la cual se realizó una función de apoyo técnico permitió aplicar los conocimientos obtenidos en la carrera y adquirir otros en dos campos importantes: oficina y obra, logrando con ello una capacidad suficiente para desempeñar un buen trabajo.

## **14. RECOMENDACIONES**

Se debe continuar con el mejoramiento de los sistemas de operación en la Planta de Tratamiento Centenario. Ya que la plataforma que maneja el Streaming Current permite incorporar nuevas opciones de automatización generando mejores resultados en el tratamiento de agua.

Es conveniente instalar nuevos sensores de turbiedad en las salidas de los sedimentadores, estos son parámetros necesarios para el control de la calidad de agua y del control de los procesos unitarios por los cuales pasa el agua a tratar además que permite encontrar el punto óptimo de operación del sistema Streaming Current con mayor facilidad.

Una de las inversiones necesarias para el correcto uso de los coagulantes usados en la Planta Centenario (Sulfato de Aluminio y Policloruro de Aluminio) es la instalación de un sensor que mida el color del agua cruda. La instalación de este sensor permitirá incorporar alarmas dentro de la plataforma del Streaming Current con lo cual se podrán realizar cambios en el uso de estos solo cuando sea necesario mediante un estudios de optimización en el uso de coagulantes.



## **BIBLIOGRAFÍA**

PÉREZ PARRA, Jorge Arturo. Manual de Potabilización de Agua, Medellín : Sección de Publicaciones, Universidad Nacional 1990. p. 503.

REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Normas RAS. (Colombia)

Robert L. Bryant, President, Chemtrac Systems Inc, Atlanta, Ga Water treatment control using the Streaming Current monitor, [www.chemtrac.com](http://www.chemtrac.com), 2002, 4 pág.

Departamento de Producción EMPOPASTO S.A. E.S.P. Informes de Gestión 1999 a 2002. San Juan de Pasto, 2003. p. 80.

**ANEXO A. Esquema de Implementación**

