

PROPUESTA DE PRETRATAMIENTO DE FTALATO DE SODIO EN LA
EMPRESA IQN S.A.S.

JORGE ALBERTO FUENTES ESPITIA
EDGAR DAVID JIMÉNEZ TRUJILLO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ
2.017

PROPUESTA DE PRETRATAMIENTO DE FTALATO DE SODIO EN LA
EMPRESA IQN S.A.S.

JORGE ALBERTO FUENTES ESPITIA
EDGAR DAVID JIMÉNEZ TRUJILLO

Proyecto integral de grado para optar al título de
INGENIERO QUÍMICO

LUIS FERNANDO SUAREZ
Ingeniero Químico

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ
2.017

Nota de aceptación

Orientador
Ing. Diego Nicolás Rodríguez

Jurado 1
Ing. Felipe Correa Mahecha

Jurado 2
Ing. Andrés González

Bogotá D.C marzo 2.017

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. JAIME POSADA DÍAZ

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Secretario General

Dr. JUAN CARLOS POSADA GARCÍA-PEÑA

Decano Facultad de Ingenierías

Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director del Programa de Ingeniería Química

Ing. LEONARDO DE JESÚS HERRERA GUTIÉRREZ

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

A Dios por su gracia y su bondad, por ser el dador de sueños y guiar cada uno de mis pasos en el desarrollo de este trabajo de grado, por brindarme su sabiduría y pasión, pero sobre todo por su fidelidad.

A mis padres Luz Marina Espitia Torres y Otto Miguel Fuentes Wehdeking por su apoyo incondicional, por su esfuerzo constante en formarme como persona, por cada palabra y consejo obtenido de parte de ellos.

A mi hermano Javier Felipe Fuentes Espitia por su paciencia y apoyo durante el transcurso de mi carrera como profesional.

A mis profesores y amigos de carrera que siempre estuvieron ahí en momentos difíciles y momentos de éxito, que formaron parte de mi desarrollo como profesional y me acompañaron en este camino.

JORGE ALBERTO FUENTES ESPITIA

A Dios por darme fuerza y valentía para afrontar cada momento difícil que he pasado en la carrera también por guiarme y ayudarme a tomar la mejor decisión en cada instante de mi vida.

A mis padres Edgar Alfredo Jiménez Salamanca y Martha Patricia Trujillo Salamanca por su apoyo incondicional, por su esfuerzo para sacar adelante a la familia y brindarme la mayor de las comodidades para poder estudiar.

A mis hermanos Andrés Camilo Jiménez Trujillo y Verónica Patricia Jiménez Trujillo por estar presentes en los momentos más difíciles de mi vida y apoyarme en estos.

A mis Maestros y amigos de la carrera que siempre estuvieron ahí en momentos difíciles y apoyándome para no rendirme, por ayudarme a ser un mejor estudiante y adquirir cada vez más conocimiento.

EDGAR DAVID JIMENEZ TRUJILLO

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios por acompañarnos y darnos sabiduría en cada instante del desarrollo de este trabajo de grado. Permitiendo que todas las actividades elaboradas cumplieran su objetivo, obteniendo los resultados que se deseaban y de esta manera cumplir ésta meta tan importante que nos convierte en Ingenieros químicos.

Agradecemos a nuestros padres por el apoyo incondicional y por la oportunidad que nos dieron de estudiar una carrera profesional, debido a su esfuerzo y gran dedicación, por brindarnos su confianza en cada etapa de nuestra formación como profesionales.

Agradecemos al ingeniero Luis Fernando Suarez Vargas por el apoyo como director en la elaboración de este proyecto de grado.

Agradecemos también a la Empresa IQN S.A.S. Por permitirnos desarrollar nuestro proyecto de grado en sus instalaciones y por su patrocinio en cada una de las etapas de este trabajo de grado.

Agradecemos al ingeniero Diego Nicolás Rodríguez por ser nuestro asesor y brindarnos de forma clara el enfoque que tenía que llevar éste trabajo de grado para su cumplimiento.

Por último agradecer a la Fundación Universidad de América y cada profesor que nos ofreció su ayuda, sus conocimientos y su experiencia para el cumplimiento de cada objetivo de éste trabajo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
OBJETIVOS	18
MARCO TEÓRICO	19
1. DETERMINACIÓN DE PUREZA DEL ÁCIDO FTÁLICO PRODUCIDO A PARTIR DE FTALATO DE SODIO EN IQN S.A.S.	27
1.1 DETERMINACIÓN DE PRUEBA PARA CONOCER PUREZA	27
1.2 CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA (HPLC) PARA ÁCIDO FTÁLICO	27
1.2.1 Método	27
1.2.2 Resultados.	30
2. EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE SEPARACIÓN PARA EL FTALATO DE SODIO	32
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL ÁCIDO FTÁLICO EN IQN S.A.S.	32
2.2 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL ÁCIDO FTÁLICO EN IQN S.A.S.	33
2.2.1 Diagrama causa- efecto del proceso de producción de ácido ftálico en IQN S.A.S.	33
2.3 PRUEBAS PRELIMINARES PARA DETERMINAR LA TÉCNICA DE SEPARACIÓN DEL FTALATO DE SODIO	34
2.3.1 Pruebas de solubilidad para ftalato de sodio preparado en agua.	34
2.3.2 Pruebas de solubilidad para ftalato de sodio preparado en etanol.	36
2.4 MÉTODOS DE SEPARACIÓN DEL FTALATO DE SODIO APLICADOS EN IQN S.A.S.	36
2.4.1 Separación con agua para el SAP proveniente de corrientes secundarias de proceso de IQN S.A.S.	37
2.4.2 Separación con etanol para el SAP proveniente de corrientes secundarias de proceso de IQN S.A.S.	39
2.4.3 Separación terciaria, relación pH con impurezas.	41
2.5 PROPUESTAS DE SEPARACIÓN PARA FTALATO DE SODIO	45
2.5.1 Propuesta de IQN S.A.S.	45
2.5.2 Propuesta 2.	48
2.5.3 Propuesta 3.	55
2.5.4 Análisis propuestas.	63
2.5.5 Conclusiones análisis de propuestas.	66
2.6 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	67

3. DISEÑO CONCEPTUAL PROPUESTA DE PRE TRATAMIENTO PARA FTALATO DE SODIO	69
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	69
3.2 DESCRIPCIÓN DE SERVICIOS AUXILIARES E INDUSTRIALES	70
3.3 DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS DEL PROCESO	72
3.3.1 Dimensionamiento de mezcladores	72
3.3.3.1 Dimensionamiento mezclador 1	73
3.3.3.2 Dimensionamiento mezclador 2.	76
3.3.2 Dimensionamiento de filtros prensa	77
3.3.3 Dimensionamiento del tanque de enfriamiento con enchaquetado	80
3.3.4 Dimensionamiento del reactor Batch	84
3.3.5 Dimensionamiento horno secador.	92
3.3.5.1 Balance de calor en el horno	94
3.4 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA PROPUESTA	95
3.6 BALANCE DE MATERIA DEL PROCESO	96
3.6.1 Balance del mezclador	96
3.6.2 Balance del Filtro prensa 1	97
3.6.3 Balance del Filtro prensa 2	97
3.6.4 Balance del reactor	98
3.6.5 Balance de energía en el reactor	98
3.6.6 Balance del Filtro prensa 3	102
3.6.7 Balance del mezclador 2	102
3.6.8 Balance del Filtro prensa 2	103
3.6.9 Balance del tanque de enfriamiento	103
3.6.10 Balance del Filtro prensa 3	104
3.6.11 Balance del horno de secado	104
3.5 DIAGRAMA FLUJO DE PROCESOS (PFD)	106
3.7 LISTA DE EQUIPOS	108
3.8 FILOSOFÍA DE OPERACIÓN	108
4. VIABILIDAD FINANCIERA PARA PROPUESTA DE PRE TRATAMIENTO DE FTALATO DE SODIO	111
4.1 PROYECCIÓN DE INGRESOS POR VENTAS DE LA EMPRESA IQN S.A.S.	111
4.1.1 Ventas de producción	112
4.2 VALOR DE LA INVERSIÓN	112
4.3 COSTOS DE OPERACIÓN	113
4.3.3 Costos de servicios	114
4.3.3.1 Agua	114
4.3.3.2 Electricidad	115
4.3.3.3 Combustible	117
4.4 MARGEN BRUTO	118
4.5.1 VPN sin proyecto	121
4.5.2 VPN con proyecto	124
4.6 EVALUACIÓN DE ESCENARIOS VPN CON PROYECTO	128

4.7 EVALUACION FINANCIERA	129
5. CONCLUSIONES	131
6. RECOMENDACIONES	133
BIBLIOGRAFÍA	134
ANEXOS	137

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Gráfica de solubilidad de Ftalato de sodio en agua	38
Gráfica 2. Gráfica de solubilidad de SAP con impurezas en etanol	41
Gráfica 3. Gráfica de relación de gramos de impurezas con el valor del pH	43
Gráfica 4. Distribución de formación de especies para el ácido Ftálico	44
Gráfica 5. Barridos espectrales del Ftalato de sodio y ácido ftálico	85
Gráfica 6. Gráfica absorbancia vs. Tiempo para la reacción	86
Gráfica 7. Producción para satisfacer demanda de IQN S.A.S.	111
Gráfica 8. Diagrama de flujo de caja sin proyecto. Cifras en COP	122
Gráfica 9. Diagrama flujo de caja neto sin proyecto. Cifras en COP	123
Gráfica 10. Diagrama de flujo de caja con proyecto. Cifras en COP	125
Gráfica 11. Diagrama de Flujo de caja neto con proyecto. Cifras en \$COP	126

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ejemplo de coagulación	19
Figura 2. Ejemplo de Test de jarras	20
Figura 3. Esquema de la molécula de ftalato de sodio	25
Figura 4. Identificación de pureza ácido ftálico	29
Figura 5. Espectro de impurezas en la muestra	29
Figura 6. Diagrama espina de pescado para la producción de ácido ftálico en la empresa IQN S.A.S.	33
Figura 7. Ftalato de sodio obtenido experimentalmente	35
Figura 8. Resultados prueba experimental de solubilidad Ftalato de sodio	35
Figura 9. Resultados prueba de solubilidad en etanol de Ftalato de sodio preparado	36
Figura 10. Soluciones de Ftalato de sodio a diferentes cantidades de agua	38
Figura 11. Impurezas que precipitaron disminuyendo el valor de pH	44
Figura 12. SAP	45
Figura 13. Mezcla de ácido ftálico y solución de bisulfato de sodio	46
Figura 14. Ácido ftálico obtenido con la propuesta de IQN S.A.S.	46
Figura 15. Diagrama de la propuesta de IQN S.A.S.	47
Figura 16. SAP extraído de los tanques de almacenamiento	48
Figura 17. Impurezas precipitadas a un valor de pH de 6	49
Figura 18. Solución con carbón activo	49
Figura 19. Solución obtenida después de filtrar con carbón activo	50
Figura 20. Ácido Ftálico precipitado	50
Figura 21. Solución con Bisulfato de sodio	51
Figura 22. Sulfato de sodio	51
Figura 23. Ácido ftálico cristalizado en solución	52
Figura 24. Acido Ftálico propuesta 2	52
Figura 25. Diagrama de la propuesta 2	54
Figura 26. SAP tratado con etanol	55
Figura 27. Montaje para realizar la destilación del etanol	56
Figura 28. Residuo de la destilación	56
Figura 29. Solución de SAP y agua a un valor de pH de 6	57
Figura 30. Impurezas precipitadas a un valor de pH de 6	57
Figura 31. Formación de ácido ftálico a un valor de pH de 1	58
Figura 32. Solución de sulfatos y ácido ftálico sin purificar	59
Figura 33. PA en solución con carbón activo	59
Figura 34. Ácido ftálico obtenido con la propuesta 3	60
Figura 35. Diagrama de la propuesta 3	61
Figura 36. Proporciones básicas de los agitadores.	74
Figura 37. Partes para el dimensionamiento del mezclador y agitador.	75
Figura 38. Espectrofotómetro UV-1800	85
Figura 39. Horno secador de bandejas.	93

Figura 40. Diagrama de bloques de la propuesta 2.	95
Figura 41. Esquema de la molécula de ftalato de sodio	99
Figura 42. Diagrama PFD de la propuesta 2.	106

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas del ftalato de sodio	25
Tabla 2. Resultados prueba de solubilidad SAP en agua	37
Tabla 3. Resultados de solubilidad de SAP en etanol	40
Tabla 4. Resultados de cantidad de impurezas precipitadas en relación con el valor de pH	42
Tabla 5. Matriz de decisiones	67
Tabla 6. Datos termodinámicos a la temperatura media	80
Tabla 7. Datos Joback y Reid para estimar entalpia de formación SAP	99
Tabla 8. Datos entalpías de formación para calcular entalpia de disolución	101
Tabla 9. Balance de materia por corriente.	107
Tabla 10. Proyección de producción de PA a 14 meses	111
Tabla 11. Ventas de producción por mes. Cifras en COP	112
Tabla 12. Valor inversión en equipos. Cifras en COP	112
Tabla 13. Costos materia prima por mes. Cifras en COP	114
Tabla 14. Costo total servicios auxiliares por mes. Cifras en COP	118
Tabla 15. Promedio DTF en Colombia del 04/01/2016 al 04/12/2016	119
Tabla 16. Tasa interna de oportunidad (TIO)	121
Tabla 17. Costos para cada escenario con proyecto	128
Tabla 18. Resultados escenarios de los VPN	129
Tabla 19. Comparación indicadores financieros con y sin proyecto	129

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Resultados pureza ácido ftálico	30
Cuadro 2. Resultados prueba de laboratorio Ftalato de sodio preparado en etanol	36
Cuadro 3. Análisis de propuestas	63
Cuadro 4. Requerimientos de servicios auxiliares por hora	71
Cuadro 5. Especificaciones técnicas bomba centrífuga	71
Cuadro 6. Especificaciones técnicas motor eléctrico	72
Cuadro 7. Capacidad (C), Tiempo de retención (Tr) y Flujo (Q) del mezclador 1	73
Cuadro 8. Dimensiones del tanque mezclador 1	74
Cuadro 9. Dimensiones de las partes del mezclador 1 y su agitador	75
Cuadro 10. Capacidad (C), Tiempo de retención (Tr) y Flujo (Q) del mezclador 2	76
Cuadro 11. Dimensiones del tanque mezclador 2	76
Cuadro 12. Dimensiones de partes del mezclador 2 y su agitador	77
Cuadro 13. Potencia requerida para el agitador del mezclador 2	77
Cuadro 14. Datos obtenidos experimentalmente del filtro prensa	78
Cuadro 15. Capacidad (C), Tiempo de retención (Tr) y Flujo (Q) del Reactor	87
Cuadro 16. Dimensiones Reactor	87
Cuadro 17. Dimensiones de las partes del reactor y su agitador	87
Cuadro 18. Propiedades del bisulfato de sodio	88
Cuadro 19. Ficha técnica secador	93
Cuadro 20. Entalpia de formación estándar para compuestos involucrados en reacción	99
Cuadro 21. Condiciones críticas de operación	107
Cuadro 22. Ingresos y egresos para el año 2017 sin proyecto. Cifras en COP	121
Cuadro 23. Ingresos y egresos para los años 2017 a 2021. Cifras en COP	122
Cuadro 24. Flujo de caja neto para cálculo de VPN sin proyecto. Cifras en COP	123
Cuadro 25. Ingresos y egresos para el año 2017 con proyecto	124
Cuadro 26. Ingresos y egresos para los años 2017 a 2021. Cifras en COP	125
Cuadro 27. Flujo de caja neto para cálculo de VPN sin proyecto. Cifras en COP	125

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Resultados prueba de pureza propuesta IQN S.A.S.	138
Anexo B. Resultados prueba de pureza propuesta 2	148
Anexo C. Resultados prueba de pureza propuesta 3	196
Anexo D. Resultados cinética de reacción	214
Anexo E. Cotizaciones equipos industriales	236

GLOSARIO

COAGULACIÓN: proceso de desestabilización de las partículas suspendidas de modo que se reduzcan las fuerzas de separación entre ellas, al reducir estas fuerzas se produce un flóculo o precipitado.

CRISTALIZACIÓN: técnica utilizada para llevar a cabo la purificación de sustancias sólidas que contienen pequeñas cantidades de impurezas. Se basa en el hecho de que la mayoría de los compuestos incrementan su solubilidad con la temperatura, de modo que la muestra a cristalizar se disuelve en un disolvente o mezcla de disolventes a su temperatura de ebullición. La formación y crecimiento de cristales en una red ordenada de forma lenta favorece la incorporación de moléculas del compuesto excluyendo de esta red cristalina las moléculas de las impurezas, de modo que al final se obtiene un sólido enriquecido en el compuesto que queremos purificar.

EXTRACCIÓN: técnica de separación de un compuesto a partir de una mezcla sólida o líquida, aprovechando las diferencias de solubilidad de los componentes de la mezcla en un disolvente adecuado. Constituye una de las técnicas de separación de compuestos más utilizada en el laboratorio químico.

PA: sigla utilizada por IQN S.A.S. para referirse al ácido ftálico obtenido en el proceso.

PUREZA: porcentaje efectivo de reactivo puro en la masa total.

SAP: Ftalato de sodio con impurezas utilizado en IQN S.A.S. como materia prima.

SOLUCIÓN: mezcla homogénea de dos o más sustancias también llamada disolución. La sustancia disuelta se denomina soluto y la sustancia donde se disuelve se denomina disolvente.

RESUMEN

El presente trabajo de grado, tuvo como propósito desarrollar una propuesta de pre tratamiento para el Ftalato de sodio en la empresa IQN S.A.S. Para dar cumplimiento a este objetivo se realizó un diagnóstico del estado actual del proceso en el cual se produce ácido ftálico a partir de Ftalato de sodio impuro (SAP), en el cual se determinó que la causa principal del bajo porcentaje de pureza obtenido (88,76%) es debido a la materia prima utilizada (SAP). Éste valor se halló mediante una cromatografía líquida por HPLC y posteriormente se procedió a evaluar un método de separación para el Ftalato de sodio por medio de pruebas de solubilidad en agua y etanol con el fin de conocer el comportamiento del SAP en cada uno de estos solventes, identificando que es totalmente soluble en agua y poco soluble en etanol; adicional a estos tratamientos se llevó a cabo pruebas de coagulación variando la acidez de la solución, encontrando que a un pH de 6 precipita mayor cantidad de impurezas suspendidas en la solución.

Una vez seleccionado el tratamiento adecuado se plantearon 2 propuestas para la producción de ácido ftálico involucrando los tratamientos mencionados anteriormente, y con esto ejecutar una matriz de decisión para seleccionar una de estas propuestas, para posteriormente iniciar el diseño conceptual de la propuesta seleccionada, que en este caso debido al mayor porcentaje de pureza (98,19%) y su mayor porcentaje de extracción (48,11%) de ácido ftálico la propuesta 2 fue la seleccionada.

Para el diseño conceptual se tuvo en cuenta la descripción del proceso, descripción de servicios auxiliares, balances de masa y energía, dimensionamiento de equipos involucrados en el proceso, diagrama de bloques, diagrama PFD, listado de equipos y filosofía de operación. Los resultados mostraron que el tratamiento fue efectivo al superar el porcentaje de pureza (88,76%) que obtiene IQN S.A.S. con la producción de ácido ftálico a partir de Ftalato de sodio alcanzando un porcentaje de pureza del 98,19% una vez implementada la propuesta. Adicionalmente si la empresa quisiera implementar este proyecto les sería rentable debido a que el análisis de viabilidad financiera dio un VPN positivo (3.510.632.680 COP), una TIR del 332,4% y una relación beneficio costo de 1,66. Con esto IQN S.A.S. se posicionaría en un mejor lugar dentro del mercado colombiano en la fabricación de resinas y plastificantes.

Palabras claves: tratamiento, Ftalato de sodio, ácido ftálico, pureza, solubilidad, coagulación.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el ácido ftálico es usado para la elaboración de resinas y plastificantes debido a que la materia prima principal de estos productos en la industria es el anhídrido ftálico, las empresas han estado buscando derivados más económicos y el ácido ftálico es uno de ellos.

El presente trabajo de grado tiene como objetivo el pre tratamiento del Ftalato de sodio que se obtiene de una corriente secundaria de otro proceso (SAP) realizado en la empresa IQN S.A.S. con el fin de producir ácido ftálico con un valor mayor a 88,76% ya que es la pureza obtenida actualmente en dicha empresa. Para esto fue necesario elaborar distintas propuestas de separación de impurezas y evaluar la más adecuada.

Este trabajo presenta los siguientes capítulos:

En el capítulo 1 se presentan los resultados obtenidos mediante la prueba de cromatografía líquida (HPLC) que se aplicó al ácido ftálico elaborado por la empresa IQN S.A.S. con el fin de conocer el valor de pureza que se obtiene con los métodos de separación actualmente usados en la empresa IQN S.A.S.

En el capítulo 2 se plantea un diagnóstico de fallas que ocurren en el proceso utilizado actualmente en la empresa, los métodos de separación que se llevaron a cabo experimentalmente. Se tuvo en cuenta que las separaciones más viables y efectivas para este proceso son las separaciones por solubilidad del Ftalato de sodio en agua y en solventes orgánicos, así como por tratamiento mediante coagulación.

En este capítulo también se observa el análisis y la evaluación de las propuestas de separación aplicadas al SAP.

En el capítulo 3 se desarrolla el diseño conceptual de la propuesta seleccionada como la más adecuada según las necesidades de IQN S.A.S, se plantea el Diagrama PFD de la propuesta, el balance de materia y energía, dimensionamiento de los equipos, la descripción del proceso, descripción de servicios auxiliares, diagrama de bloques, listado de equipos y filosofía de operación.

En el capítulo 4 se presenta la viabilidad financiera de la propuesta seleccionada, calculando costos de inversión, de servicios auxiliares y de operación, proyección de ventas y ganancias netas mensuales que tendría la empresa si llevara a cabo el proyecto.

La importancia de este trabajo radica en obtener un producto con mayor pureza, mediante mejoras en su tratamiento de la materia prima, permitiéndole obtener a

la empresa IQN S.A.S. una mayor rentabilidad en sus productos y posicionándola en un mejor lugar dentro del mercado colombiano.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta de pre tratamiento para el Ftalato de sodio en la empresa IQN S.A.S.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la pureza del ácido ftálico obtenido a partir de Ftalato de sodio en la empresa IQN S.A.S.
- Evaluar un método de separación para el Ftalato de sodio
- Realizar un diseño conceptual del método de separación para el Ftalato de sodio
- Analizar la viabilidad financiera obtenida con el Ftalato de sodio purificado

MARCO TEÓRICO

COAGULACIÓN

La coagulación Es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado¹.

La coagulación (Figura 1) es un tratamiento eficaz pero si no se realiza de la manera adecuada pero ser un gasto elevado, este es un método universal porque elimina gran cantidad de gran cantidad de materia en suspensión y materia coloidal.

Las especies coloidales incluyen arcilla, sílice, hierro, otros metales y sólidos orgánicos. La eliminación de una gran proporción de estas impurezas se llevan a cabo por sedimentación, basada en simple gravedad, pero algunas de estas impurezas son demasiado pequeñas para obtener un proceso de eliminación eficiente por lo tanto, se requeriría invertir mucho tiempo para remover los sólidos suspendidos, por lo que es necesario utilizar procesos de clarificación, que consisten en cualquier proceso o combinación de procesos, cuyo propósito es reducir la concentración de los materiales suspendidos en un líquido².

Figura 1. Ejemplo de coagulación



Fuente: Pre-Treatment Field Guide: American Water Works Association. 2007.

¹ ANDÍA CÁRDENAS, Yolanda. Evaluación de Platas y Desarrollo Tecnológico: tratamiento de agua coagulación y floculación, Lima, 2003,44h.

² ROMERO, Mynor. TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN POTABILIZACIÓN DE AGUA, Guatemala, 2011,12h, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ingeniería.

El objetivo de este tratamiento es desestabilizar las materias coloidales que se encuentran en suspensión, para favorecer su aglomeración, en consecuencia se retira la materia en suspensión estables, la coagulación no solo elimina la turbiedad sino también la concentración de las materias orgánicas y los microorganismos.

La coagulación causa un incremento de tamaño del floculo, disminuyendo así el tiempo de sedimentación de las partículas. Para realizar este tipo de procesos se adicionan sales químicas en su mayoría cargadas positivamente (sales de aluminio, sales de hierro o polielectrolitos) que desplazan los iones negativos y reducen efectivamente el tamaño de carga.

Los polielectrolitos son los más utilizados debido a su menor impacto ambiental y a la calidad del floculo que producen. Para poder determinar la cantidad de producto a agregar al agua se tiene que hacer un ensayo conocido como “Jar Test” o Test de Jarras (Figura 2) con el agua a tratar. Este test mide básicamente el efecto de las diferentes combinaciones de dosis de coagulante y pH ².

Figura 2. Ejemplo de Test de jarras



Fuente: Microbiology for drinking water personnel: American Water Works 2006.

En el caso de este trabajo de grado el coagulante que se utiliza es el ácido sulfúrico ya que al agregar este compuesto el pH de la mezcla se disminuye y las partículas suspendidas que están en la mezcla se aglomeran y se pueden retirar de la mezcla tratada.

El proceso de coagulación mal realizado puede conducir a una degradación rápida de la calidad del agua y representa gastos de operación no justificadas. Por lo tanto se considera que la dosis del coagulante condiciona el funcionamiento de las unidades de decantación y que es imposible de realizar una clarificación, si la cantidad de coagulante está mal ajustada¹.

CROMATOGRAFÍA

Todas las formas de cromatografía de líquidos son procesos de migración diferencial, donde los componentes de la muestra son selectivamente retenidos por una fase estacionaria y eluidos secuencialmente mediante el cambio de polaridad de la fase móvil³.

La característica que distingue a la cromatografía de la mayoría de los métodos físicos y químicos de separación, es que se ponen en contacto dos fases mutuamente inmiscibles. La fase estacionaria y la móvil. Una muestra que se introduce en la fase móvil es transportada a lo largo de la columna que contiene una fase estacionaria distribuida. Las especies de la muestra experimentan interacciones repetidas (repartos) entre la fase móvil y la fase estacionaria. Cuando ambas fases se han escogido en forma apropiada los componentes de la muestra se separan gradualmente en bandas en la fase móvil. Al final del proceso los componentes separados emergen en orden creciente de interacción con la fase estacionaria. El componente menos retardado emerge primero, el retenido más fuertemente eluye al último⁴.

Los componentes adyacentes (picos) se separan cuando el pico que sale después es retardado lo suficiente para impedir la sobre posición con el pico que emergió antes. Una amplia gama de selección de materiales para las fases móvil y estacionaria, permite separar moléculas que difieren muy poco en sus propiedades físicas y químicas.

- Parámetros teóricos que afectan la separación cromatográfica

Es importante conocer el significado de algunos términos que describen el comportamiento de los solutos en una cromatografía en columna.

La velocidad de migración de un soluto está caracterizada por:

TR (tiempo de retención): Es el tiempo que transcurre desde que es inyectada la muestra en el sistema, hasta la detección del máximo del pico de elución.

³ ESQUIVEL SOTO, Edgar Ernesto, LEAL GUADARRAMA, Lidia Irene. Métodos fisicoquímicos en biotecnología: Cromatografía de fase reversa. México, 2004. Trabajo de investigación. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biotecnología.

⁴ ROMERO GARCÍA, Aida Susana. Cromatografía. México, 2002, 77h. Curso de métodos. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biotecnología.

V_R (volumen de retención): Corresponde al volumen total de eluyente que fluye por el sistema durante el tiempo de retención⁵.

F_c : velocidad de flujo de la fase móvil (ml/minuto) a la temperatura de la columna.

El comportamiento de retención refleja la distribución del soluto entre la fase móvil y la estacionaria. El volumen de fase móvil necesario para transportar la banda de soluto desde el punto de inyección, a través de la columna, hasta el detector (en el máximo del pico del soluto) se define como el volumen de retención, V_R . Se puede obtener directamente del cromatograma multiplicando el tiempo de retención correspondiente, T_R , por el gasto o flujo volumétrico, F_c , expresado como el volumen de fase móvil por unidad de tiempo.

$$V_R = T_R \cdot F_c$$

T_M (Tiempo muerto): Es el Tiempo en que tarda en salir una especie no retenida.

T'_R : tiempo de retención corregido.

V_M (volumen muerto): también llamado volumen intersticial de la columna.

$$T'_R = T_R - T_M \quad V_M = T_M F_c$$

En éste trabajo de grado se realizó una cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) y es de suma importancia entender en qué consiste ésta técnica.

CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA DE ALTO RENDIMIENTO

(HPLC, de high-performance liquid chromatography) no está limitada por la volatilidad o la estabilidad térmica de la muestra. La HPLC es capaz de separar macromoléculas y especies iónicas, productos naturales lábiles, materiales poliméricos y una gran variedad de otros grupos polifuncionales de alto peso molecular. Con una fase móvil líquida interactiva, otro parámetro se encuentra disponible para la selectividad, en adición a una fase estacionaria activa.

La separación cromatográfica en HPLC es el resultado de las interacciones específicas entre las moléculas de la muestra con ambas fases, móvil y estacionaria. Tales interacciones esencialmente no existen en la fase móvil para la cromatografía de gases. La HPLC ofrece una mayor variedad de fases estacionarias, lo que permite una mayor gama de estas interacciones selectivas y más posibilidades para la separación. El recobro de la muestra es fácil en la

⁵ Merck Química Chilena Soc. Ltda. Marco doctrinal recuperado del sitio web <<http://www.fao.org/docrep/field/003/ab482s/AB482S05.htm>> con acceso el día [23/02/2017]

HPLC. Las fracciones separadas se recolectan en forma sencilla, colocando un recipiente abierto al final de la columna.

El recobro es usualmente cuantitativo (exceptuando la adsorción irreversible en la columna) y los componentes separados son fácilmente aislados del disolvente de la fase móvil. Adicionalmente al tipo usual de compuestos orgánicos, la cromatografía líquida en columna puede manejar separaciones de compuestos iónicos, productos lábiles de origen natural, materiales poliméricos y compuestos polifuncionales de alto peso molecular. En el modo normal de operaciones de partición líquido-líquido, una fase estacionaria polar (p. ej. agua, metanol) se usa con una fase estacionaria no polar (p. ej. hexano). Esto favorece la retención de compuestos polares y la elusión de compuestos no polares y se le conoce como cromatografía fase normal⁶.

ESPECTROFOTOMETRÍA

La espectrofotometría es el método de análisis óptico más usado en las investigaciones biológicas. El espectrofotómetro es un instrumento que permite comparar la radiación absorbida o transmitida por una solución que contiene una cantidad desconocida de soluto, y una que contiene una cantidad conocida de la misma sustancia.

Todas las sustancias pueden absorber energía radiante, aun el vidrio que parece ser completamente transparente absorbe longitud de ondas que pertenecen al espectro visible; el agua absorbe fuertemente en la región del infrarrojo.

La absorción de las radiaciones ultravioleta, visibles e infrarrojas depende de la estructura de las moléculas, y es característica para cada sustancia química.

Cuando la luz atraviesa una sustancia, parte de la energía es absorbida; la energía radiante no puede producir ningún efecto sin ser absorbida⁷.

Obtención de un espectro de absorción

El espectro de absorción es una representación gráfica que indica cantidad de luz absorbida (ϵ) a diferentes valores de λ . a partir de una solución diluida de un compuesto, cuya absorbancia máxima entra dentro del rango de medida del espectrofotómetro, se verá el valor de absorbancia a diferentes longitudes de onda

⁶ ROMERO GARCÍA, Aida Susana. Cromatografía. México, 2002, 77h. Curso de métodos. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biotecnología.

⁷ Equipos y laboratorios de Colombia. Marco doctrinal. Recuperado del sitio web. <http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=2370> Con acceso el día [23/02/2017]

frente a un blanco que contenga el disolvente de la solución de la muestra a caracterizar.

A partir del espectro de absorción se obtendrá el valor de λ al que el compuesto presenta la mayor absorbancia (λ_{\max}). Dicho λ se utilizará a la hora de hacer determinaciones cualitativas y cuantitativas del compuesto. El espectro de absorción de un cromóforo depende, fundamentalmente, de la estructura química de la molécula.

Instrumentación para la medición de absorbancias de la luz visible y ultravioleta: espectrofotómetro UV-visible

La medición de absorbancia de la luz por las moléculas se realiza en unos aparatos llamados espectrofotómetros. Aunque pueden variar en diseño, en especial con la incorporación de ordenadores para el análisis de datos, todos los espectrofotómetros constan, según se indica en la figura, de:

Una fuente de energía radiante: lámpara de deuterio y tungsteno.

Un monocromador para la selección de radiaciones de una determinada longitud de onda: filtros, prismas, redes de difracción.

Un compartimento donde se aloja un recipiente transparente (cubetas o tubos) que contenga la muestra. Pueden ser de vidrio, cuarzo o plástico transparente. Para medir en UV se deben usar las de cuarzo o sílice fundido, porque el vidrio no transmite la radiación UV.

Un detector de luz y un amplificador convertidor de las señales luminosas en señales eléctricas.

Un registrador o sistema de lectura de datos.

Desde el punto de vista operativo, el primer paso es seleccionar la fuente de luz y longitud de onda a la que se va a realizar la medida. Hay espectrofotómetros de un solo haz (con una sola celdilla para alojar la cubeta con la muestra) y de doble haz (con dos celdillas para dos cubetas); en nuestro caso se trabajará con los de un solo haz. Se mide primero la absorbancia del disolvente (conocido como blanco) y al que se le asigna el valor de cero mediante el ajuste del mando, de forma que la intensidad incidente y transmitida sean iguales ($I_0 = I_t$), y por tanto la absorbancia es cero. A continuación se pone en la celdilla la cubeta con la muestra y se lee la absorbancia de ésta⁸.

⁸ BÁRCENA RUIZ, J. Antonio. FERNÁNDEZ REYES, Emilio. GALVÁN CEJUDO, Aurora. JORRÍN NOVO, Jesús. PEINADO PEINADO, José. TÚNEZ FIÑANA, Isaac. Espectrofometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. España, 2008.8h.

Ftalato de sodio: Sal acida sódica usada como materia prima para la obtención de ácido ftálico.

Figura 3. Esquema de la molécula de ftalato de sodio

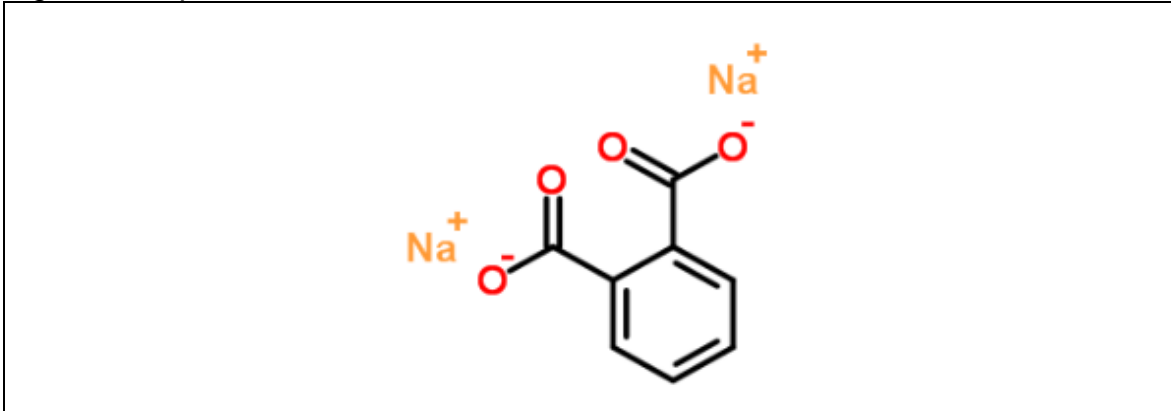


Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas del ftalato de sodio

Propiedades	Valores
CAS No	15968-01-1
Formula	$C_8H_4Na_2O_4$
Densidad	$1.451g/cm^3$
Peso molecular	210.09
Punto de ebullición	$378.3^{\circ}C$ a 760 mmHg
Punto de inflamabilidad	$196.7^{\circ}C$
Punto de fusión	$230^{\circ}C$
Presión de vapor	$2.14 \text{ E-}06$ mmHg a $25^{\circ}C$
Estado físico a $20^{\circ}C$	Solido
Color	Blanco

Métodos de producción ftalato de sodio:

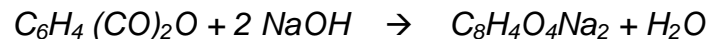
1. El ftalato de sodio es preparado y cargado en un recipiente de reacción adecuado con 110 partes de anhídrido ftálico, alrededor de 60 partes de hidróxido de sodio (94%) y 90 partes de agua. Una vez que la formación del ftalato de sodio está completa, el pH de la solución es ajustado a un valor de 9.0 mediante la adición de pequeñas cantidades de NaOH.
2. El ftalato de sodio es sintetizado haciendo reaccionar bicarbonato de sodio y ácido ftálico disuelto en solución acuosa usando un agitador magnético, para luego ser filtrado mediante un filtro Wattmann y cubierto por una hoja de plástico agujerada en el tope para limitar la evaporación, manteniendo la zona limpia y una temperatura ambiente. Finalmente después de una evaporación lenta, los cristales

de ftalato de sodio aparecen y son purificados mediante repetidas recristalizaciones⁹.

Características reacción:

Los ácidos carboxílicos son fácilmente desprotonados mediante NaOH o NaHCO₃ a su forma de sal carboxílica. Esta sal es más soluble en agua que en su correspondiente ácido carboxílico.

1. Esta reacción ocurre a una temperatura aproximadamente de 111°C

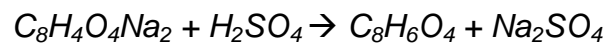


2. Esta reacción ocurre a una temperatura aproximadamente entre 100 a 130 °C



Características reacción ácido ftálico:

Para la producción de ácido ftálico se requieren como reactivos ftalato de sodio y adicional a este un ácido fuerte, en el caso de este proyecto se produjo ácido ftálico a partir de ftalato de sodio en solución más ácido sulfúrico al 98% de la siguiente forma:



La reacción presentada anteriormente es una reacción de sustitución en donde el hidrogeno del ácido sulfúrico es reemplazado por el sodio, dando como producto principal ácido ftálico y como subproducto bisulfato de sodio. Este subproducto puede cambiar dependiendo del ácido fuerte que se utilice como reactivo.

⁹ S. Krishnan, C. Justin Raj, S. Dinakaran, R. Uthrakumar, R. Robert, S. Jerome Das. Optical, thermal, dielectric and ferroelectric behaviour of sodium acid phthalate (SAP) single crystals. En: revista Journal of Physics and Chemistry of Solids. Volumen.69.(2008). phthalate (SAP) single crystals. En: revista Journal of Physics and Chemistry of Solids. Volumen.69.(2008).

1. DETERMINACIÓN DE PUREZA DEL ÁCIDO FTÁLICO PRODUCIDO A PARTIR DE FTALATO DE SODIO EN IQN S.A.S.

Antes de definir el pre tratamiento adecuado para el SAP utilizado en IQN S.A.S. para producir ácido ftálico es de vital importancia conocer el estado actual en el cual se encuentra el ácido ftálico que se produce actualmente en la empresa. Es por eso que este capítulo se enfocará en determinar la pureza que obtiene hoy en día IQN S.A.S. en su ácido ftálico, para posteriormente realizar el pre tratamiento adecuado al SAP, hecho que se verá reflejado en el capítulo 2 y con ello realizar nuevamente una prueba de pureza con el fin de determinar si el tratamiento realizado fue satisfactorio.

1.1 DETERMINACIÓN DE PRUEBA PARA CONOCER PUREZA

La técnica utilizada para la determinación de pureza para el ácido ftálico fue la cromatografía líquida (HPLC)¹⁰ la cual es una técnica utilizada para separar los componentes de una mezcla. Consiste en una fase estacionaria no polar (columna) y una fase móvil que actúa de portador de la muestra. La muestra en solución es inyectada en la fase móvil. Los componentes de la solución emigran de acuerdo a las interacciones no-covalentes de los compuestos con la columna. Estas interacciones químicas, determinan la separación de los contenidos en la muestra.

1.2 CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA (HPLC) PARA ÁCIDO FTÁLICO

1.2.1 Método. Se realizó el siguiente procedimiento para el análisis del ácido ftálico impuro: la muestra se trató con solventes y se realizó una extracción por método sólido-líquido, la determinación de pureza del ácido ftálico se ejecutó por triplicado.

Se realizó el ensayo en un cromatógrafo líquido Shimadzu con un detector UV-VIS con arreglo de diodos, se realizó el barrido espectral para verificar la pureza del pico obtenido y sus posibles impurezas.

Para el método se tomaron en cuenta 4 factores importantes los cuales son: Columna, Muestra, fase móvil y detector.

¹⁰ RESTEK. Catálogo. Recuperado del sitio web <
<http://www.restek.com/sitesearch/site/organic%2520acids>> Con acceso el
[10/02/2017]

COLUMNA

- Shodex C-18¹¹ trabajando en fase reversa lo cual significa que la fase estacionaria es menos polar que la fase móvil.
- Tamaño partícula: 5 µm
- Tamaño poro: 100 Å
- Temperatura: 40°C
- Longitud: 150 mm

MUESTRA

- Se trató con ultrasonido para garantizar su disolución y se filtró con membrana de 0,45 µm .
- Volumen de inyección: 10 µL

FASE MOVIL

- Ácido fosfórico (0.1%)
- Caudal: 1ml/min
- Isocrático, es decir que no hay gradiente (concentración de ácido fosfórico constante)

DETECTOR

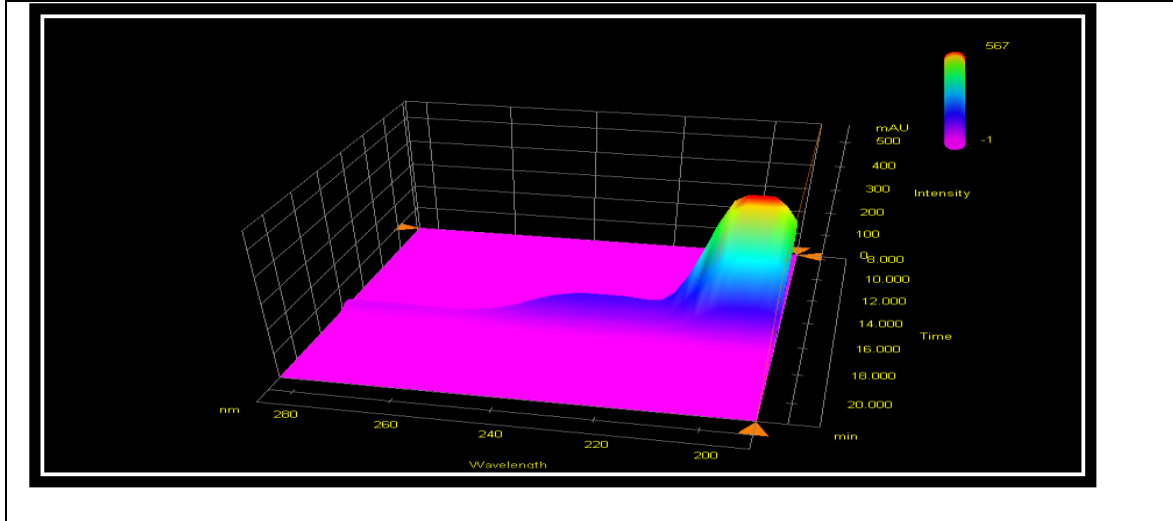
- UV/VIS con arreglo de diodos
- Longitud de onda: 210 nm

La identificación de impurezas espectrales se observa en la Figura 5., donde el equipo reveló tres picos diferentes al del ácido ftálico, pero en una proporción muy pequeña, motivo por el cual el equipo las denominó como impurezas no significativas.

El patrón estándar utilizado en esta técnica fue un ácido ftálico de grado RA con una pureza del 99% el cual fue comparado con el espectro obtenido de la muestra.

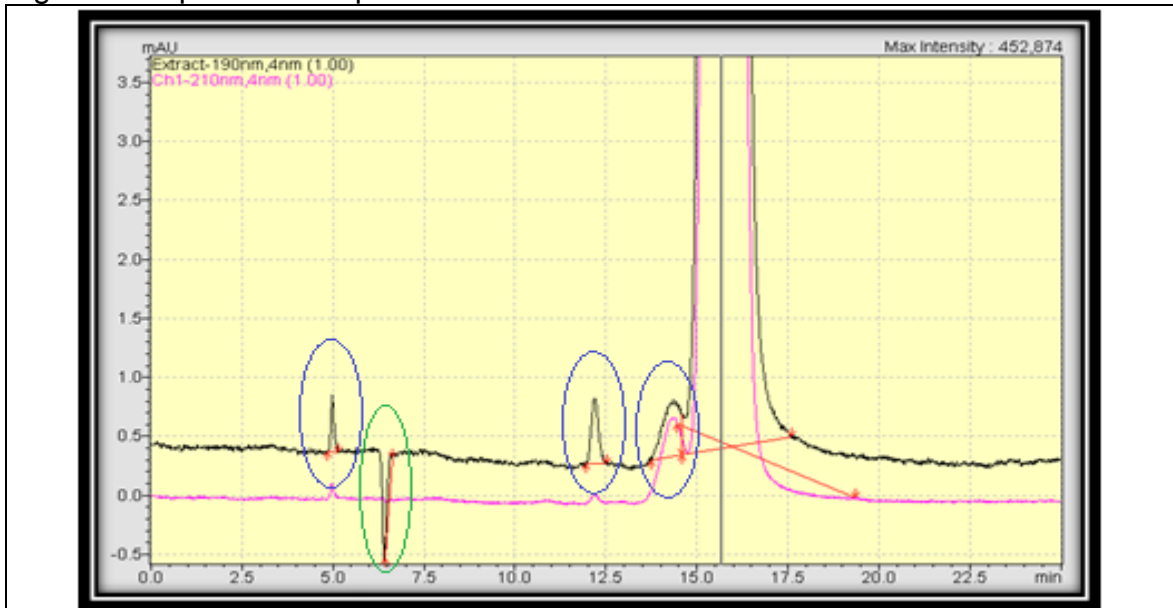
¹¹ SHODEXHPLC. Catálogo. Recuperado del sitio web. <<http://shodexhplc.com/applications/organic-acids-shodex-c18-4d/>> Con acceso el [10/02/2017]

Figura 4. Identificación de pureza ácido ftálico



En la Figura 4 se observan los resultados obtenidos por la columna Shodex, la cual se encarga de separar compuestos orgánicos que puedan estar presentes en la muestra inyectada al cromatógrafo, en este caso la columna detectó principalmente ácido ftálico y los picos mínimos los catalogó como impurezas no significativas. Estas lecturas fueron realizadas en 3 ejes (Tiempo, Longitud de onda y absorbancia) garantizando que el método de separación es confiable y que realmente los compuestos se separaron debido a que en la pureza espectral no aparecen picos sobrepuestos a diferentes longitudes de onda.

Figura 5. Espectro de impurezas en la muestra



En la figura anterior se observa dos curvas, una de ellas de color rosado la cual representa el espectro de la muestra patrón (ácido ftálico de grado RA con una pureza del 99 %), y la curva de color negro representa el espectro de la muestra de ácido ftálico producido por la empresa IQN S.A.S. actualmente.

El equipo registró cuatro picos diferentes al del ácido ftálico (identificados en la Figura 5.) tres de ellos (color azul) son las impurezas presentes en la muestra pero al estar en una proporción tan baja con respecto al pico principal de ácido ftálico se considera que este ácido tiene un buen índice de pureza debido a que las impurezas presentes, que posiblemente podrían ser humedad, ruido o compuestos inorgánicos, no muestran gran proporción dentro del espectro, mientras que el cuarto pico (color verde) es considerado por el equipo como tiempo muerto el cual es una especie no retenida, que en este caso es el solvente utilizado para disolver la muestra.

El tiempo de retención en el cual el equipo identifica el ácido ftálico es aproximadamente de 15.6 minutos

1.2.2 Resultados. Los resultados obtenidos de la técnica de cromatografía líquida (HPLC) se muestran en el Cuadro 1, todos los espectros obtenidos por esta técnica así como los parámetros en los cuales funcionó el cromatógrafo Shimadzu pueden ser consultados en el anexo A.

Cuadro 1. Resultados pureza ácido ftálico

Ensayo	Método	Muestra	Resultado % de Pureza
Tratamiento preliminar de la muestra, extracción y determinación de pureza del ácido ftálico por HPLC.	Cromatografía líquida de Alta Resolución (HPLC), Columna Shodex, detector UV-VIS con arreglo de diodos	Muestra 1-1	88.978 %
		Muestra 1-2	88.917 %
		Muestra 1- 3	89.380 %
		Promedio	88.758 %
		Desviación estándar	0.715
		%RSD	0,805%

Como se ve en el Cuadro 1 se realizaron tres inyecciones al equipo el cual arrojó tres datos de pureza similar en donde finalmente se tomó un promedio de los tres, también se ven datos de desviación estándar y %RSD.

Finalmente se conoce que el ácido ftálico que produce actualmente IQN S.A.S. a partir de ftalato de sodio (SAP) tiene una pureza del 88,758%, valor que espera aumentarse con los tratamientos propuestos en el capítulo 2.

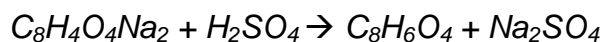
2. EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE SEPARACIÓN PARA EL FTALATO DE SODIO

En este capítulo se explicará de forma detallada todo el diseño experimental que se tuvo en cuenta para realizar el método de separación adecuado para el ftalato de sodio. Para ello se realizaron pruebas de solubilidad de un blanco preparado de ftalato de sodio en agua y etanol, pruebas de solubilidad para el SAP en agua y etanol y una prueba de coagulación, tres tratamientos diferentes, cada uno con el fin de remover la mayor cantidad de impurezas alojadas en el SAP que posee IQN S.A.S. Adicionalmente se realizaron 3 propuestas para llevar a cabo el proceso de separación, para cada una se hicieron los cálculos de porcentaje de extracción de la reacción y finalmente se realizó un análisis general teniendo en cuenta ventajas y desventajas de cada propuesta para finalmente tomar la decisión de cuál de ellas es más viable para IQN S.A.S.

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL ÁCIDO FTÁLICO EN IQN S.A.S.

El SAP es enviado desde los tanques de almacenamiento hacia un mezclador que trabaja a una temperatura de 60 °C y a una presión atmosférica, en este equipo se mezcla el SAP con una cantidad de agua en una relación de 1:2. La corriente que se obtiene de este equipo es enviada a una etapa de filtración en donde se retira una cantidad de impurezas con el fin de mejorar la pureza del ácido ftálico.

La solución de SAP resultante de la etapa de filtración es llevada a un reactor al cual se le agrega ácido sulfúrico al 98% para que ocurra esta reacción:



Donde se obtiene PA en estado sólido y el bisulfato de sodio se obtiene en solución, por esta razón es necesario llevar esta corriente a un filtro prensa que separa el PA de la solución de bisulfato. El PA se envía a un mezclador en el cual se agrega agua a 90°C para que el ácido se solubilice completamente ya que la solubilidad de este es muy baja, luego a la corriente resultante se agrega carbón activado y es llevada a un filtro prensa encargado de retirar el carbón activado con una cantidad de impurezas que perjudican el color del PA.

De la etapa anterior se obtiene una mezcla homogénea de PA a la cual se le disminuye la temperatura por medio de agua de enfriamiento que circula por la chaqueta del tanque de enfriamiento con el fin de que el PA precipite en forma de cristales y así llevarlo a un filtro prensa el cual separa las dos fases.

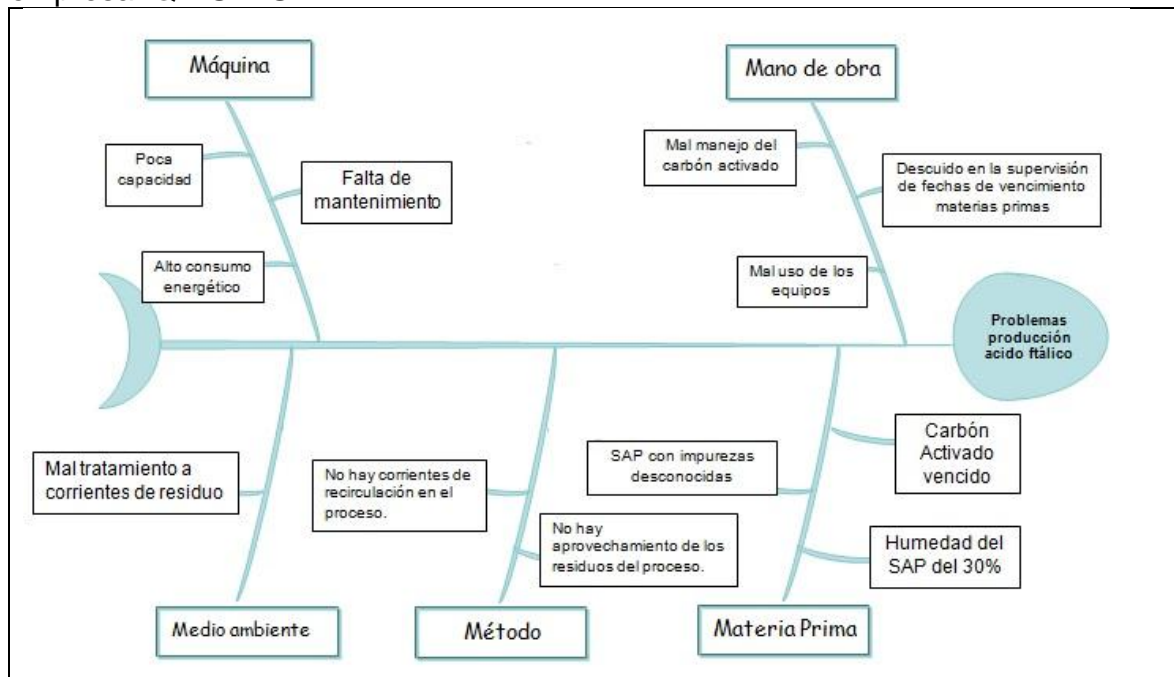
La corriente resultante de esta etapa es PA en forma de cristales pero con una humedad del 40% por esta razón es necesario llevarlo a un horno secador el cual permite que se obtenga los cristales de PA secos.

2.2 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL ÁCIDO FTÁLICO EN IQN S.A.S.

Antes de realizar el diseño experimental fue necesario realizar un breve análisis de la situación actual del proceso de producción de ácido ftálico a partir de ftalato de sodio en la empresa IQN S.A.S. con el fin de obtener información que permita identificar las causas principales del problema de calidad del ácido ftálico producido hoy en día en la empresa.

2.2.1 Diagrama causa- efecto del proceso de producción de ácido ftálico en IQN S.A.S. Para lo mencionado anteriormente se optó por realizar un modelo básico de diagrama de espina de pescado en el cual se analiza un problema Central: los problemas en la producción de ácido ftálico. De esta espina principal se desprenden sus causas principales como se muestra en la Figura 6.

Figura 6. Diagrama espina de pescado para la producción de ácido ftálico en la empresa IQN S.A.S.



En la Figura 6 .se muestran las causas del problema de producción de ácido ftálico, identificando que la causa principal es la materia prima utilizada en el proceso, ya que ésta es extraída de una corriente secundaria de otro proceso,

esta se encuentra muy contaminada por lo cual es necesario realizar un tratamiento a este SAP.

Con el fin de tratar la materia prima se realizó el diseño experimental del proyecto, ejecutando pruebas de solubilidad en agua, etanol y pruebas con variación de pH que se explicarán posteriormente en el desarrollo de este trabajo.

2.3 PRUEBAS PRELIMINARES PARA DETERMINAR LA TÉCNICA DE SEPARACIÓN DEL FTALATO DE SODIO

Debido a que en la literatura no se encuentra información exacta relacionada con la solubilidad del ftalato de sodio fue necesario realizar pruebas en laboratorio con el fin de obtener información acerca de la solubilidad de esta sal tanto en agua como en solvente orgánico, en este caso se tomó etanol para hacer esta experimentación.

Dichas pruebas se llevaron a cabo con un ftalato de sodio puro preparado a partir de anhídrido ftálico puro almacenado en la empresa IQN S.A.S.

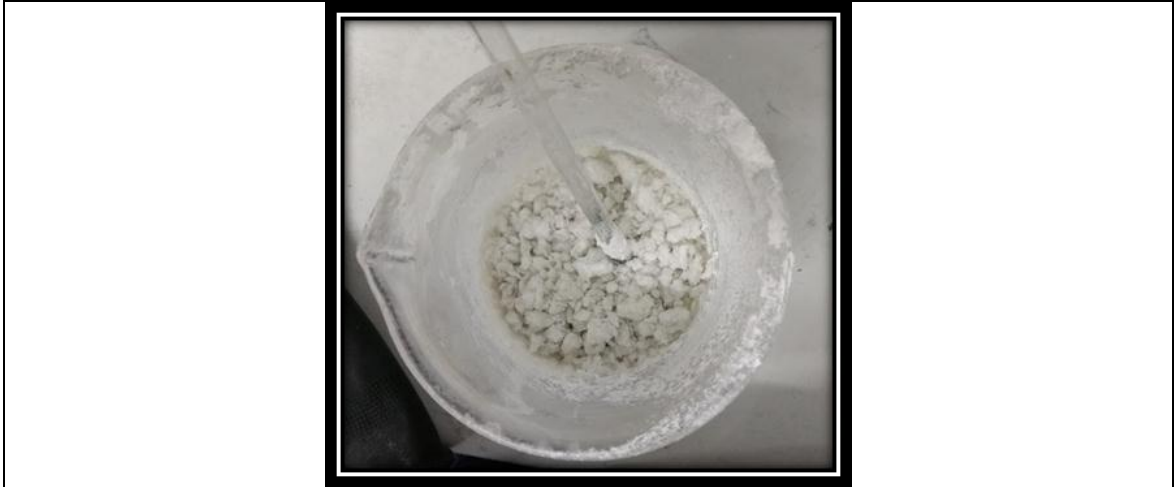
2.3.1 Pruebas de solubilidad para ftalato de sodio preparado en agua. El procedimiento realizado consta de los siguientes pasos, este procedimiento se realizó a una temperatura de 25°C.

1. Pesar 100g de anhídrido ftálico en una balanza analítica.
2. Agregar agua caliente hasta solubilizar completamente el anhídrido ftálico y con ello realizar una hidrólisis ácida para obtener ácido ftálico en solución.
3. Agregar 35ml de NaOH hasta llegar a un pH de 13 (pH en el cual se encuentra el SAP utilizado en IQN S.A.S.) para formar ftalato de sodio en solución.
4. Evaporar el agua presente en la mezcla a una temperatura de 100 grados centígrados aproximadamente para obtener dicha sal¹² (Figura 7.).

El pH en el paso 3 fue medido utilizando papel indicador universal pH 0-14 MERCK

¹² ENTREVISTA con Luis Fernando Suarez, Gerente de IQN S.A.S. Bogotá. 16 de agosto del 2016.

Figura 7. Ftalato de sodio obtenido experimentalmente



A este ftalato de sodio se le realizó una prueba de solubilidad en agua con el fin de obtener un dato experimental sobre este, para ello se tomaron 10 gramos de sal y se disolvieron en 20 ml, 40 ml, 50 ml, 60ml, 80 ml y 100 ml.

El resultado encontrado (Figura 8.) fue que en todas las diluciones el ftalato de sodio se solubilizó completamente en el disolvente, lo cual quiere decir que ésta sal es completamente a fin con el agua.

Figura 8. Resultados prueba experimental de solubilidad Ftalato de sodio



Gracias a esta prueba se comprobó que el ftalato de sodio puro bajo cualquier relación de agua es totalmente soluble ya que como se observa en la Figura 8. Toda la sal agregada quedó disuelta en las relaciones mencionadas anteriormente.

2.3.2 Pruebas de solubilidad para ftalato de sodio preparado en etanol. El ftalato de sodio preparado se hizo tomando como base el mismo procedimiento realizado en el numeral 2.3.1

A este ftalato de sodio se le realizó una prueba de solubilidad en etanol con el fin de obtener un dato experimental sobre este, para ello se tomaron 10 gramos de sal y se disolvieron en 20 ml, 40 ml, 50 ml, 60ml y 80 ml.

El resultado de esta experimentación se muestra en la Cuadro 2. Y la Figura 9.

Cuadro 2. Resultados prueba de laboratorio Ftalato de sodio preparado en etanol

Etanol (ml)	20 ml	40 ml	50 ml	60 ml	80 ml
Ftalato Sodio sin disolver (g)	8,59	7,97	8,24	8,84	10,56

Figura 9. Resultados prueba de solubilidad en etanol de Ftalato de sodio preparado



La solubilidad del ftalato de sodio no pudo ser determinada mediante ésta experimentación debido a que se cometió un error en el procedimiento, al no secar el filtrado obtenido, los resultados en cada una de las relaciones no permiten analizar el comportamiento del ftalato de sodio en etanol, por lo tanto, se tomará para éste trabajo la solubilidad del ftalato de potasio (KHP) en solvente orgánico (poco soluble)¹³ como dato de referencia para el método de separación del SAP con solvente orgánico.

2.4 MÉTODOS DE SEPARACIÓN DEL FTALATO DE SODIO APLICADOS EN IQN S.A.S.

Anteriormente se llevaron a cabo dos pruebas de solubilidad del ftalato de sodio puro ya que en la literatura no se pudo evidenciar un dato experimental de ésta.

¹³ ALFAAESAR. Catalogo Recuperado del sitio Web < <https://www.alfa.com/es/catalog/033351/> > Con acceso el [20/07/2016]

Por tal razón fue necesario realizar varias pruebas de solubilidad a esta sal con impurezas con el fin de determinar la cantidad exacta de agua que se necesita para diluir el SAP completamente en agua y así asegurar que el residuo que se obtiene de este tratamiento sean impurezas no solubles en agua que están presentes en esta corriente.

2.4.1 Separación con agua para el SAP proveniente de corrientes secundarias de proceso de IQN S.A.S. Para lo anterior fue necesario seguir el siguiente procedimiento, la temperatura a la cual se realizó este procedimiento fue de 25 °C.

1. Se tomaron 100 gramos del SAP proveniente de los tanques de almacenamiento de IQN S.A.S.
2. Se procedió a hacer 7 pruebas de dilución variando la cantidad de agua de la siguiente manera: 200ml, 400ml, 500ml, 600ml, 800ml, 1000ml y 1200ml.
3. Estas diluciones se realizaron a temperatura ambiente y con agitación constante por 6 minutos
4. Aproximadamente 10 minutos después de realizar la dilución y la agitación, se realizó una filtración con papel filtro.
5. Secar el filtrado obtenido y pesar.

Los resultados para cada una de las 7 pruebas realizadas anteriormente fueron los siguientes:

Tabla 2. Resultados prueba de solubilidad SAP en agua

Cantidad de SAP (g)	Volumen Agua (ml)	Cantidad de Filtrado (g)	Cantidad de SAP en solución (g)
100	200	23,53	76,47
100	400	9,50	90,50
100	500	7,19	92,81
100	600	6,60	93,40
100	800	5,81	94,19
100	1000	5,50	94,50
100	1200	5,42	94,58

La cantidad de SAP en solución fue obtenido de la siguiente forma:

$$\text{Cantidad de SAP en solución} = \text{Cantidad de SAP} - \text{Cantidad de filtrado}$$

En la Tabla 2. Se deduce que entre un volumen de agua de 800ml y 1200ml no existe una gran diferencia en el peso final de SAP en solución, es decir, que para obtener una mayor cantidad de ftalato de sodio se requiere como mínimo utilizar una relación de 1:8. Por lo tanto se concluye que para realizar un buen tratamiento y separar la mayor cantidad de impurezas se requiere una relación de 1:8 a 1:10 de agua para que el SAP se solubilice completamente.

En la Figura 10. Se observa la coloración de cada solución después de cada prueba en donde se logra apreciar la diferencia de tonalidades de color entre cada variación de agua, en donde finalmente se logra estabilizar entre 800ml y 1200ml de agua.

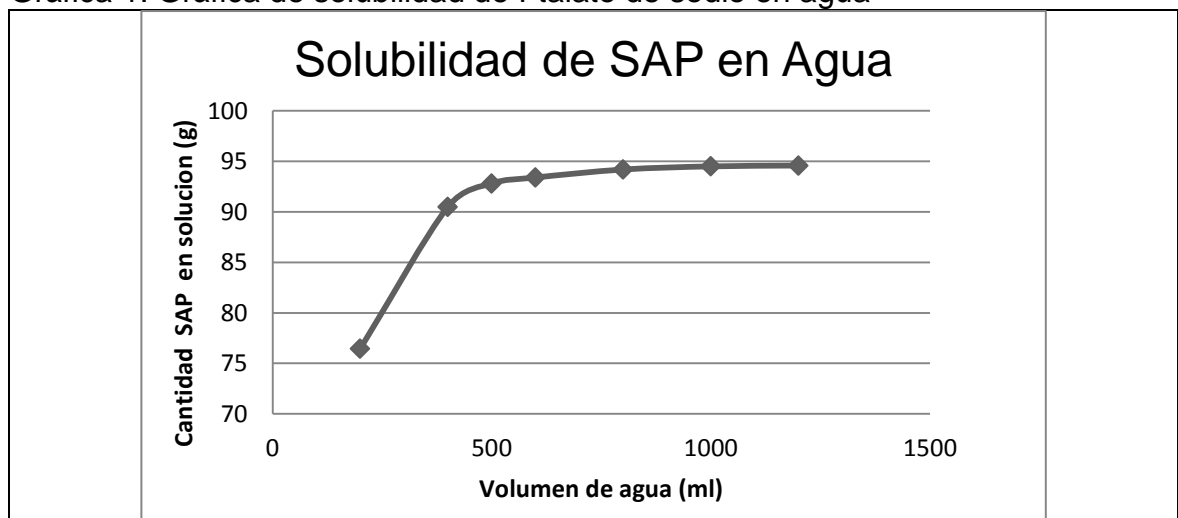
Figura 10. Soluciones de Ftalato de sodio a diferentes cantidades de agua



Gracias a esta prueba se comprobó que el SAP que posee IQN S.A.S. en sus bodegas efectivamente tiene impurezas y que al mezclar esta sal con agua el ftalato de sodio se solubilizará completamente y las impurezas no afines con el agua quedarán separadas de éste.

Adicionalmente se realizó una curva de solubilidad para esta experimentación la cual se muestra en la Gráfica 1.

Gráfica 1. Gráfica de solubilidad de Ftalato de sodio en agua



Como se mencionaba anteriormente y de acuerdo a la Gráfica 1. La cantidad óptima de agua que debe agregarse debe ser entre 1:8 y 1:10, ya que al agregar una cantidad menor a esta se estaría perdiendo ftalato de sodio al haber mayor impurezas, mientras que al adicionar más cantidad a la óptima se estaría llegando a un exceso innecesario de agua lo cual generaría mayores costos.

Las anteriores pruebas de laboratorio demostraron que la relación en la cual se solubiliza la mayor cantidad de ftalato de sodio en agua y se remueven la mayor cantidad de impurezas insolubles en agua fue la relación de 1:8 o 1:6; pero para la elaboración de la propuesta se tuvo en cuenta diferentes criterios que son fundamentales para el escalamiento de este proceso a nivel industrial. Estos criterios son los siguientes:

1. Rentabilidad ya que si se agrega una mayor cantidad de agua habrá mayor costo en los servicios auxiliares y además de esto los equipos aumentarán en su tamaño para poder cumplir la demanda mensual. Lo cual es difícil ya que el lugar no nos permite dimensionar equipos de gran tamaño.
2. Formación de subproducto en la reacción principal se produce bisulfato de sodio el cual al ser neutralizado produce sulfato de sodio este subproducto es muy utilizado en la industria de aseo. Si se aumenta la cantidad de agua ésta sal quedaría en estado líquido ya que no cristalizaría por la gran cantidad de agua que contiene. A menor cantidad de agua mayor cantidad de sulfato de sodio que precipitara.

Por los anteriores criterios se ha tomado una relación de 1:2 para la elaboración de las propuestas de separación.

2.4.2 Separación con etanol para el SAP proveniente de corrientes secundarias de proceso de IQN S.A.S. El SAP proveniente de corrientes secundarias de procesos elaborados en IQN S.A.S. contiene trazas de plastificante, se conoce que los plastificantes pueden contener ésteres dibásicos, alifáticos o aromáticos, diésteres glicólicos derivados de ácidos monobásicos, poliésteres lineales, glicéridos epoxidados hidrocarburos aromáticos de monoésteres, así como hidrocarburos alifáticos clorados¹⁴.

Por lo tanto se consideró adecuado realizar una separación primaria de estas posibles impurezas mediante un solvente orgánico, entre las opciones estaba metanol, etanol e isopropanol. De estos solventes se seleccionó el etanol debido a

¹⁴ ARAUJO CASTRO, Víctor Hugo. Estudio comparativo de la adición de cargas secuestrantes para evitar la migración de plastificantes a la superficie de PVC: Generalidades. México D.F. 2007. trabajo de grado (Ingeniero químico industrial). Instituto politécnico nacional.

que el metanol es perjudicial para la salud y controlado por el ministerio de justicia y del derecho al igual que el isopropanol¹⁵.

Para ello se realizó 5 pruebas de solubilidad de la siguiente manera:

1. Pesar 100g de SAP en una balanza analítica
2. Agregar etanol variando la cantidad de este en cada prueba de la siguiente manera: 200ml, 400ml. 500ml. 600ml. 800ml
3. Realizar las diluciones a temperatura ambiente y con agitación constante por 6 minutos.
4. Filtrar la mezcla y pesar la cantidad de SAP obtenida¹⁶.

En la Tabla 3. Se observan los resultados obtenidos en la prueba de solubilidad de 100 gramos de sal:

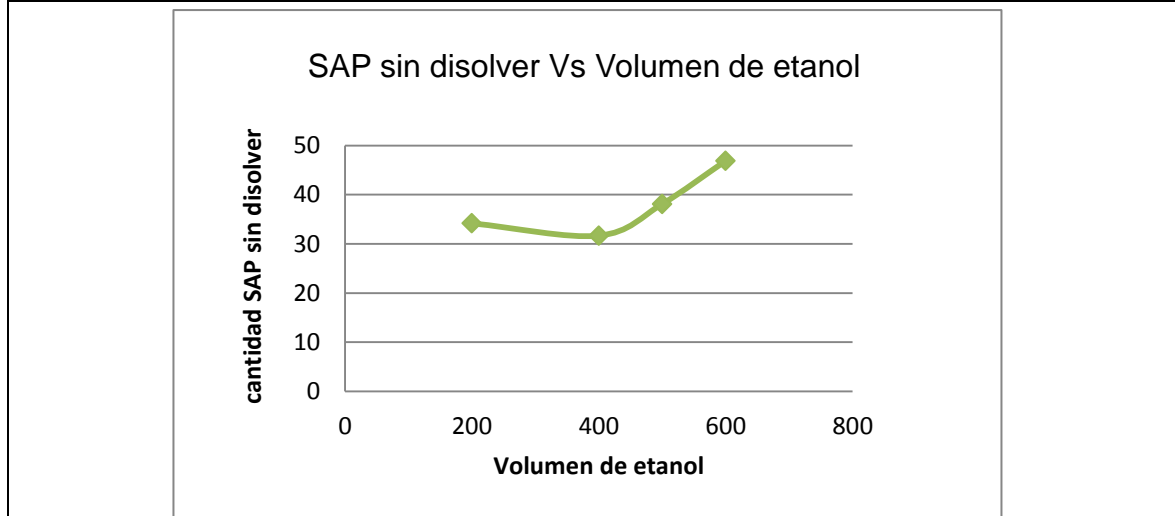
Tabla 3. Resultados de solubilidad de SAP en etanol

Cantidad SAP inicial (g)	Volumen Etanol (ml)	Cantidad SAP final (g)
100	200	34,17
100	400	31,17
100	500	38,13
100	600	46,91
100	800	57,22

¹⁵ NORMOGRAMA DEL MINISTERIO DE JUSTICIA Y DEL DERECHO. Decreto 2530 del 2009. Bogotá: MINJUSTICIA, 2009. Recuperado del sitio Web <http://www.minjusticia.gov.co/portals/0/MJD/docs/pdf/decreto_2530_2009.pdf> Con acceso el [10/02/2017]

¹⁶ ENTREVISTA con Luis Fernando Suarez, Gerente de IQN S.A.S. Bogotá. 23 de agosto del 2016.

Gráfica 2. Gráfica de solubilidad de SAP con impurezas en etanol



Debido a que en el procedimiento descrito anteriormente, no se realizó una etapa de secado al filtrado obtenido en cada una de las relaciones de etanol, no es posible determinar la curva de solubilidad que describa el comportamiento del SAP en un solvente orgánico, en este caso etanol.

Por esta razón, para implementar este tratamiento al SAP para la producción de ácido ftálico se tomó el mismo comportamiento del Ftalato de potasio en etanol, como se mencionó en el numeral 2.3.2.

2.4.3 Separación terciaria, relación pH con impurezas. Aún después de los tratamientos realizados al SAP anteriormente algunas impurezas quedan suspendidas en la solución debido a que son partículas muy pequeñas con gran fuerza de repulsión entre ellas, por esta razón no pueden ser separadas mediante métodos de separación como decantación o filtración, por ello es necesario realizar un tratamiento adicional basándonos en el principio de la coagulación. En el área de tratamiento de aguas es común utilizar un coagulante con el fin de desestabilizar los coloides o impurezas presentes en el agua, además de mantener un pH óptimo para que este proceso se lleve a cabo con éxito.

En el caso del SAP fue necesario realizar un tratamiento semejante al test de jarras el cual es un procedimiento de laboratorio para determinar condiciones óptimas de funcionamiento para el agua realizando ajustes en pH y en las dosis de coagulante¹⁷, para realizar esta separación, solamente se disminuyó el pH

¹⁷ SENA PTAS MOSQUERA. Marco doctrinal. Recuperado del sitio Web < ptasmosquera.orgfree.com/imagenes/documentos/PRUEBA%20DE%20JARRAS.docx > Con acceso el [23/09/2016]

presente en la solución hasta encontrar por medio de la experimentación el punto dieléctrico en el cual la mayor cantidad de coloides o impurezas precipitan.

El procedimiento a realizar fue el siguiente:

1. Pesar 37,72g de SAP en una balanza analítica.
2. Adicionar 300ml de agua y mezclar.
3. Agitar durante 6 minutos
4. Disminuir pH utilizando solución acida hasta 12, 10, 8 y 6.
5. Filtrar
6. Secar papel filtro con impurezas
7. Pesar impurezas en balanza analítica¹⁸.

Se tomó una cantidad de 37.72 g debido a que se tenían 200 g de SAP disponibles para esta experimentación.

Los resultados obtenidos de la cantidad de impurezas precipitadas en relación con el valor de pH se identifican en la Tabla 4.

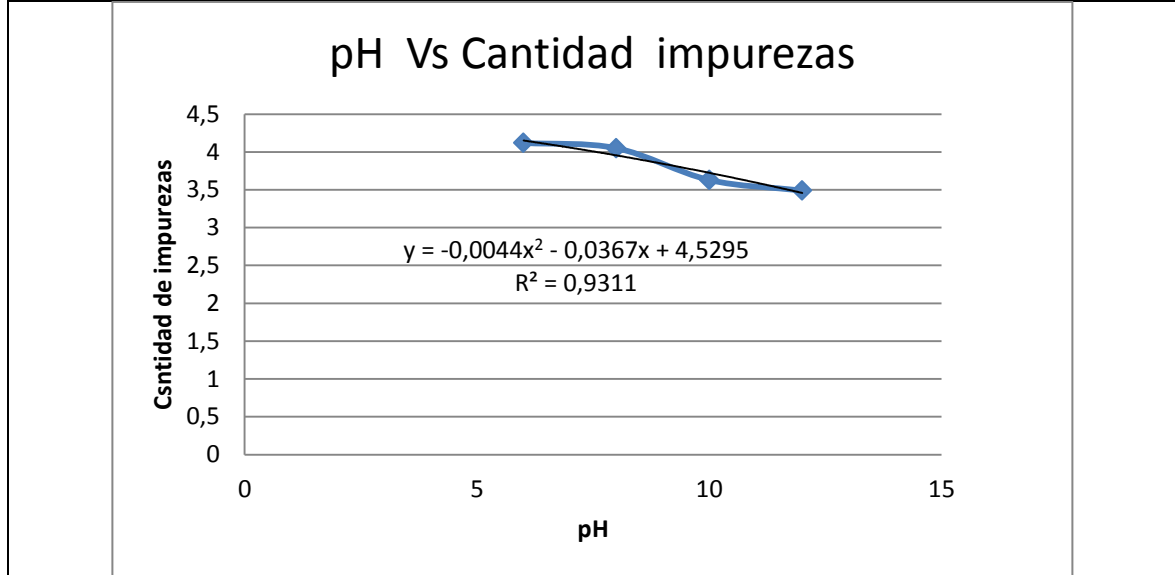
Tabla 4. Resultados de cantidad de impurezas precipitadas en relación con el valor de pH

Cantidad Ftalato sodio inicial (g)	pH	Solución ácida (ml)	Cantidad impurezas precipitadas (g)
37,72	12	20	3,49
37,72	10	70	3,63
37,72	8	135	4,05
37,72	6	220	4,12

En la siguiente gráfica se muestra que la ecuación que describe el comportamiento de la relación de la cantidad de impurezas y del valor del pH es polinómica. Los resultados se pueden observar en la Gráfica 3.

¹⁸ BEDOYA CASTRILLON, Daniela. GIRALDO, María de los Ángeles : Determinación de las dosis optimas del coagulante sulfato de aluminio granulado tipo B en función de la turbiedad y el color para la potabilización del agua en la planta de tratamiento de villa Santa Ana. Pereira, 2012, 85 h. Trabajo de grado (Tecnólogo químico).Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de tecnología.

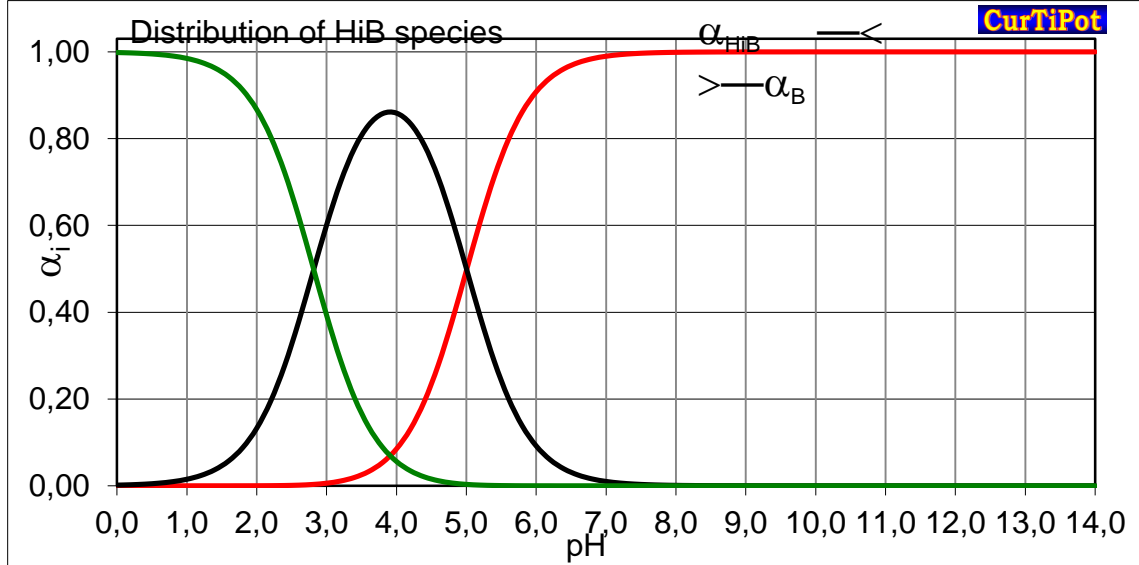
Gráfica 3. Gráfica de relación de gramos de impurezas con el valor del pH



Gracias a estos resultados se encontró que efectivamente al disminuir el valor del pH en la solución se logra una coagulación, la cual se ve favorecida entre más solución ácida sea agregada, es decir a un pH menor.

El tope máximo para este experimento fue un pH de 6 debido a que a un valor de pH menor a este, es posible que se empiece a generar ácido ftálico como se puede observar en la Gráfica 5. La cual muestra la distribución de especies del ácido ftálico, en esta se muestran tres curvas de distinto color. La curva de color verde es la curva del ácido ftálico y muestra que a un pH entre 5 y 6 se produce una mínima cantidad de este pero a un pH de 0 se produce gran cantidad de ácido ftálico, la curva de color negro es la curva del ftalato monosódico y se puede observar que este se genera entre un pH de 7 y un pH de 1, también se observa que a un pH de 3 se produce la mayor cantidad, la curva de color Rojo es la curva del ftalato disódico y se muestra en la gráfica que este se genera entre un pH de 4 y un pH de 14, se observa que a un pH de 14 se produce la mayor cantidad de ftalato disódico.

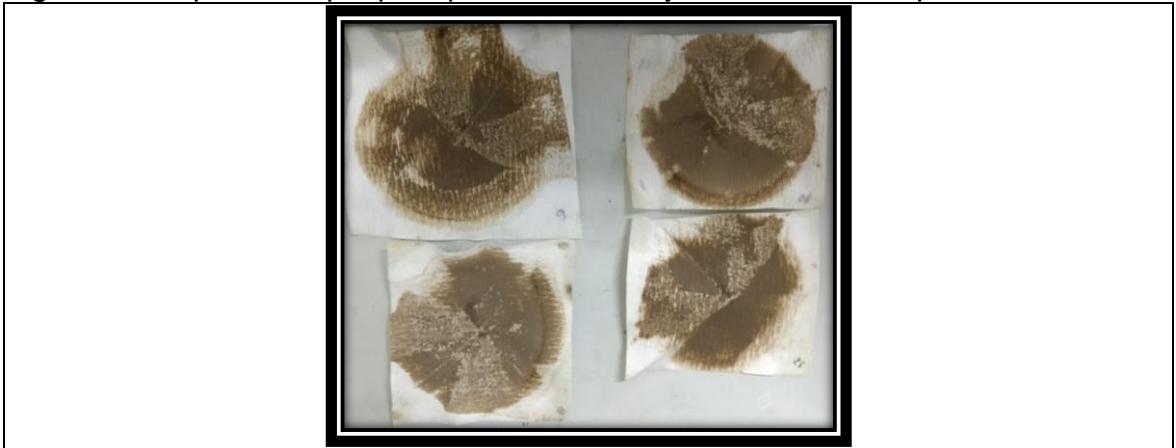
Gráfica 4. Distribución de formación de especies para el ácido Ftálico



Fuente: Curtipot

A estas impurezas que precipitaron (Figura 11.) se les disminuyo el pH hasta 1 con el fin de garantizar que aquello que precipito efectivamente fueran impurezas y no SAP sin disolver en el agua. Los resultados fueron positivos debido a que en ningún momento se produjo acido ftálico, lo cual quiere decir que en ese precipitado no hay presencia de SAP.

Figura 11. Impurezas que precipitaron disminuyendo el valor de pH



Finalmente se concluyó que es necesario realizar esta etapa de tratamiento porque estas impurezas alojadas en la solución disminuyen notablemente la calidad y pureza del ácido ftálico que se va a producir posteriormente en el proceso.

2.5 PROPUESTAS DE SEPARACIÓN PARA FTALATO DE SODIO

Las siguientes propuestas fueron elaboradas basándose de las pruebas desarrolladas anteriormente, se procedió a realizar las separaciones por solubilidades ya que es la manera menos costosa de separar estas impurezas del producto de interés. Se llevaron a cabo 3 propuestas distintas las cuales son descritas a continuación.

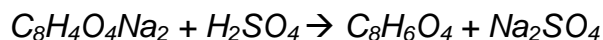
La primera propuesta es la actualmente realizada en IQN S.A.S.; la segunda propuesta es aplicando la separación por solubilidad en agua y la separación por coagulación y la última propuesta es aplicando todas las separaciones anteriormente descritas.

2.5.1 Propuesta de IQN S.A.S. El SAP (Figura 12.) es enviado desde los tanques de almacenamiento a un mezclador en donde se agrega agua con el fin de disolver completamente la sal y con esto separar aquellas impurezas no solubles en agua.

Figura 12. SAP

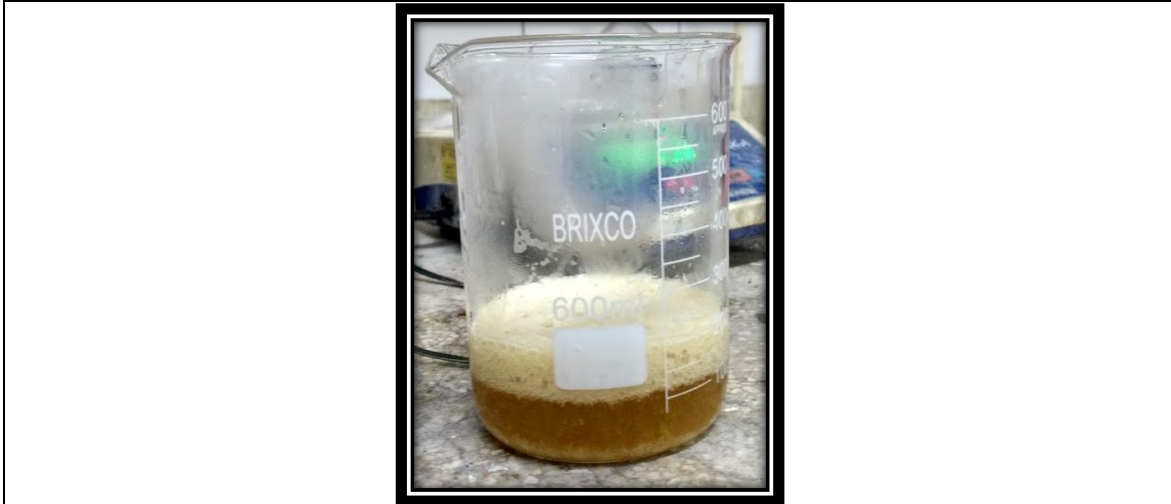


La solución mencionada anteriormente es ingresada a un reactor en el cual se agrega ácido sulfúrico (98% pureza) para que ocurra la siguiente reacción:



Una vez ocurrida la reacción, el ácido ftálico producido precipita y la solución obtenida contiene bisulfato de sodio (Figura 13.). Esta mezcla heterogénea pasa por un filtro prensa donde se obtiene por un lado el ácido ftálico y por el otro lado el bisulfato de sodio, el cual es neutralizado con hidróxido de sodio a un pH de 7 para producir sulfato de sodio, materia prima de interés para la industria.

Figura 13. Mezcla de ácido ftálico y solución de bisulfato de sodio



El ácido ftálico que precipitó es enviado al mezclador que trabaja a una temperatura de 90 grados centígrados en donde se agrega agua en una relación de 1:10.

Una vez que la solución se homogeniza, se agrega carbón activo para purificar el ácido ftálico (Figura 14.) y se realiza una nueva filtración en caliente, de ésta manera la solución filtrada es almacenada en un tanque de enfriamiento en donde ocurre la cristalización del ácido ftálico.

Los cristales obtenidos se pasan por una última filtración en donde posteriormente se lavan y se llevan a un horno para secarlos.

Figura 14. Ácido ftálico obtenido con la propuesta de IQN S.A.S.

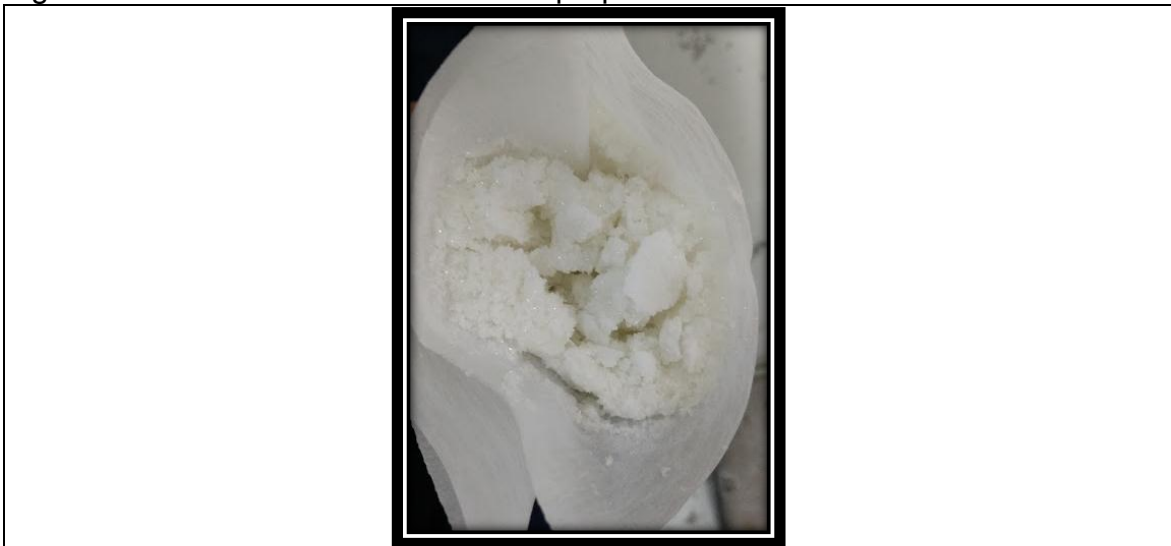
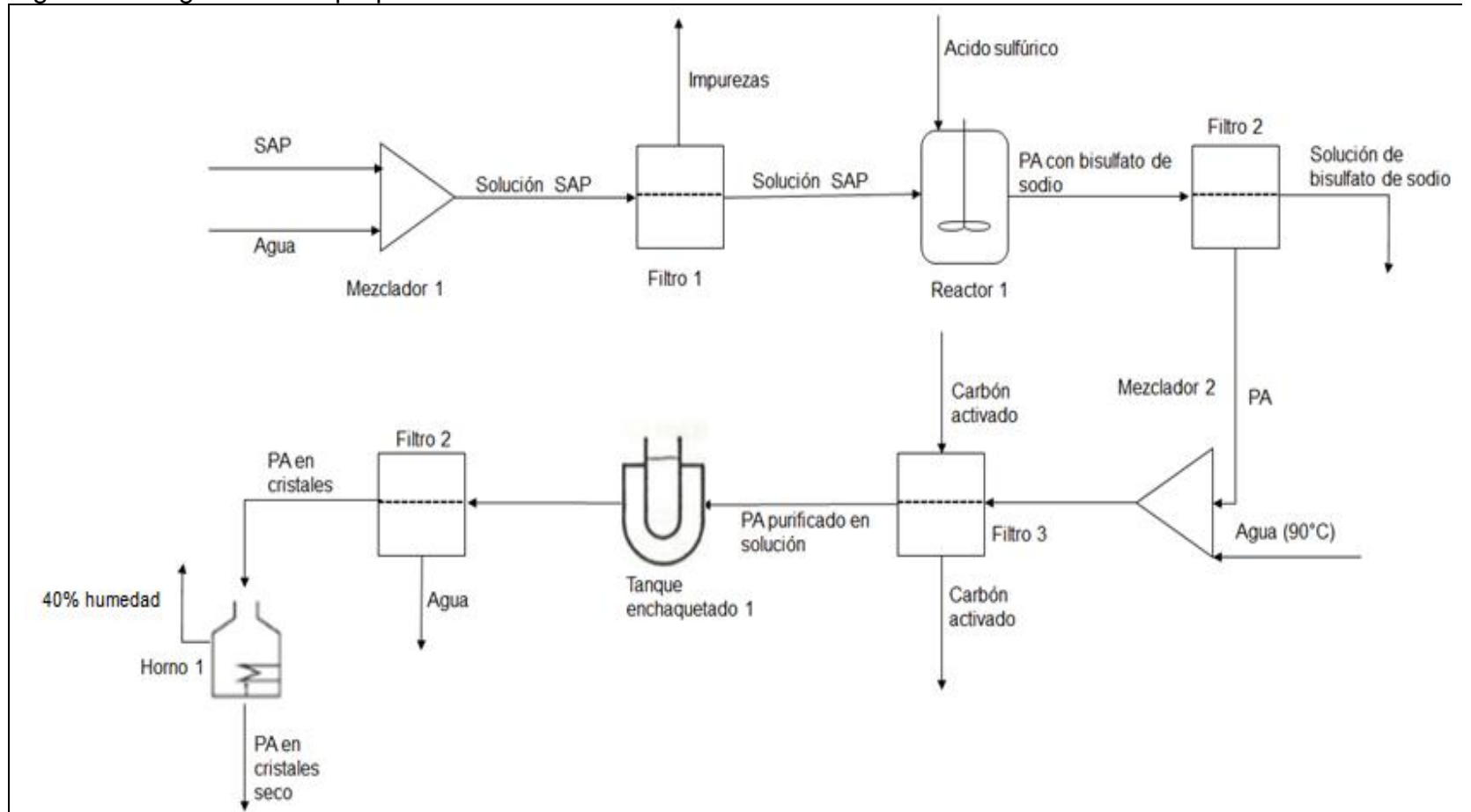


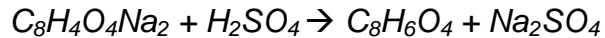
DIAGRAMA DE PROPUESTA DE IQN S.A.S.

Figura 15. Diagrama de la propuesta de IQN S.A.S.



Para la propuesta anterior se realizará un porcentaje de extracción ya que no es posible hallar el rendimiento debido a que no se conoce la cantidad de ftalato de sodio presente en la corriente a tratar.

PORCENTAJE DE EXTRACCIÓN PROPUESTA DE IQN S.A.S.



SAP= 200g

Ácido ftálico obtenido= 100 g

$$\% \text{ Extracción} = \left(\frac{(\text{cantidad obtenida de ácido ftálico}) \times (\text{pureza})}{\text{cantidad de SAP}} \right) \times 100$$

$$\% \text{ Extracción} = \frac{(100 \text{ g ácido ftálico}) \times (0,8875)}{200 \text{ g SAP}} \times 100$$

$$\% \text{ Extracción} = 44,375\%$$

En la propuesta de IQN S.A.S. se obtuvo un porcentaje de 44,375%, es decir, de una cantidad determinada de SAP se obtiene el 44,375% de ácido ftálico luego del proceso de purificación.

2.5.2 Propuesta 2. El SAP (Figura 16.) es extraído de los tanques de almacenamiento en donde se encuentra a unas condiciones de humedad del 30% y un pH de 13, el siguiente paso es pesar la cantidad de sal a transformar en el proceso y una vez pesado ser enviado a un mezclador en donde se agrega agua a una temperatura de 60°C con el fin de separar aquellas impurezas no solubles en ella.

Figura 16. SAP extraído de los tanques de almacenamiento



A esta mezcla le entra una corriente de recirculación de solución ácida proveniente de una parte posterior del proceso para lograr un pH de 6 y con esto generar un precipitado que contiene gran cantidad de impurezas que perjudican la calidad del producto.

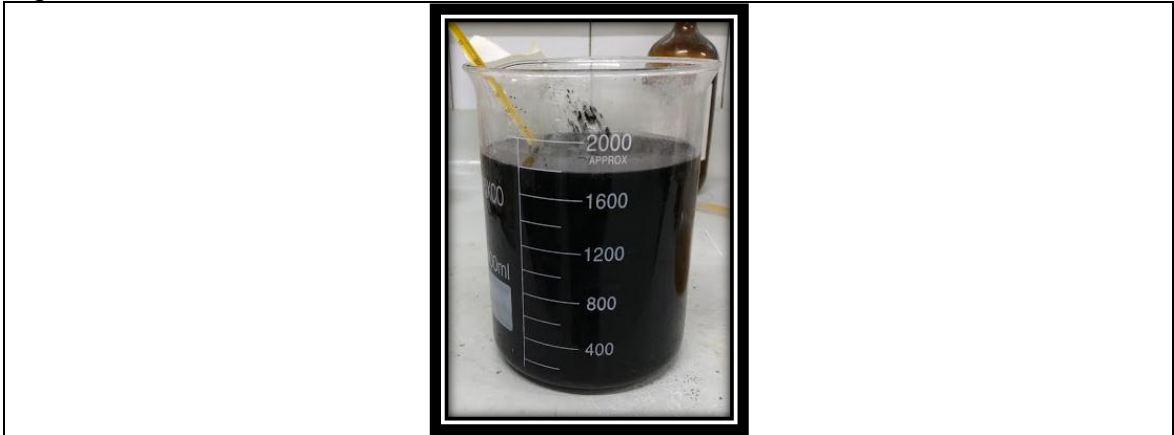
Figura 17. Impurezas precipitadas a un valor de pH de 6



Al igual que en pasos anteriores es necesario filtrar esta solución para retirar aquellas impurezas que precipitaron porque debido al color que presentan (ver Figura 17.), estas pueden afectar la calidad del ácido ftálico a producir, formando en él una coloración amarilla y por lo tanto disminuyendo la pureza del ácido ftálico.

La nueva solución es tratada con carbón activo para remover compuestos orgánicos que pueden provocar color y olor no deseado en el proceso. (Figura 18.).

Figura 18. Solución con carbón activo



Una vez toda la solución está completamente homogénea es llevada a un filtro prensa para retirar el carbón y continuar con la siguiente etapa del proceso.

Figura 19. Solución obtenida después de filtrar con carbón activo



Éste ftalato de sodio tratado es llevado a un reactor Batch con agitación constante en el cual se le disminuye su pH hasta aproximadamente 0 utilizando ácido sulfúrico en una relación de 1 a 1 con la solución de ftalato de sodio que entra al reactor (ver Figura 19.) Para que se forme ácido ftálico en forma de precipitado (producto de interés para IQN SAS) de la siguiente manera:

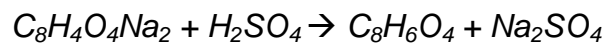


Figura 20. Ácido Ftálico precipitado



Una vez ocurrida la reacción, el ácido ftálico producido precipita y la solución que se obtiene contiene bisulfato de sodio (Figura 20.).

Ésta mezcla heterogénea pasa por un filtro prensa donde se obtiene por un lado el ácido ftálico y por el otro lado el bisulfato de sodio (Figura 21.).

Figura 21. Solución con Bisulfato de sodio



Una parte de la solución de bisulfato de sodio es recirculada a la primera etapa del proceso, en la cual se disminuye el pH de la solución de ftalato de sodio a 6 y la otra parte de la solución es neutralizada a pH 7 con hidróxido de sodio, con el fin de formar sulfato de sodio (ver Figura 22.). El sulfato de sodio se vende como subproducto aportando una entrada de ingresos adicionales a IQN SAS.

Figura 22. Sulfato de sodio



El ácido ftálico que se filtró es enviado a un mezclador en donde se lleva a cabo una purificación. Al ácido se le agrega agua a una temperatura de 90°C en una relación de 1:3 aproximadamente, con el fin de que se solubilice completamente, debido a que la solubilidad del ácido ftálico en agua es muy baja (0,7 g/100mL). Una vez que la solución se homogeniza se agrega carbón activo para purificar el ácido ftálico y se realiza la última filtración en caliente, de esta manera la solución filtrada es almacenada en tanques donde ocurre la cristalización del ácido ftálico (Figura 23.).

Figura 23. Ácido ftálico cristalizado en solución



Finalmente cuando el ácido ftálico ha cristalizado en su totalidad luego de pasar de 90 °C a temperatura ambiente, es filtrado y secado en un horno. El ácido ftálico obtenido para esta propuesta 2 se observa en la Figura 24.

Figura 24. Acido Ftálico propuesta 2

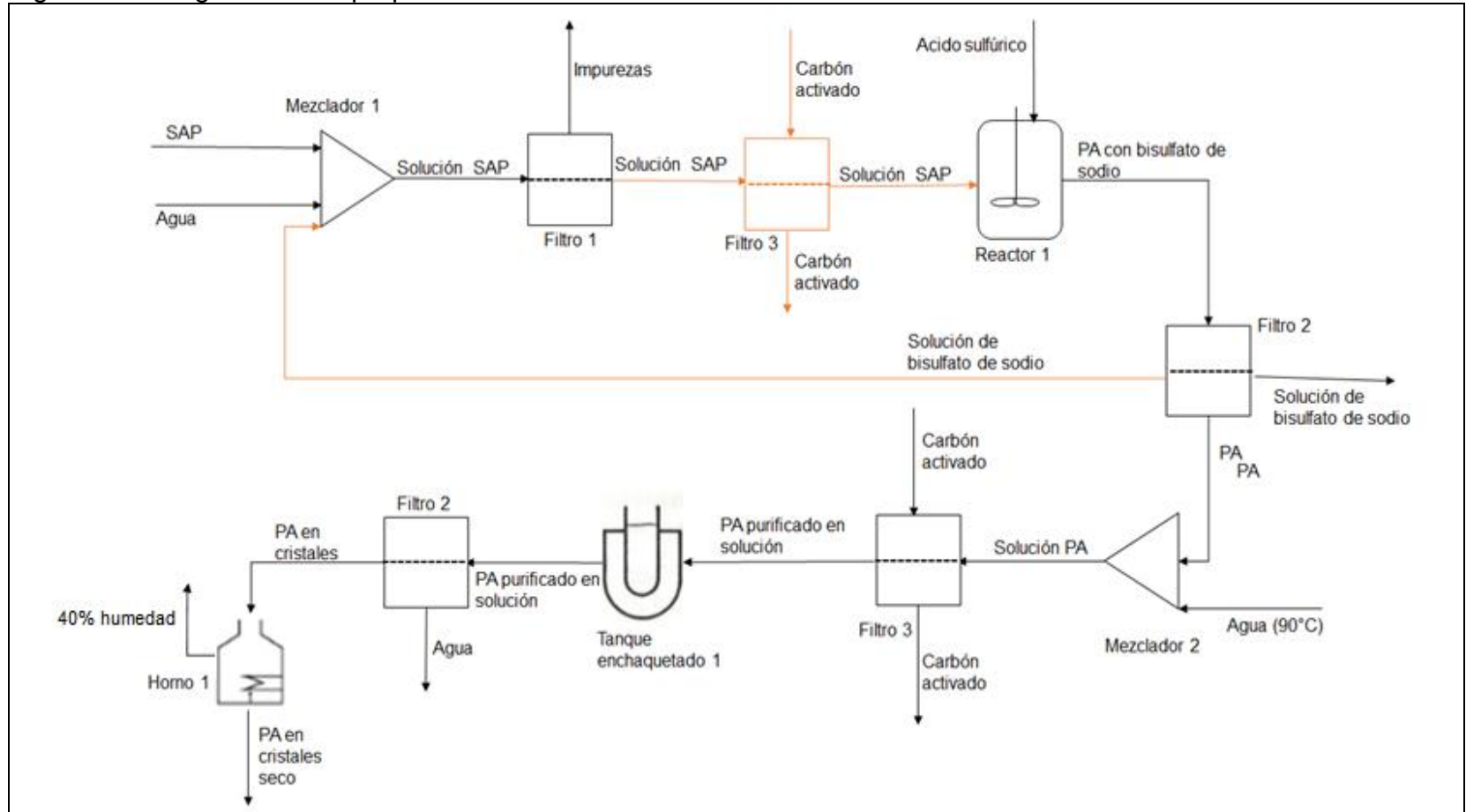


A diferencia de la propuesta de IQN S.A.S. Se tuvieron en cuenta dos criterios para la elaboración de la propuesta 2, los cuales fueron:

- Una corriente de recirculación de una solución ácida proveniente de la tercera etapa de filtración hacia el mezclador 1, con el fin de disminuir costos de materia prima en la etapa de coagulación, en razón a que si se disminuye este pH con ácido sulfúrico aumenta el costo del proceso.
- Una etapa de filtración adicional con carbón activado con el fin de remover impurezas que afectan el color del ácido ftálico que se va a obtener.

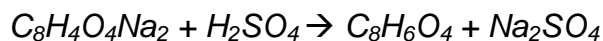
DIAGRAMA PROPUESTA

Figura 25. Diagrama de la propuesta 2



Para la propuesta anterior se realizará un porcentaje de extracción debido a que no se conoce la cantidad de ftalato de sodio presente en la corriente a tratar y por consiguiente no es posible hallar el rendimiento.

PORCENTAJE DE EXTRACCION PROPUESTA 2.



SAP= 200g

Ácido ftálico obtenido = 98 g

$$\% \text{ Extracción} = \frac{(\text{cantidad obtenida de ácido ftálico}) \times (\text{pureza})}{\text{cantidad de SAP}} \times 100$$

$$\% \text{ Extracción} = \frac{(98 \text{ g ácido ftálico}) \times (0,9819)}{200 \text{ g SAP}} \times 100$$

$$\% \text{ Extracción} = 48,1131\%$$

En la propuesta de IQN S.A.S. se obtuvo un porcentaje de 48,1131%, es decir, de una cantidad determinada de SAP se obtiene el 48,1131% de ácido ftálico luego del proceso de purificación.

2.5.3 Propuesta 3. El SAP es extraído de los tanques de almacenamiento y es pesado, luego se realiza una dilución en etanol con una relación de 1: 4 con el fin de separar las impurezas afines con el etanol gracias a que el SAP es poco soluble en etanol, con esta dilución se mejora notablemente el color de la sal como se ve en la Figura 26.

Figura 26. SAP tratado con etanol



A continuación, se pasa la mezcla por un filtro prensa en el que se separa el etanol con impurezas y el SAP semitratado. El etanol con impurezas es llevado a una destilación (Figura 27.) en donde se evapora el mismo a una temperatura de aproximadamente 80 grados centígrados, se condensa, y luego pasa nuevamente a ser reutilizado en el proceso. Los fondos que quedan de la destilación (Figura 28.) son impurezas solubles en etanol y parte del SAP que se solubiliza.

Figura 27. Montaje para realizar la destilación del etanol

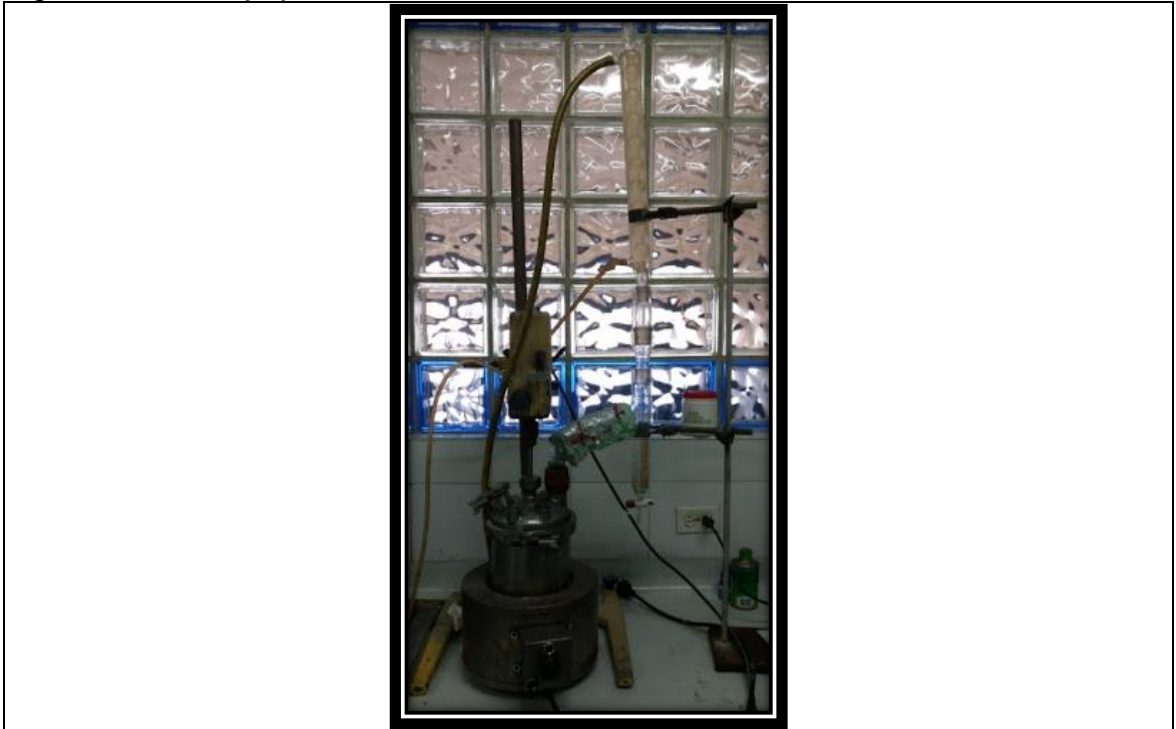


Figura 28. Residuo de la destilación



En la siguiente etapa se pesa la sal y se hace una dilución en agua con una relación de 1: 2 con el objetivo de separar las impurezas hidrofóbicas ya que esta sal es totalmente soluble en agua.

Una vez el SAP está totalmente soluble en el agua se agrega una solución ácida proveniente de una parte posterior del proceso con el objetivo de disminuir el pH de la solución a 6, con el fin de lograr que algunas impurezas se desestabilicen y precipiten como se observa en la Figura 29.

Figura 29. Solución de SAP y agua a un valor de pH de 6



Al igual que en pasos anteriores es necesario filtrar la solución para retirar las impurezas que precipitaron (ver Figura 30.), debido a que estas pueden afectar la pureza del ácido ftálico al formar en él una coloración amarilla.

Figura 30. Impurezas precipitadas a un valor de pH de 6



Después de haber realizado la separación se procede a una filtración con carbón activo para retirar impurezas hidrofóbicas, mejorar el color y obtener solamente el ftalato de sodio tratado en solución.

La solución mencionada anteriormente es ingresada a un reactor en el cual se agrega ácido sulfúrico (98% pureza) para que ocurra la siguiente reacción:

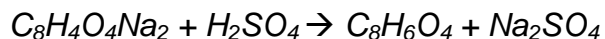
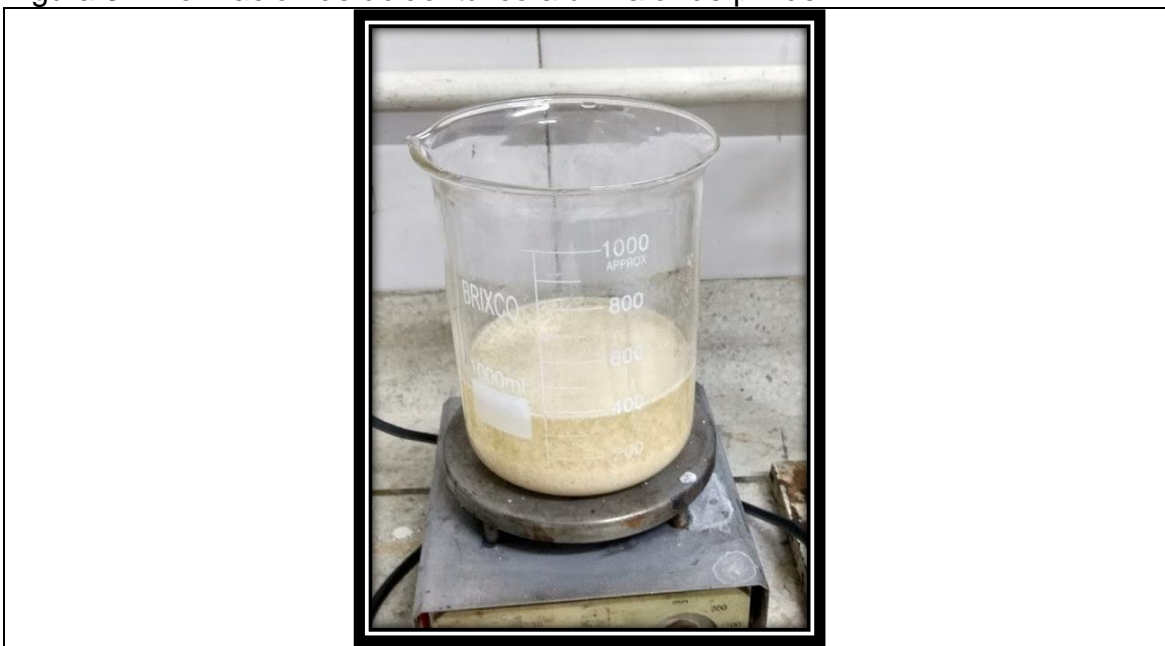
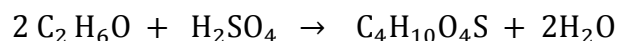


Figura 31. Formación de ácido ftálico a un valor de pH de 1

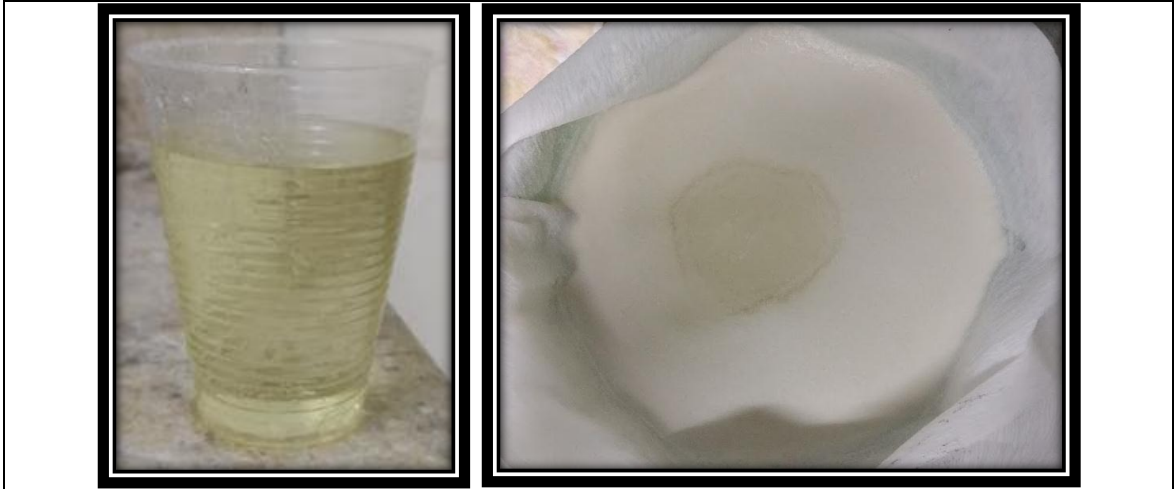


A diferencia de las dos propuestas anteriores, en éste caso al quedar trazas de etanol en el Ftalato de sodio se forma sulfato de dietilo y como bien sabemos, un ácido inorgánico que reacciona con un alcohol produce un éster y agua de la siguiente manera:



Luego se filtra la solución, obteniéndose el ácido ftálico y una solución que contiene sulfato de dietilo (ver Figura 32.).

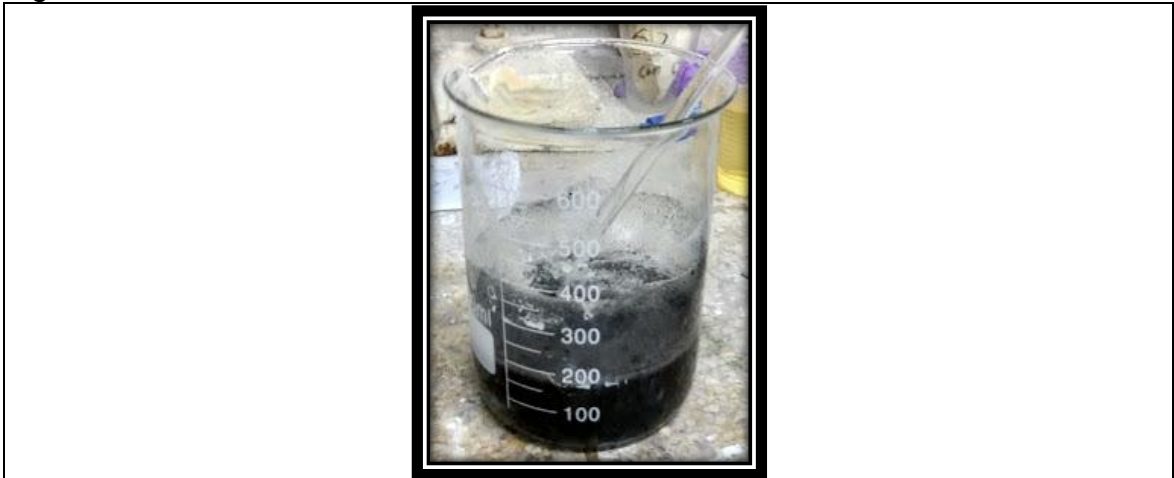
Figura 32. Solución de sulfatos y ácido ftálico sin purificar



Toda la solución que contiene sulfatos es recirculada a la etapa en la cual se disminuye el pH de la solución de Ftalato de sodio a 6 con el fin de evitar utilizar ácido sulfúrico y de esta forma ahorrar en costos de operación.

Para IQN S.A.S. es fundamental tener alta calidad en cuanto a coloración del ácido ftálico, por lo tanto se realiza una nueva dilución en agua aumentando su temperatura, con el fin de que la solubilidad del ácido ftálico aumente y con esto lograr una mezcla totalmente homogénea. La mezcla es finalmente filtrada con carbón activo (ver Figura 33.) para remover la mayor cantidad de impurezas que afectan la coloración del ácido.

Figura 33. PA en solución con carbón activo



Una vez se tiene esta solución que contiene agua, ácido ftálico y pequeñas trazas de sulfato de dietilo, se realiza una cristalización controlada para garantizar que la

mayoría de ácido ftálico precipite en forma de cristales para ser finalmente filtrados de la solución y secados (ver Figura 34.).

Figura 34. Ácido ftálico obtenido con la propuesta 3

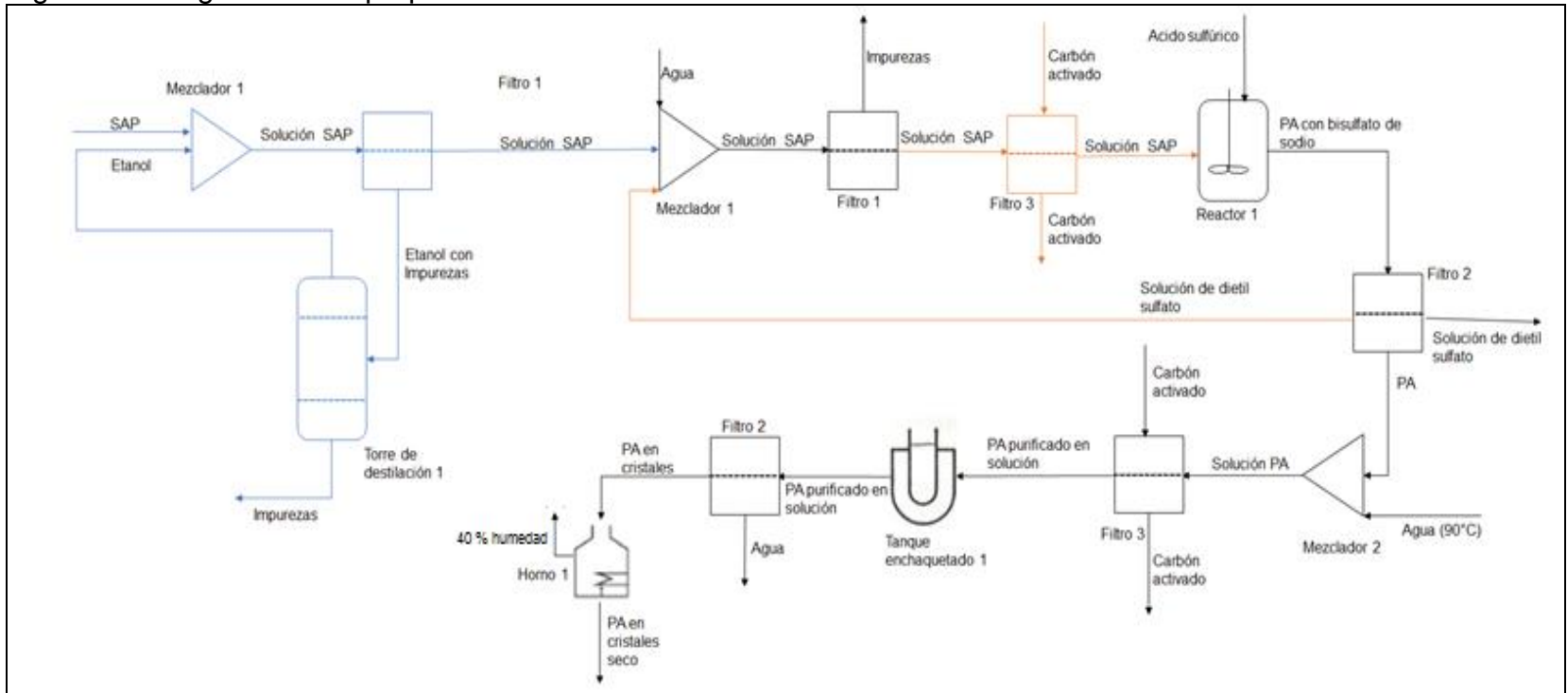


A diferencia de la propuesta 2 se tuvieron en cuenta tres criterios adicionales para la elaboración de la propuesta 3, los cuales fueron:

- Una etapa inicial en donde se le realiza un tratamiento al SAP con etanol en un primer mezclador, con el fin de remover posibles impurezas afines con este solvente orgánico.
- Una etapa de filtración en donde se separa el SAP del etanol con impurezas.
- Una etapa de destilación en donde se recupera parte del etanol proveniente de la filtración mencionada anteriormente, con el fin de recircular el etanol a la etapa inicial del proceso.

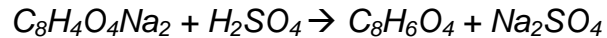
DIAGRAMA PROPUESTA 3.

Figura 35. Diagrama de la propuesta 3



Para la propuesta anterior se realizará un porcentaje de extracción debido a que no se conoce la cantidad de ftalato de sodio presente en la corriente a tratar y por consiguiente no es posible hallar el rendimiento.

PORCENTAJE DE EXTRACCIÓN PROPUESTA DE IQN S.A.S.



SAP= 200g

Ácido ftálico obtenido= 97 g

$$\% \text{ Extracción} = \left(\frac{(\text{cantidad obtenida de ácido ftálico}) \times (\text{pureza})}{\text{cantidad de SAP}} \right) \times 100$$

$$\% \text{ Extracción} = \frac{(97 \text{ g ácido ftálico}) \times (0,966)}{200 \text{ g SAP}} \times 100$$

$$\% \text{ Extracción} = 46,86\%$$

En la propuesta 3 se obtuvo un porcentaje de 46,86 %, es decir, de una cantidad determinada de SAP se obtiene el 46,86 % de ácido ftálico luego del proceso de purificación.

2.5.4 Análisis propuestas.

Cuadro 3. Análisis de propuestas

Propuesta	Ventajas	Desventajas
<p style="text-align: center;">PROPUESTA 1</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Menores costos de producción. • Menor tiempo de proceso. • Menor requerimiento de energía • Pocas etapas de proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor remoción de impurezas contenidas en el SAP debido a que se realiza un tratamiento muy básico. • No existe corrientes de recirculación, por lo cual esta se convertiría en una corriente secundaria de proceso la cual se convertiría en sulfato de sodio en su totalidad. • Menor porcentaje de pureza para el ácido ftálico 88,758%.(los resultados se pueden observar en el anexo A.). • Color del ácido ftálico en niveles muy bajos de calidad. • Porcentaje de extracción de ácido ftálico (44.375 %)

Cuadro 3. (Continuación)

Propuesta	Ventajas	Desventajas
<p>PROPUESTA 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor remoción de impurezas contenidas en el SAP gracias al tratamiento de coagulación • Tiempo de proceso moderado. • Costos de producción moderados. • Corriente de recirculación de solución ácida para disminuir pH a 6 y con ello ahorrar costos de operación al no tener que utilizar directamente ácido sulfúrico. • Sulfato de sodio como ingreso adicional para IQN S.A.S. • Mejora en el color del ácido ftálico gracias a los dos procesos de filtración con carbón activo. • Mayor porcentaje de extracción de ácido ftálico (48,113%). • Mayor Porcentaje de pureza que la propuesta 1 y 3. Se obtuvo una pureza de 98.19%.(se pueden observar los resultados en los anexos B). • Con este ácido ftálico es posible producir plastificantes y resinas de alta calidad, productos que fabrica adicionalmente IQN S.A.S. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor cantidad de equipos con respecto a la propuesta de IQN S.A.S.

Cuadro 3. (Continuación)

Propuesta	Ventajas	Desventajas
<p style="text-align: center;">PROPUESTA 3</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad media de remoción de impurezas al realizar un tratamiento adicional al de la propuesta 2. • Corriente de recirculación de solución ácida para disminuir pH a 6 y con ello ahorrar costos de operación al no tener que utilizar directamente ácido sulfúrico. • porcentaje medio de pureza para el ácido ftálico obtenido 96.569%. (Los resultados se pueden observar en los anexos C.). • Mejora en el color del ácido ftálico gracias a Los dos procesos de filtración con carbón activo. • Calidad media de ácido ftálico producido para fabricar productos de IQN S.A.S. como plastificantes y resinas de gran calidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor requerimiento de energía. • Mayores costos de producción • Porcentaje de extracción menor al de la propuesta 2. (46,86%) • Bastantes etapas de proceso. • No se produce bisulfato de sodio.

2.5.5 Conclusiones análisis de propuestas. Para analizar estas tres propuestas es fundamental tener en cuenta los siguientes criterios: Pureza del ácido ftálico obtenido, color, porcentaje de extracción de ácido ftálico y costos de operación.

Como se observó en el Cuadro 3. Cada una de las propuestas consta de unas ventajas y unas desventajas, de las cuales se entiende que tanto las propuestas 1 y 2 son más económicas en cuanto a costos de operación debido a que hay menor requerimiento energético y menores tiempos de proceso, adicionalmente, con la propuesta 1 se obtiene un porcentaje de extracción (44,375 %) menor al de la propuesta 3 (46,86 %), por lo tanto en este criterio de extracción la propuesta 3 tendría ventaja sobre la propuesta de IQN S.A.S.

Es decir, que mientras en la propuesta 1 hay menores costos de operación, en la propuesta 2 y 3 hay mejores estándares de calidad (color y porcentaje de pureza) para el ácido ftálico, cabe aclarar que una de las ventajas de las propuestas 2 y 3 son aquellas corrientes de recirculación de la solución ácida y gracias a ella es posible ahorrar cierta cantidad de dinero para no tener que utilizar solamente ácido sulfúrico. Pero, mientras que en la propuesta 2 se recircula una parte sulfato de sodio en la propuesta 3 se recircula todo el sulfato de dietilo ya que este no tiene un valor comercial tan alto como el del sulfato de sodio.

Comparando este último caso la propuesta 2 gana algo de valor sobre la propuesta 3 debido a que el sulfato de sodio es una ganancia extra que podría tener IQN S.A.S. vendiéndolo en la industria, mientras que en la propuesta 3 el sulfato de dietilo es recirculado en su totalidad porque es muy económico en la industria y para IQN S.A.S. es más viable financieramente obtener sulfato de sodio como subproducto que obtener sulfato de dietilo.

Haciendo un análisis en cuanto a calidad del ácido ftálico al obtener mayor estándar de calidad (color y porcentaje de pureza) en el ácido ftálico, se estaría cumpliendo con el objetivo de este proyecto debido a que como se mencionaba en el planteamiento del problema de este proyecto una de las mayores necesidades de IQN S.A.S. es mejorar notablemente la calidad en su ácido ftálico producido a partir de ftalato de sodio porque este es su materia prima principal para la producción de resinas y plastificantes.

Se puede llegar a la conclusión que con la propuesta 2 existe una mejora en la calidad del ácido ftálico, hay mayor remoción de impurezas presentes en el SAP, se ahorran costos en la etapa de disminución de pH de la solución gracias a la corriente de recirculación, adicionalmente, los costos y tiempos de operación son menores, la calidad y pureza del ácido ftálico producido en esta propuesta es muy alta, gracias a esto se podrían realizar resinas y plastificantes de mayor calidad.

En la propuesta 3 el porcentaje de pureza es menor al de la propuesta 2, al no existir una etapa de secado para retirar totalmente el etanol, por lo que éste queda

mezclado con el SAP que posteriormente se mezcla con agua; por otro lado se pierde una cantidad de materia prima ya que el ftalato de sodio es poco soluble en etanol, es decir, al retirar el etanol del proceso también se retira una cantidad de ftalato de sodio. Adicionalmente los costos y tiempos de operación son muy altos, existen demasiadas etapas de proceso y el no obtener bisulfato de sodio como subproducto.

2.6 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Con el fin de determinar cuál es la mejor propuesta para IQN S.A.S. se realizó una matriz básica de decisiones (Tabla 5.), la cual tiene en cuenta ciertos criterios mencionados en el Cuadro 3. Con un valor o puntaje para cada criterio que va de acuerdo a la importancia que este tiene para la empresa. Cada criterio tiene un valor máximo y de la sumatoria final para cada propuesta se selecciona la de mayor puntuación.

Todos los criterios van de un rango de menor a mayor a excepción del criterio de costos de operación, el criterio de etapa de proceso y tiempos de operación, que a diferencia de los demás criterios se evalúan de manera inversa, es decir, para el caso de los costos de operación un valor de 4 significa menores costos de operación y un valor de 2 mayores costos de operación.

Tabla 5. Matriz de decisiones

FACTORES DE DECISION		PROPUESTA		
CRITERIOS	VALOR MAXIMO	1	2	3
Pureza Acido	5	3	5	4,5
Color	4	2	4	3
% Extracción de ácido ftálico	3	1	3	2,5
Costos de operación	4	4	3	2
Formación Sulfato Sodio	3	3	3	0
Corrientes Recirculación	2	0	2	2
Etapas de proceso	2	2	1,5	1
Tiempos de operación	2	2	1,5	1
Calidad de Resinas y plastificantes	5	2	5	4
PUNTAJE		19	28	20

De acuerdo a la Tabla 5. Se concluye que la propuesta 2 con un puntaje total de 28 es la mejor opción para suplir las necesidades que tiene IQN S.A.S. en cuanto

al tratamiento que se le debe realizar al SAP para producir ácido ftálico de buena calidad.

Finalmente basándonos en el criterio de pureza del ácido ftálico obtenido, color, porcentaje de extracción de ácido ftálico y costos de operación se decidió optar por la propuesta 2. Esta decisión se tomó porque para IQN S.A.S. es importante el color, la calidad del ácido ftálico y los costos de operación. La propuesta 3 cumple moderadamente los dos primeros criterios pero en cuanto al tercer y cuarto criterio pierde viabilidad, es por eso que se optó por la propuesta 2 debido a que cumple satisfactoriamente los dos primeros criterios y adicionalmente es más viable financieramente para IQN S.A.S.

Con ella se realizará un diseño conceptual y un análisis de viabilidad financiera los cuales serán expuestos de manera clara en los capítulos 3 y 4.

3. DISEÑO CONCEPTUAL PROPUESTA DE PRE TRATAMIENTO PARA FTALATO DE SODIO

En este capítulo se llevará a cabo el diseño conceptual de la propuesta 2, propuesta por la cual se optó debido al análisis de propuestas y a la matriz de decisiones realizadas en el capítulo anterior. En el cual se concluyó que para IQN S.A.S. la propuesta 1 y 3 no cumplen con algunos de los criterios para permitir su ejecución a escala industrial.

En el desarrollo de este capítulo se tendrá en cuenta la descripción del proceso de la propuesta 2, la cual fue la seleccionada por criterios que se pueden observar en el capítulo 2. Se llevará a cabo la descripción de los servicios auxiliares e industriales involucrados en el proceso, se realizará el dimensionamiento de los equipos que son necesarios para la ejecución de este proceso, teniendo en cuenta que se utilizarán los equipos ya existentes en la empresa IQN S.A.S. con el fin de determinar si con estos equipos se podrá satisfacer una demanda de 20 Toneladas por mes de ácido ftálico. También se realizará el diagrama de bloques y el diagrama PFD de la propuesta que se ejecutará con sus respectivos balances de materia y energía que se realizaron para el desarrollo de estos diagramas.

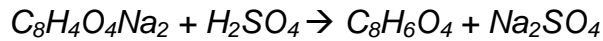
Se procederá a hacer un listado de los equipos que se utilizarán en la propuesta con su respectiva filosofía de operación, es decir, cada cuánto y cómo será el funcionamiento de estos equipos para que la empresa pueda alcanzar la demanda establecida

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El SAP es enviado desde los tanques de almacenamiento hacia un mezclador que trabaja a una temperatura de 60°C y a una presión de 0,74 atm, en este equipo también se agrega una cantidad de agua en una relación de 1:2 con el SAP y se agrega la solución de bisulfato de sodio con el fin de disminuir su pH a 6, ya que a este valor se precipitan la mayor cantidad de impurezas como se puede observar en el capítulo 2.

La solución resultante de esta etapa es enviada a un filtro prensa en el cual se procede a separar las impurezas de las solución de SAP para así obtener un producto con una menor cantidad de estas, luego se agrega carbón activado a la solución y se lleva a el mismo filtro prensa ya que no es una operación continua en esta etapa es separado el carbón activado de la solución, con esto podemos obtener una corriente con menor cantidad de impurezas que perjudiquen el color del producto .

La corriente resultante es llevada a un reactor al cual se agrega ácido sulfúrico a una concentración de 98% para que ocurra la siguiente reacción:



En la cual se obtienen el PA en estado sólido mientras que el bisulfato de sodio se obtienen en solución por esto es necesario llevar esta corriente a un filtro prensa el cual separa el PA de la solución de bisulfato; la solución de bisulfato es recirculada al mezclador para disminuir el pH a un valor de 6.

El PA se lleva a un mezclador en cual se mezcla con agua a una temperatura de 90°C para que el ácido se solubilice completamente ya que la solubilidad de este ácido es baja de esta manera se aumentara la solubilidad en agua, luego se procede a agregarle carbón activado a la mezcla y llevarla a un filtro prensa en el cual se retira el carbón activado con una cantidad de impurezas que perjudican el PA.

De esta etapa se obtiene una mezcla homogénea de PA a la cual se le disminuye la temperatura por medio de agua de enfriamiento que circula dentro de la chaqueta del tanque de enfriamiento para que precipite el PA en forma de cristales y de esta manera llevarlo a un filtro el cual separa las fases, de este equipo se obtienen dos corrientes. Una de las corrientes es de agua y contiene una cantidad mínima de sulfato, una cantidad de ácido ftálico que queda disuelto en agua, ya que su solubilidad es de aproximadamente 0,7 g/100 ml de agua.

La otra corriente contiene PA en forma de cristales pero con un 40% humedad, por esto es necesario llevarlo a un horno secador el cual permite que se obtenga el PA seco en cristales

3.2 DESCRIPCIÓN DE SERVICIOS AUXILIARES E INDUSTRIALES

Los servicios auxiliares que se tomaron en cuenta fueron aquellos involucrados en las etapas de filtración, reacción y cristalización. En el Cuadro 4. Se presentan los servicios auxiliares con su respectiva etapa de proceso y los valores de requerimiento que le corresponden.

Cuadro 4. Requerimientos de servicios auxiliares por hora


SERVICIO	UNIDAD DE PROCESO	REQUERIMIENTO
Eléctrico	Mezcladores Filtros prensa Reactor Batch Horno	Mezcladores : 0,571 kW/h Filtros prensa: 5,143 kW/h Reactor Batch: 0,286 kW/h Horno: 7,429 kW/h
Combustible	Reactor Batch	Gas requerido : 6 m ³ /h
Agua de enfriamiento	Tanque de enfriamiento Reactor Batch	Caudal mínimo:160 GPM Caudal máximo:200 GPM

Los equipos auxiliares para el funcionamiento de estos servicios son principalmente motores eléctricos y bombas centrífugas. Sus especificaciones técnicas se muestran a continuación en el Cuadro 5. Y el Cuadro 6.

Cuadro 5. Especificaciones técnicas bomba centrífuga

	Equipo	Bomba centrífuga
	Modelo	20A-10MW
	Referencia	64414000A2
	Conexión succión	2" NPT
	Conexión descarga	2" NPT
	Altura (ADT) max.	70 m
	Caudal máximo	200 GPM
	Caudal medio	160 GPM
	Altura media	59 m
	Motor	Monofásico
	Potencia	10 HP
	Voltaje	220 V
	Velocidad	3500 RPM
	Peso	11 kg
	Dimensiones	0,58/0,43/0,53

Cuadro 6. Especificaciones técnicas motor eléctrico

	Equipo	Motor eléctrico
	Modelo	W21-IE1
	Carcasa	132S Aluminio
	Potencia	7,5 kw
	Frecuencia	60 Hz
	Polos	2
	Rotación nominal	3530
	Voltaje nominal	220/440 V
	Corriente nominal	25,4/12,7 A
	Corriente de arranque	203/102 A
	Ip/In	8,0
	Elevación de temperatura	80 K
	Factor de servicio	1,15
	Régimen de servicio	S1
	Temperatura ambiente	-20°C+ 40°C
	Altitud	1000 m
Masa aproximada	64 kg	
Nivel de ruido	72 dB(A)	

3.3 DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS DEL PROCESO

Parte fundamental dentro de un diseño conceptual es el dimensionamiento de los equipos involucrados en el proceso, por esta razón se realizó el dimensionamiento básico de los equipos con los que cuenta actualmente IQN S.A.S. para la producción de ácido ftálico a partir de Ftalato de sodio, que son: mezcladores, filtros prensa, reactor Batch, tanque de enfriamiento y horno de secado.

De acuerdo al balance de masa realizado en el capítulo 3.5 se realizaron los cálculos para el dimensionamiento de cada equipo con el fin de determinar al final de este capítulo si estos equipos con los que cuenta la empresa podrán satisfacer la demanda mensual establecida por IQN S.A.S para la producción de ácido ftálico.

3.3.1 Dimensionamiento de mezcladores. Se llevó a cabo el dimensionamiento de dos mezcladores, su procedimiento se muestra a continuación:

3.3.3.1 Dimensionamiento mezclador 1. Se realizaron los cálculos necesarios para el dimensionamiento de un mezclador para hallar principalmente valores de capacidad, diámetro, altura y finalmente realizar el diseño de los agitadores¹⁹.

$$C = Q \left(\frac{Tr}{60} \right) \quad (1)$$

Dónde:

C= Capacidad m³

Q= Flujo volumétrico de líquido en m³/h

Tr= Tiempo de residencia en min

Cuadro 7. Capacidad (C), Tiempo de retención (Tr) y Flujo (Q) del mezclador 1

C(m ³)	6,30
Tr (Min)	10
Q(m ³ /h)	37,80

El diámetro del tanque se determina usando L/D y teniendo en cuenta su geometría de la siguiente forma:

$$C = \left(\frac{\pi}{4} \right) * D^2 * L \quad (2)$$

Dónde:

D: diámetro del recipiente en (m)

L: altura del fluido en (m)

La altura del tanque se determina con la siguiente fórmula:

$$H = L + hd \quad (3)$$

Dónde:

H: altura del tanque en (m)

hd: altura para la separación del vapor en (m)

¹⁹ UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA. José Roberto Esquivel Elizondo
 Recuperado del sitio web
 <http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lpro/esquivel_e_jr/capitulo3.pdf
 > Con acceso el [23/09 /2016]

Cuadro 8. Dimensiones del tanque mezclador 1

C(m ³)	6,30
D(m)	1,80
L(m)	2,50
Hd(m)	0,02
H(m)	2,50

Debido a que la presión de operación dentro del mezclador no supera los 250 psia se toma la mayor presión de las corrientes de alimentación y la relación entre longitud y diámetro debe de ser L/D=3

DISEÑO AGITADORES

En base al diámetro que se calculó anteriormente, se realizará el dimensionamiento de los agitadores siguiendo las siguientes proporciones básicas²⁰ (Figura 36.):

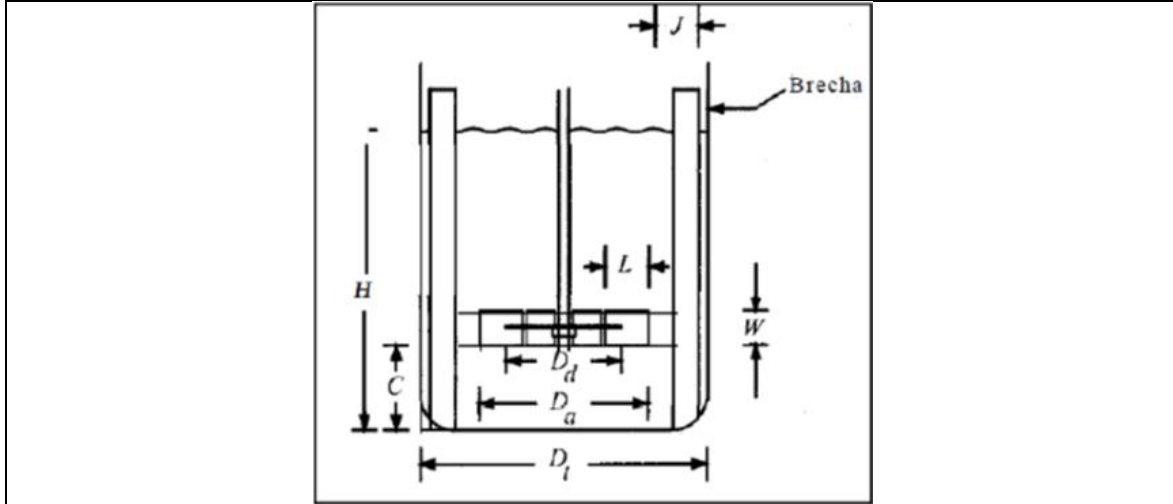
Figura 36. Proporciones básicas de los agitadores.

Proporciones Básicas		
$\frac{D_a}{D_t}$ = 0.3 a 0.5	$\frac{H}{D_t} = 1$	$\frac{C}{D_t} = \frac{1}{3}$
$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5} \frac{D_d}{D_a}$ = $\frac{2}{3}$	$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$	$\frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$

En donde Da, Dt, H, C, W, Dd, L y J se muestran en la Figura 37:

²⁰ BAUTISTA Noé, MARTINEZ Ariadna; Diseño mecánico de equipos, México, Instituto tecnológico de Orizaba, Recuperado del sitio web <<https://es.scribd.com/doc/101093358/35272890-Calculo-de-Tanque-Agitador>> Con acceso el [23/09/ 2016]

Figura 37. Partes para el dimensionamiento del mezclador y agitador.



Fuente: Diseño mecánico de equipos; Noé bautista, Ariadna Martínez; Instituto tecnológico de Orizaba

Como ya se conocía el diámetro, se realizó un despeje para cada variable teniendo en cuenta las proporciones básicas que se ven en la Figura 36., arrojando los siguientes resultados para cada una de ellas.

Cuadro 9. Dimensiones de las partes del mezclador 1 y su agitador

C (m)	0,60
Dt (m)	1,80
Da (m)	0,90
W (m)	0,18
Dd (m)	0,60
L (m)	0,22
J (m)	0,15

POTENCIA AGITADOR

Para obtener la potencia que requiere el agitador es necesario conocer las revoluciones por segundo que este debe tener de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$N = \frac{NRe * \mu}{Da^2 * \rho}$$

Dónde:

NRe: número Reynolds régimen turbulento: 10000

μ : Viscosidad mezcla: 0,0009 Kg/ms

Da: Diámetro agitador: 0,90 m

ρ : Densidad mezcla: 1333 Kg/m³

Con estos datos se obtuvo un dato de rps de:

N: 0,00825629 rps

Teniendo el dato de las revoluciones por segundo se calcula la potencia con la siguiente ecuación:

$$P = K_T * N^3 * Da^5 * \rho$$

Dónde:

Kt: Constante para tanques con agitador tipo turbina de disco con 4 palas planas: 5,31

N: Revoluciones por segundo: 0,008 rps

Da: Diámetro agitador: 0,90 m

ρ : Densidad mezcla: 1333 Kg/m³

Con estos datos se obtuvo un dato de potencia de:

P: 0,002 W

P: 3,150E-06 HP

3.3.3.2 Dimensionamiento mezclador 2. De la misma manera en la cual se dimensiono el mezclador 1 se realizó el diseño del mezclador 2 que tiene una capacidad de 7,5 m³. Los datos tanto para el tanque como para los agitadores se muestran en el Cuadro 10, Cuadro 11 y Cuadro12.

Cuadro 10. Capacidad (C), Tiempo de retención (Tr) y Flujo (Q) del mezclador 2

C(m ³)	7,50
Tr (Min)	10
Q (m ³ /h)	45,0

Cuadro 11. Dimensiones del tanque mezclador 2

C (m ³)	7,50
D (m)	1,80
L (m)	2,95
Hd (m)	0
H (m)	2,95

AGITADORES MEZCLADOR 2

Cuadro 12. Dimensiones de partes del mezclador 2 y su agitador

C (m)	0,60
Dt (m)	1,80
Da (m)	0,90
W (m)	0,18
Dd (m)	0,60
L (m)	0,22
J (m)	0,15

POTENCIA AGITADOR 2

Cuadro 13. Potencia requerida para el agitador del mezclador 2

P	0,002 W
P	3,150E-06 HP

3.3.2 Dimensionamiento de filtros prensa. Para el proceso de producción de ácido ftálico es necesario el dimensionamiento de 3 filtros prensa los cuales serán utilizados de la siguiente manera:

- El primer filtro prensa será utilizado para la separación de impurezas del SAP.
- El segundo filtro prensa se utilizara para la separación de carbón activado de la mezcla de SAP.
- El tercer filtro prensa se usará para la separación de ácido ftálico del bisulfato de sodio en solución y ácido ftálico purificado en cristales.

Estos filtros tendrán un dimensionamiento idéntico ya que los tres filtros procesaran cantidades similares en cada una de las etapas. Por lo cual se llevará a cabo un solo dimensionamiento para los tres.

Con estos datos de filtración en laboratorio de una solución de ácido ftálico y bisulfato de sodio se realizó el dimensionamiento de un filtro prensa teniendo en cuenta los siguientes datos²¹:

²¹ MANSIR TEJEDA Armando. Bioseparaciones, segunda edición, México: PEARSON, 2011. 89-91 p, ISBN 978-07-32-0945-8

Cuadro 14. Datos obtenidos experimentalmente del filtro prensa

Peso seco de los cristales	0,208	Kg
Volumen de la torta	250	cm ³
Profundidad de la torta	4,00	Cm
Tiempo de filtración	936	S
Gradiente de presión	1,01	kg cm ⁻²
Torta incompresible	Si	

Adicional a estos datos se tomó como referencia un marco para filtro de 45cm x 46cm x 0,4cm y se supuso una presión a la entrada del filtro de 0,68 kg*cm-2 y que descarga a la atmósfera.

De acuerdo con los datos de laboratorio es necesario utilizar la ecuación para tortas incompresibles de la siguiente forma:

$$\frac{\mu\alpha}{2\rho_0} = \frac{t\Delta PA^2}{W^2} \quad (4)$$

Dónde:

$W^2 = \rho_0 V$ es el peso de la torta

$$\frac{(936 \text{ s}) * \left((1,01 \text{ kg/cm}^2) * \left(\frac{250 \text{ cm}^3}{4 \text{ cm}} \right)^2 \right)}{(0,208 \text{ kg})^2}$$

$$\frac{\mu\alpha}{2\rho_0} = 8,54 \times 10^7 \text{ s-cm}^2 \text{ kg}^{-1}$$

Una vez obtenido el dato anterior es necesario calcular el tiempo de filtración²²

CÁLCULO DEL TIEMPO DE FILTRACIÓN

Despejando el tiempo de la ecuación²³ (4) se obtiene el tiempo de filtración de la siguiente manera:

$$t = \left(\frac{\mu\alpha}{2\rho_0} \right) \frac{W^2}{\Delta PA^2} \quad (5)$$

²² Ibíd. ;pág. 72

²³ Ibíd. ;pág. 72

$$t = (8,54 \times 10^7 \text{ s-cm}^2 \text{ kg}^{-1}) * \frac{(140 \text{ kg})^2}{\left(\left(0,68 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right) * (84,135 \text{ cm}^2)^2\right)}$$

$$t = 348 \text{ s}$$

$$t = 5,8 \text{ min}$$

En 5,8 minutos se obtienen 140 kilogramos de torta húmeda

CÁLCULO NÚMERO DE MARCOS

Para hallar el número de marcos es necesario conocer el volumen de la torta húmeda y el volumen de un marco, estos datos se muestran en el Cuadro 14.

$$\text{Numero de marcos} = \frac{\text{Volumen torta humeda}}{\text{Volumen de un marco}}$$

$$\text{Numero de marcos} = \frac{(140 \text{ kg}) * \left(\frac{250 \text{ cm}^3}{0,208 \text{ kg}}\right)}{(45 * 46 * 4) \text{ cm}^3}$$

$$\text{Numero de marcos} = 20$$

CÁLCULO ÁREA DE FILTRACIÓN

Esta área se calcula teniendo en cuenta que por cada marco existen dos placas o superficies de filtración.

$$\text{Área de filtración} = \text{Area por marco} * 2 * \text{Numero de marcos}$$

$$\text{Área de filtración} = (45 * 46) \text{ cm}^2 * 2 * 20$$

$$\text{Área de filtración} = 84,135 \text{ cm}^2$$

Tipo de tela filtrante para los filtros:

Analizando las temperaturas de operación y el material a filtrar en este equipo se ha optado por utilizar telas filtrantes de polipropileno debido a que es una fibra que se utiliza especialmente para procesos de máximo 90 °C²⁴. Su excelente resistencia química lo hace un material perfecto para la industria química.

²⁴ TELAS FILTRANTES marco doctrinal Recuperado del sitio web <<http://taconsult.org/libreria/presentacion02.pdf>> con acceso el [10/10/2016]

También se optó este material porque tiene una excelente resistencia a ácidos fuertes, resistencia a materiales o compuestos alcalinos y por su bajo costo en el mercado.

3.3.3 Dimensionamiento del tanque de enfriamiento con enchaquetado. Se encontraron los siguientes datos termodinámicos para el agua.

Tabla 6. Datos termodinámicos a la temperatura media

Propiedad	Valor	Unidad
Temp. Inicial T_o	90	°C
Temp. Final T_f	25	°C
Temp. Media T_m	57,5	°C
Calor específico $C_{p_{T_m}}$	4,183	KJ/Kg°C
Densidad ρ_{T_m}	983,3	Kg/m ³
Viscosidad dinámica μ_{T_m}	4,89E-04	Pa-s
Viscosidad cinemática ν_{T_m}	6,50E-07	m ² /s
Coefficiente de expansión β_{T_m}	3,90E-04	K ⁻¹
Conductividad k_{T_m}	6,54E-04	KW/m°C
Masa m_a	7500	Kg

El primer paso es determinar las dimensiones del tanque y luego se procederá a hacer los cálculos de transferencia de calor.

La cantidad de masa que se va a tratar en este equipo es de 7500 Kg. Se procede a hallar el volumen efectivo del tanque el cual se realiza conociendo la densidad del agua ya que se asume que la mezcla que se va a tratar tiene una densidad muy similar a la del agua²⁵.

$$Volumen = \frac{Masa}{Densidad} \quad (6)$$

$$Volumen = \frac{7500 \text{ Kg}}{983,3 \text{ kg /m}^3}$$

$$Volumen = 7,627 \text{ m}^3$$

Con el volumen efectivo y suponiendo la altura del tanque se puede obtener el diámetro para este equipo. En este caso se tomó que la altura del tanque es de aproximadamente 4,9 metros.

²⁵ CEVALLOS CEVALLOS Juan Manuel, Reingeniería del proceso de elaboración de galletas fermentadas tipo cracker, Guayaquil, 63 – 74 p., Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.

Se tomó esta altura ya que es el valor máximo que permite tener el espacio de la empresa, es decir, si fuera más alto el tanque no cabe en la propiedad.

$$Ht = 4,9 \text{ metros}$$

$$V = \frac{\pi Di^2 Ht}{4} \quad (7)$$

$$Di = \sqrt{\frac{4V}{\pi Ht}} = \sqrt{\frac{4(7,627 \text{ m}^3)}{\pi(4,9 \text{ m})}} = 1,4078 \text{ m}$$

Ahora se procedió a hacer todos los cálculos de transferencia de calor para así conocer qué cantidad de calor es el se retirará del tanque.

El área de transferencia de calor A es la suma del área de la base con el área de las paredes y es igual a:

$$A = \frac{\pi Di^2}{4} + \pi Di Ht = \frac{\pi(1,4078 \text{ m})^2}{4} + \pi(1,4078 \text{ m})(4,9 \text{ m}) = 22,7777 \text{ m}^2 \quad (8)$$

El coeficiente global de transferencia de calor Ud para tanques encaquetados se calcula a partir de la siguiente ecuación

$$Ud = \frac{1}{\frac{1}{ha} + \frac{Ai}{hvAo} + \frac{xDi}{kD_{m,\log}} + Rd} \quad (9)$$

Donde ha y hv son los coeficientes convectivos del agua y vapor respectivamente, x es el espesor de cada placa, K la conductividad térmica del acero inoxidable y Rd son las resistencias por incrustaciones, Ai es el área interna de transferencia de calor, Ao es el área externa de transferencia de calor y $D_{m,\log}$ es el diámetro medio logarítmico²⁶.

Donde x es el espesor y tiene un valor de 0,15 m, Ai es el área interna de transferencia de calor y es igual a:

$$Ai = \pi Di Ht = \pi(1,4078 \text{ m})(4,9 \text{ m}) = 21,6714 \text{ m}^2 \quad (10)$$

Ao es el área externa de transferencia de calor y es igual a:

$$Ao = \pi(Di + 2x)Ht = \pi(1,4078 \text{ m} + 2(0,15))(4,9 \text{ m}) = 52,46 \text{ m}^2 \quad (11)$$

²⁶ Ibíd.; pág. 75

$D_{m,\log}$ es el diámetro medio logarítmico que se calcula con la siguiente ecuación

$$D_{m,\log} = \frac{2x}{\ln \frac{Di + 2x}{Di}} = \frac{2(0,15)}{\ln \frac{1,4078 \text{ m} + 2(0,15)}{1,4078 \text{ m}}} = 1,5529 \text{ m} \quad (12)$$

El valor de R_d se obtiene por tablas y es la suma de los valores de R_{fa} y R_{fv} hallados anteriormente por lo que:

Para los valores de R_{fa} y R_{fv} se utilizaron las tablas del *alfa-laval Termal Handbook* que dicen²⁷.

$$R_{fa} = 0,0255 \frac{\text{m}^2\text{C}}{\text{KW}}$$

$$R_{fv} = 0,0301 \frac{\text{m}^2\text{C}}{\text{KW}}$$

$$R_d = R_{fa} + R_{fv} \quad (13)$$

$$R_d = 0,0255 \frac{\text{m}^2\text{C}}{\text{KW}} + 0,0301 \frac{\text{m}^2\text{C}}{\text{KW}} = 0,0565 \frac{\text{m}^2\text{C}}{\text{KW}}$$

El valor de h_v ya se lo había encontrado y es $8.4 \text{ KW/m}^2\text{C}$.

Para hallar h_v primero es necesario conocer si la mezcla se encuentra en régimen laminar o turbulento.

$$Gr = \frac{g\beta H t^3 \Delta T}{v^2} = \frac{9,8 (3,90E-4)(4,9 \text{ m})^3(90-25)}{(6,50E-7)^2} = 6,92 E^{13} \quad (14)$$

Los valores del coeficiente de dilatación β y de la viscosidad cinemática v se encontraron en la Tabla 6.

Se halla el valor de Pr

$$Pr = \frac{c_{pTm}\mu_{Tm}}{K_{Tm}} = \frac{4,183(6,50E-7)}{6,54E-4} = 3,13 \quad (15)$$

$$GrPr = (6,92 E^{13})(3,13) = 2,16 E^{14}$$

Lo cual quiere decir que es turbulento por ser mayor a 10^9 .

²⁷ *Ibíd.*; pág. 75

En este caso el valor de ha se calcula con la siguiente ecuación:

$$ha = 0.15(GrPr)^{0.33} \left(\frac{Pr}{Pr_w} \right)^{0.25} \left(\frac{k_{Tm}}{Di} \right) \quad (16)$$

Donde K_{Tm} se obtiene de la Tabla 6, Pr_w es el número de Prandalt evaluado a la temperatura de la pared interior del tanque T_w , la cual es desconocida por lo que se utilizó el método de prueba y error siguiendo los siguientes pasos²⁸.

1. Se asumió una T_w .
2. Se halló el número de Prandalt a esa temperatura.
3. Se encontró ha a partir de la ecuación 16.
4. Se encontró la verdadera T_w con la siguiente ecuación.

$$T_w = \frac{UpTv + haTm}{ha + Up} \quad (17)$$

Donde

$$Up = \frac{1}{\frac{Ai}{hvAo} + \frac{xDi}{kD_{m,\log}}} \quad (18)$$

Donde las áreas A_i y A_o , el valor de k es la conductividad del acero inoxidable el cual es $0,045 \text{ KW/m}^\circ\text{C}$.

El diámetro y $D_{m,\log}$ ya se conocen y los demás valores ya fueron calculados, por lo tanto:

$$Up = \frac{1}{\frac{21,6714 \text{ m}^2}{(8,4 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2}^\circ\text{C})(52,46 \text{ m}^2)} + \frac{(0,15)(1,4078 \text{ m})}{0,045(1,5529 \text{ m})}} = 3,029 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2}^\circ\text{C} \quad (19)$$

5. Si los valores de los pasos 1 y 4 no coincidían satisfactoriamente se repetían todos los pasos.

Asumiendo $T_w = 31^\circ\text{C}$ se obtienen resultados satisfactorios ya que:

$$Pr_w = 4,08$$

²⁸ *Ibíd.*; pág. 75

$$h_a = 3,5046 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_w = 30,84 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Como este valor es similar al asumido se concluye que:

$$h_a = 3,5046 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2} \text{ } ^\circ\text{C}$$

Reemplazando todos los valores hallados en la ecuación de coeficiente global:

$$U_d = 0.2930 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2} \text{ } ^\circ\text{C}$$

Para la cantidad de agua que se usara para el enchaquetado se tomara sabiendo que la temperatura a la cual tiene que salir la corriente de PA es de 25 °C.

$$Q_{\text{agua}} = Q_{PA}$$

$$m_{\text{agua}} C_{p_{\text{agua}}} (\Delta T)_{\text{agua}} = m_{PA} C_{p_{PA}} (\Delta T)_{PA}$$

$$7500 \frac{\text{kg}}{\text{Dia}} 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg K}} (363,15 - 298,15) \text{K} = m_{\text{agua}} 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg K}} (291,15 - T_2) \text{K}$$

Por medio del complemento de Excel (*solver*) se hallan los valores de la masa de agua (m) y la temperatura de salida del agua (T_2) tomando la siguiente restricción

$$T_2 > 291,15 \text{ K}$$

$$Q_{\text{agua}} = Q_{PA}$$

Se obtuvieron los siguientes valores después de resolver la ecuación

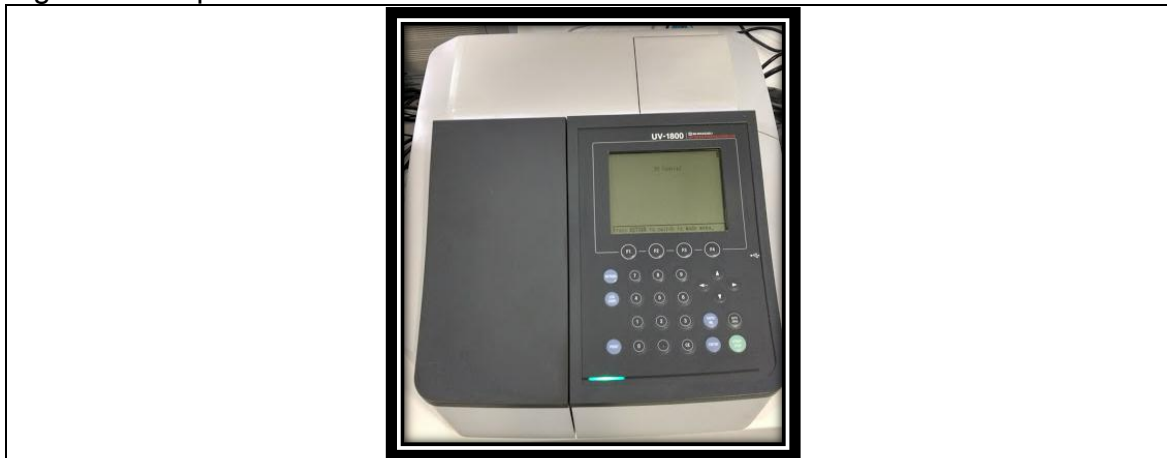
$$m_{\text{agua}} = 40828 \text{ Kg agua}$$

$$T_2 = 303,15 \text{ K} = 30^\circ\text{C}$$

3.3.4 Dimensionamiento del reactor Batch. Para diseñar un reactor Batch es indispensable conocer los datos cinéticos de la reacción involucrada en el proceso, por esta razón antes de realizar el dimensionamiento del equipo se realiza la cinética de la reacción con el fin de determinar velocidades de reacción

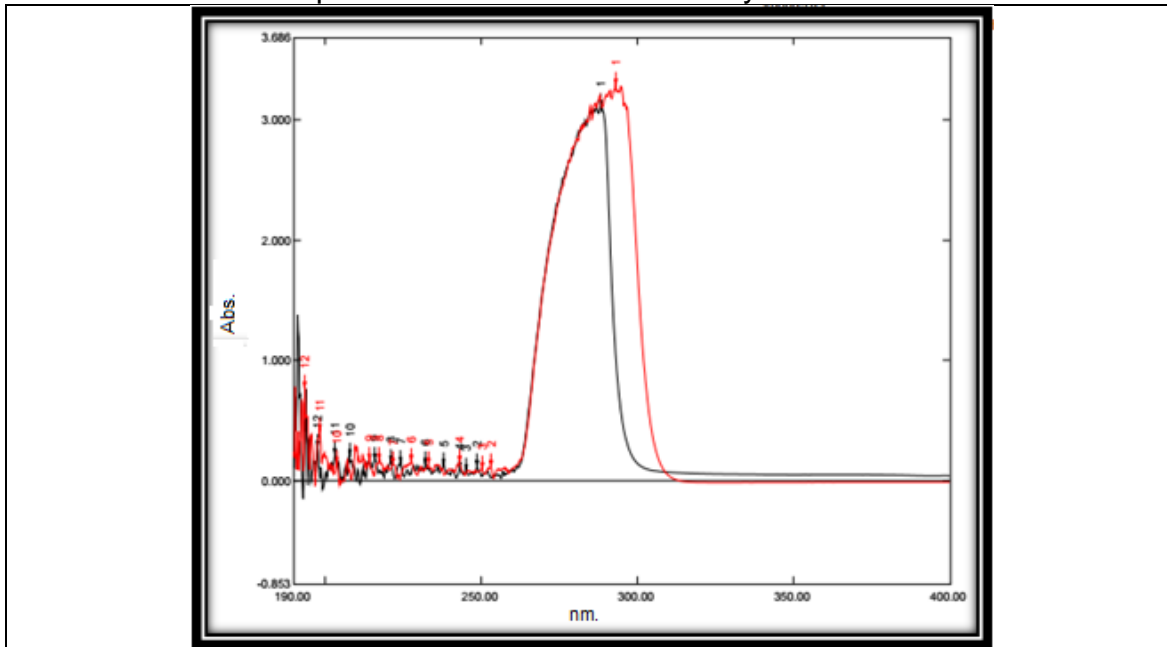
para el ácido ftálico midiendo tiempos de reacción. Se utiliza una espectrofotómetro Shimadzu UV-1800 (Figura 38.) con el fin de determinar exactamente el tiempo en el cual empieza a formarse ácido ftálico después de agregar ácido sulfúrico a una solución de Ftalato de sodio en agua por medio de valores de absorbancias en un rango de tiempo específico.

Figura 38. Espectrofotómetro UV-1800



Para saber si es posible realizar la cinética mediante esta técnica se realiza un barrido espectral tanto para el Ftalato de sodio como para el ácido ftálico con el fin de asegurar que la banda de absorción de cada uno se dé en un rango diferente, el barrido espectral se ve en la Gráfica 5. Los resultados de cada barrido espectral se encuentran en el anexo D.

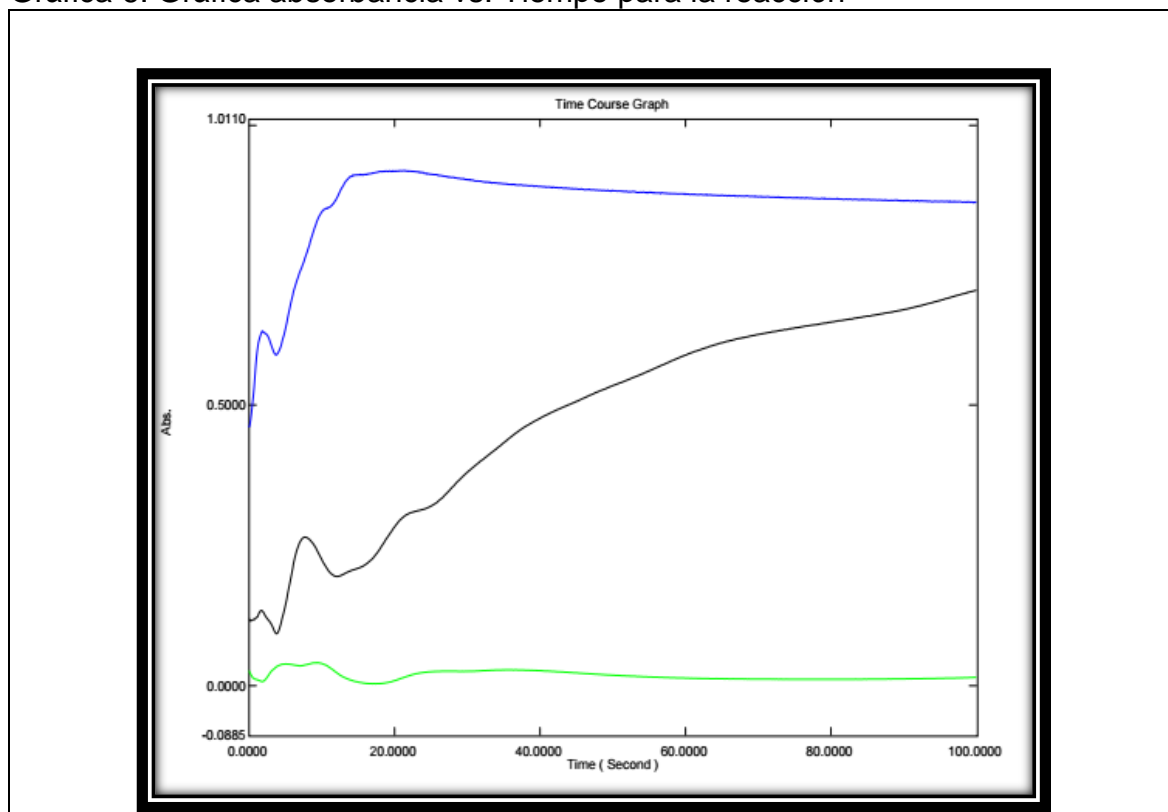
Gráfica 5. Barridos espectrales del Ftalato de sodio y ácido ftálico



Como se observa en la Gráfica 5. El pico del ftalato de sodio está a una longitud de onda de 288 nm mientras que el del ácido ftálico está en los 295 nm, por lo tanto es posible realizar la cinética mediante esta técnica.

Se prepara una solución de 0.1g de ftalato de sodio en 20 ml de agua y una solución de ácido sulfúrico al 5% para el desarrollo de la cinética. Inicialmente se hace una lectura del blanco para calibrar el equipo y posteriormente se agrega la solución de ftalato de sodio a las celdas que se van a ingresar al espectrofotómetro. Una vez se realiza esto se agrega una gota de la solución de ácido sulfúrico y se toma inmediatamente la lectura en el equipo. Este procedimiento se realizó con una gota de solución de ácido sulfúrico, con dos gotas, con 0.1ml y con dos gotas luego de 0.1ml. En la Gráfica 6. Se observan las mediciones para una gota, 0.1ml y 2 gotas mientras que en el anexo D se encuentran todos los demás registros que se realizaron en la prueba de cinética.

Gráfica 6. Gráfica absorbancia vs. Tiempo para la reacción



En la Gráfica 6. Se aprecia claramente tres comportamientos diferentes para la formación de ácido ftálico, la curva verde es el comportamiento de la formación de ácido ftálico al agregar una gota de solución de ácido sulfúrico a la solución de ftalato de sodio, la curva negra muestra el comportamiento al agregar 0.1ml de solución de ácido sulfúrico y finalmente la curva azul muestra el comportamiento al agregar dos gotas de solución de ácido sulfúrico.

Esta gráfica muestra claramente que para todas las mediciones que se hicieron el tiempo de reacción o tiempo de formación de producto es prácticamente instantáneo, lo único que varía una curva de la otra es en la favorabilidad del equilibrio químico hacia uno de los lados ya sea o para los reactivos (curva verde) o para los productos (curva azul), momento en el cual la reacción ya se estabilizó.

Como conclusión de este ensayo se puede asegurar que debido a que la reacción que ocurre dentro del reactor Batch es una reacción casi instantánea no es indispensable controlar los tiempos de reacción dentro del reactor y por ende el dimensionamiento del reactor se puede realizar como el dimensionamiento de una mezclador, aclarando que al tener una reacción exotérmica es necesario acoplar una chaqueta para retirar el calor desprendido por la reacción.

Para dimensionar el reactor se toma una capacidad idéntica al mezclador 2 diseñado en el capítulo 3.3.1 debido a que el reactor debe ser de mayor capacidad que el mezclador 1 porque se ingresara una corriente adicional de ácido sulfúrico.

Los datos tanto para el reactor como para los agitadores se muestran en el Cuadro 15, Cuadro 16 y Cuadro 17.

Cuadro 15. Capacidad (C), Tiempo de retención (Tr) y Flujo (Q) del Reactor

C (m ³)	7,50
Tr (Min)	10
Q (m ³ /h)	45

Cuadro 16. Dimensiones Reactor

C (m ³)	7,50
D (m)	1,80
L (m)	2,95
Hd (m)	0
H (m)	2,95

AGITADORES REACTOR

Cuadro 17. Dimensiones de las partes del reactor y su agitador

C (m)	0,60
Dt (m)	5,904
Da (m)	2,952
W (m)	0,590
Dd (m)	1,968
L (m)	0,738
J (m)	0,492

POTENCIA AGITADORES REACTOR

A diferencia del mezclador 2, los datos de densidad y de viscosidad son diferentes porque en este caso dentro del reactor estará el ácido ftálico precipitado junto con la solución de bisulfato de sodio, es por eso que estos dos datos son diferentes y el resultado en la potencia será diferente.

Cuadro 18. Propiedades del bisulfato de sodio

Densidad (kg/m ³)	1590
Viscosidad (kg/ms)	0,006

$$P: 0,612W$$

Pasando a unidades de HP esta es la potencia requerida para los agitadores del reactor:

$$P: 0,0008 \text{ HP}$$

Para realizar la chaqueta del reactor es necesario conocer el volumen el cual es hallado a partir de la ecuación (1) que se tiene en cuenta para el tanque de enfriamiento, el valor del volumen se muestra a continuación.

$$Volumen = 7,627 \text{ m}^3$$

Como se observa en el Cuadro 8. Se conoce la altura del tanque y el diámetro por lo cual no es necesario hallar estos valores a diferencia del procedimiento anteriormente mencionado.

$$Ht = 2,94 \text{ metros}$$

$$Di = 1,8 \text{ metros}$$

Ahora se procedió a hacer todos los cálculos de transferencia de calor para conocer la masa de agua que es requerida para enfriar la mezcla a tratar.

El área de transferencia de calor A es la suma del área de la base con el área de las paredes y es hallado con la ecuación (8).

$$A = 18,04 \text{ m}^2$$

El coeficiente global de transferencia de calor U_d para tanques enchaquetados se calcula a partir de la siguiente ecuación²⁹.

²⁹ *Ibíd.*; pág. 75

$$Ud = \frac{1}{\frac{1}{ha} + \frac{Ai}{hvAo} + \frac{xDi}{kD_{m,\log}} + Rd} \quad (9)$$

Donde ha y hv son los coeficientes convectivos del agua y vapor respectivamente, x es el espesor de cada placa, K la conductividad térmica del acero inoxidable y Rd son las resistencias por incrustaciones, Ai es el área interna de transferencia de calor, Ao es el área externa de transferencia de calor y $D_{m,\log}$ es el diámetro medio logarítmico³⁰.

Donde x es el espesor y tiene un valor de 0,15 m, Ai es el área interna de transferencia de calor y Ao es el área externa de transferencia de calor.

Estos datos son obtenidos usando las ecuaciones (11) y (12) respectivamente

$$Ai = 16,625 \text{ m}^2$$

$$Ao = 35,0979 \text{ m}^2$$

$D_{m,\log}$ es el diámetro medio logarítmico que se calcula con la ecuación (13)

$$D_{m,\log} = 1,95 \text{ m}$$

El valor de Rd se obtiene por tablas y es la suma de los valores de Rfa y Rfv hallados anteriormente por lo que:

Para los valores de Rfa y Rfv se utilizaron las tablas del *alfa-laval Termal Handbook* que dicen³¹.

$$Rfa = 0,0255 \frac{\text{m}^2\text{°C}}{\text{KW}}$$

$$Rfv = 0,0301 \frac{\text{m}^2\text{°C}}{\text{KW}}$$

$$Rd = Rfa + Rfv$$

$$Rd = 0,0255 \frac{\text{m}^2\text{°C}}{\text{KW}} + 0,0301 \frac{\text{m}^2\text{°C}}{\text{KW}} = 0,0565 \frac{\text{m}^2\text{°C}}{\text{KW}}$$

El valor de hv ya se lo había encontrado y es 8,4 KW/m²°C.

³⁰ Ibíd.; pág. 75

³¹ Ibíd.; pág. 75

Para hallar ha primero es necesario conocer si la mezcla se encuentra en régimen laminar o turbulento para esto se halla Gr con la ecuación (14).

$$Gr = 6,44 E^{12}$$

Los valores del coeficiente de dilatación β y de la viscosidad cinemática ν se encontraron en el Cuadro 14.

Se halla el valor de Pr con la ecuación (15)

$$Pr = 3,13$$

$$GrPr = (6,44 E^{12})(3,13) = 2,02 E^{13}$$

Lo cual quiere decir que es turbulento por ser mayor a 10^9 .

En este caso el valor de ha se calcula con la ecuación (16):

$$ha = 0.15(GrPr)^{0.33} \left(\frac{Pr}{Pr_w} \right)^{0.25} \left(\frac{k_{Tm}}{Di} \right)$$

Donde K_{Tm} se obtiene de la Tabla 6, Pr_w es el número de Prandtl evaluado a la temperatura de la pared interior del tanque T_w , la cual es desconocida por lo igual que en el subcapítulo anterior se utilizó un método de ensayo y error siguiendo los siguientes pasos³².

1. Se asumió una T_w .
2. Se halló el número de Prandtl a esa temperatura.
3. Se encontró ha a partir de la ecuación (16).
4. Se encontró la verdadera T_w con la siguiente ecuación.

$$T_w = \frac{UpTv + haTm}{ha + Up} \quad (17)$$

³² *Ibíd.*; pág. 75

Donde

$$U_p = \frac{1}{\frac{A_i}{h_v A_o} + \frac{x D_i}{k D_{m, \log}}} \quad (18)$$

Donde las áreas A_i y A_o , el valor de k es la conductividad del acero inoxidable el cual es $0,045 \text{ KW/m}^\circ\text{C}$. Se tomó acero inoxidable ya que el ácido sulfúrico es un compuesto que ocasiona corrosión.

El diámetro y D_m , log ya se conocen y los demás valores ya fueron calculados, por medio de la ecuación (19):

$$U_p = 3,097 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2} ^\circ\text{C}$$

5). Si los valores de los pasos 1 y 5 no coincidían satisfactoriamente se repetían todos los pasos.

Asumiendo $T_w = 40^\circ\text{C}$ se obtienen resultados satisfactorios ya que:

$$Pr_w = 0,0043$$

$$h_a = 6,944 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2} ^\circ\text{C}$$

$$T_w = 39,764 ^\circ\text{C}$$

Como este valor es similar al asumido se concluye que:

$$h_a = 6,944 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2} ^\circ\text{C}$$

Reemplazando todos los valores hallados en la ecuación de coeficiente global:

$$U_d = 0,2994 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2} ^\circ\text{C}$$

Para hallar la temperatura de salida de la corriente que se obtiene del reactor se tomara suponiendo que la temperatura de salida del agua es de $30 ^\circ\text{C}$ y la temperatura de entrada de la solución es de 50°C .

Se tomó que el flujo de agua de enfriamiento es igual que el flujo de agua de enfriamiento que entra al tanque de enfriamiento (1320,86 galones).

$$Q_{agua} = Q_{PA}$$

$$m_{agua}Cp_{agua}(\Delta T)_{agua} = m_{PA}Cp_{PA}(\Delta T)_{PA}$$

$$7500 \frac{kg}{Dia} 1 \frac{Kcal}{Kg K} (T_2 - 323,15)K = 5000 \frac{kg}{Dia} 1 \frac{Kcal}{Kg K} (303,15 - 291,15)K$$

De la ecuación anterior se despeja la temperatura de salida (T₂) y se obtiene una temperatura de salida de 42 °C

$$T_2 = 315,15 K = 42^\circ C$$

3.3.5 Dimensionamiento horno secador. El dimensionamiento del horno secador se basó en la configuración geométrica y física del horno, así como también del proceso de transferencia de calor que ocurre en él.

El horno secador apropiado para IQN SAS tiene que lograr el secado de 1,55 toneladas/día de ácido ftálico húmedo, para finalmente tener una capacidad que supla la demanda final por mes de ácido ftálico que son 20 toneladas.

Se tomó un diseño geométrico en forma de cubo ya que se ha encontrado que al tener esta forma se garantiza mayor uniformidad de las temperaturas en cada punto del interior del horno³³.

Las dimensiones generales del horno, así como el material y la información de las bandejas se ven detalladamente en la ficha técnica mostrada a continuación:

³³FONTALVO PORRAS Emmanuel de Jesús, GUTIERREZ ROBLES Eliver José, Diseño de un horno para cocción de ladrillos refractarios en una empresa del sector ladrillero, Barranquilla, Universidad autónoma del caribe, facultad de ingeniería recuperado del sitio web <<http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/11619/816/TMEC%201147.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> con acceso el [26/09/2016]

Cuadro 19. Ficha técnica secador

FICHA TÉCNICA SECADOR			
		P1-SC-FT- 13	
EQUIPO		Secador	
TIPO		Bandejas	
UBICACIÓN		Planta 1	
DIMENSIONES GENERALES	Ancho (m)	2,0	
	Largo (m)	2,8	
	Alto (m)	2,4	
	Capacidad (m ³)	13,1	
MATERIAL	Hierro		
BANDEJAS	Largo (m)	0.8	
	Ancho (m)	0.4	
	Número de marcos	120	
	Material	Aluminio	
CARROS	Material	Hierro	
	Cantidad	3	
	Capacidad (bandejas)	40	
CALENTAMIENTO	Gas Natural		

Figura 39.Horno secador de bandejas.



3.3.5.1 Balance de calor en el horno. El calor necesario para secar 1550 kg por día pasando de una temperatura ambiente a una temperatura de 100 grados centígrados se halla con la siguiente ecuación:

$$Q = \left(\frac{1550 \text{ kg}}{\text{dia}} \right) * \left(\frac{0,2578 \text{ kcal}}{\text{kgk}} \right) * (100 - 25)^\circ\text{C}$$

$$Q = 29969, \text{kcal}/\text{dia}$$

Convirtiendo Kcal a J:

$$Q = \left(29969, \frac{\text{kcal}}{\text{dia}} \right) * \left(\frac{4,184 \text{ kj}}{1 \text{ kcal}} \right)$$

$$Q = 125391,342 \text{ kj}/\text{dia}$$

Pasando a horas:

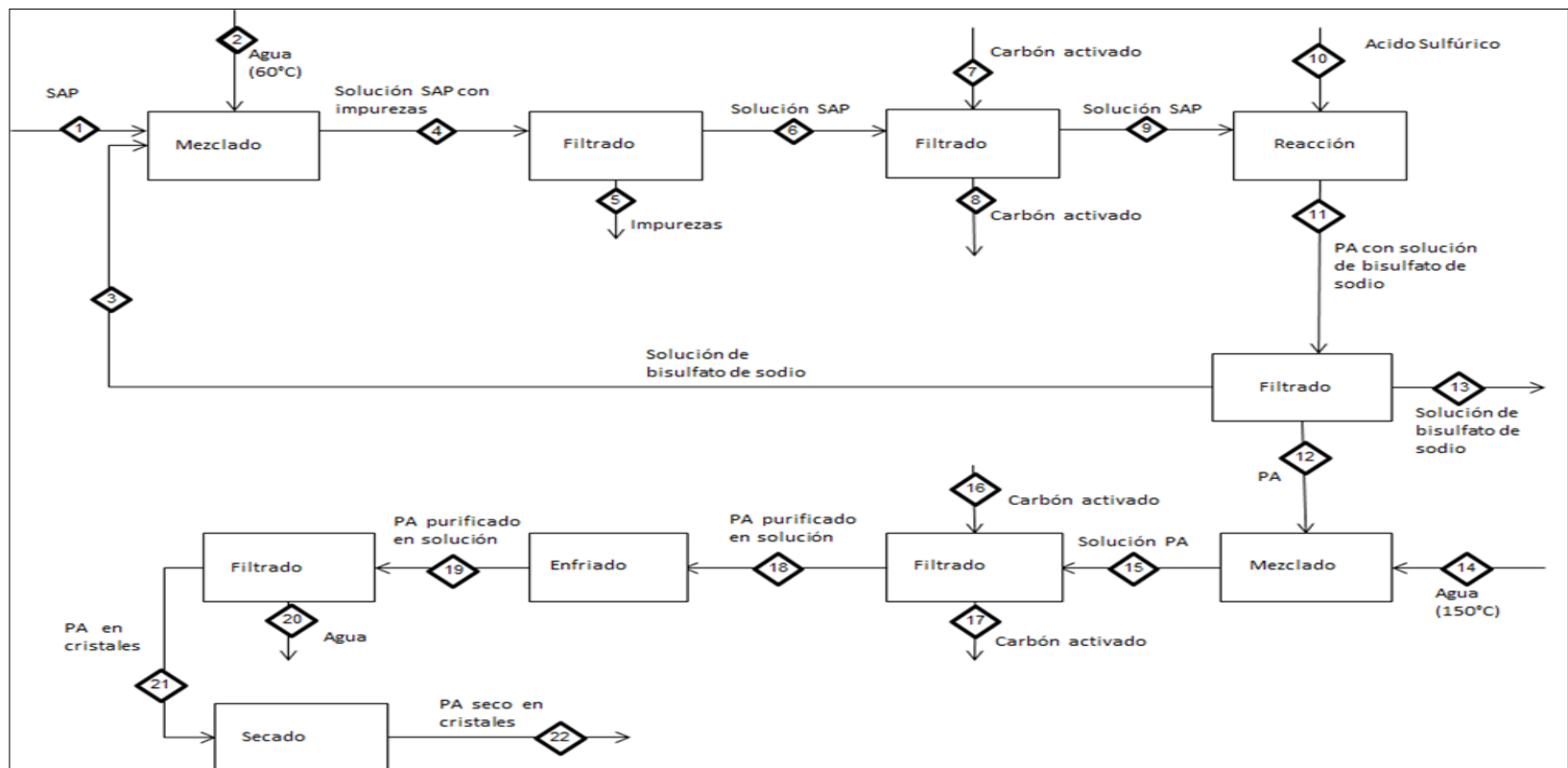
$$Q = \left(125391,342 \frac{\text{kj}}{\text{dia}} \right) * \left(\frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ h}} \right)$$

$$Q = 5224,63925 \frac{\text{kj}}{\text{h}}$$

3.4 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA PROPUESTA

Se realizó el diagrama de bloques de la propuesta 2 el cual se observa en la Figura 40. En donde se muestra cada una de las operaciones que se llevaran a cabo para la obtención de ácido ftálico a partir de SAP en la empresa IQN S.A.S.

Figura 40. Diagrama de bloques de la propuesta 2.



3.6 BALANCE DE MATERIA DEL PROCESO

Para llevar a cabo el balance fue necesario hallar el flujo másico, el cual se determinó de la siguiente manera:

Se tomó una base de cálculo de 20 toneladas por mes de ácido ftálico debido a que es la proyección de ventas inicial que espera obtener IQN S.A.S. una vez implementada la propuesta. Para esto se necesitan de 22 producciones al mes. Por cada lote de producción se ingresan al mezclador una cantidad de 1,9 toneladas de SAP, 3,8 toneladas de agua, 0,333 toneladas de solución de bisulfato de sodio. La producción de PA tarda aproximadamente un día desde el momento en que la materia prima ingresa al mezclador hasta que el PA sale del horno de secado.

Al tener la cantidad de materia prima y el tiempo el cual tarda la producción se puede decir que los flujos que se tomaran al ingresar al mezclador es de 1,9 toneladas por día de SAP, 3,8 toneladas por día de agua, 0,333 toneladas por día de solución de bisulfato de sodio.

Para cada de una de las corrientes que se observan en la Figura 37. Se le hallara el flujo de masa, es decir, para la corriente 1 el flujo que pasa por esta es m_1 y así para cada una de las corrientes descritas posteriormente.

3.6.1 Balance del mezclador. Los flujos de entrada al mezclador son los siguientes:

$$m_1 = 1,9 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} \qquad m_2 = 3,8 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} \qquad m_3 = 0,33 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

Se realiza el balance de masa ya que se tienen las corrientes de entrada de despeja la corriente se salida

$$m \text{ entrada} = m \text{ salida}$$

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4$$

$$1,9 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} + 3,8 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} + 0,33 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} = m_4$$

$$m_4 = 6,03 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

La corriente que se obtiene del mezclador sale a un flujo másico de 6,03 Ton /día.

3.6.2 Balance del Filtro prensa 1. El flujo de entrada al filtro prensa es mismo que sale del mezclador

$$m4 = 6,03 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

En este caso se tienen una corriente de entrada y dos corrientes de salida. Se necesitaba conocer uno de los flujos de salida del filtro.

En este caso se midió el flujo másico de impurezas que se obtienen del filtro el cual tiene un flujo de 0,12 Ton /día.

$$m \text{ entrada} = m \text{ salida}$$

$$m4 = m5 + m6$$

$$6,03 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} = 0,12 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} + m6$$

$$m6 = 6,03 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} - 0,12 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

$$m6 = 5,913 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

De este equipo se obtiene una corriente de 5,913 Ton/Día la cual ingresa al siguiente equipo.

3.6.3 Balance del Filtro prensa 2. El flujo de entrada al filtro prensa es mismo que sale del equipo anterior

$$m6 = 5,913 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

En este equipo se tiene una corriente a la cual se le agrega carbón activado el filtro separa el carbón de la mezcla de SAP y además algunas impurezas que no se hayan filtrado adecuadamente en equipo anterior. El flujo de carbón activado es de

$$m7 = 0,025 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

En este caso se asume que el mismo carbón activado que entra es el que sale del filtro lo cual quiere decir que el balance es el siguiente

$$m \text{ entrada} = m \text{ salida}$$

$$m_6 = m_9$$

$$5,913 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} = m_9$$

De este equipo se obtiene una corriente de 5,913 Ton/Día la cual ingresa al siguiente equipo.

3.6.4 Balance del reactor. Para el reactor la corriente de entrada es el flujo que sale del equipo anterior

$$m_9 = 5,913 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

A este equipo ingresa otra corriente que corresponde al ácido sulfúrico el cual entra a una razón de 1,4 Ton/ Día.

Las dos corrientes de entrada son las siguientes:

$$m_9 = 5,913 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} \qquad m_{10} = 1,4 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

Se realiza el balance de masa ya que se tienen las corrientes de entrada de despeja la corriente se salida.

$$m \text{ entrada} = m \text{ salida}$$

$$m_9 + m_{10} = m_{11}$$

$$5,913 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} + 1,4 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} = m_{11}$$

$$m_{11} = 7,313 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

3.6.5 Balance de energía en el reactor. Es fundamental conocer si la reacción que ocurre en el reactor requiere o desprende energía hacia sus alrededores, es decir si la reacción en el proceso es endotérmica o exotérmica y con esto realizar el procedimiento adecuado para controlar esta reacción en caso de que la temperatura empiece a aumentar dentro del reactor.

Para conocer si es una reacción exotérmica o endotérmica se realiza el cálculo de entalpia de formación utilizando datos de entalpias de formación estándar para los

compuestos involucrados en la reacción. Los datos de las entalpías de formación se encuentran en el Cuadro 20. Junto a su respectivo compuesto:

Cuadro 20. Entalpia de formación estándar para compuestos involucrados en reacción

Compuesto	Entalpia de formación (kJ/mol)
Ácido sulfúrico	-811,32
Acido ftálico	-663,33
Bisulfato de sodio	-1126

En el Cuadro 20. no se encuentra el SAP debido a que el dato de entalpia de formación para este compuesto no se encuentra en la literatura, debido a esto fue necesario estimar esta propiedad mediante el método de contribución de grupos de Joback y Reid³⁴ utilizando los siguientes datos (Tabla 7.)

Figura 41. Esquema de la molécula de ftalato de sodio

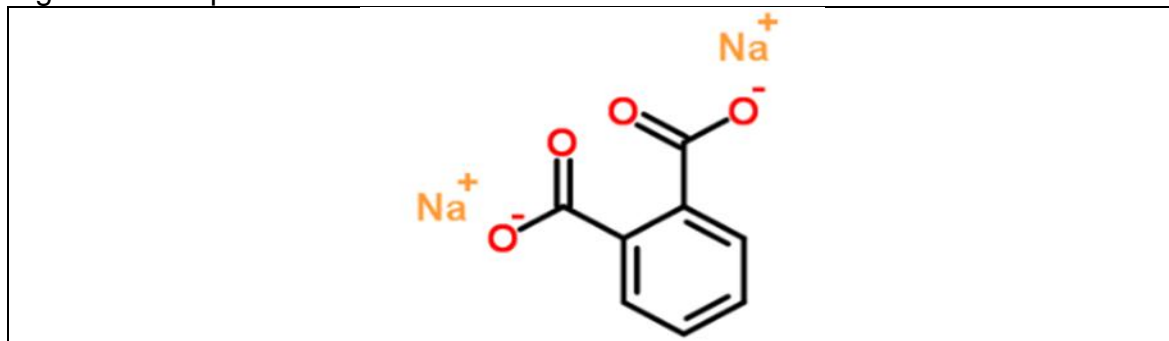


Tabla 7. Datos Joback y Reid para estimar entalpia de formación SAP

Grupo	Cantidad	Entalpia de formación (kJ/mol)
=CH-	4	8,36
=C<	2	92,86
-O- (abierto)	2	-264,44
>C=O (abierto)	2	-266,44
Na+	2	-480,2
Total		-909,86

Es importante aclarar que el método de contribución de grupos no cuenta con el dato para el Na+, por eso fue necesario consultarlo de manera independiente y sumarlo al resultado final con el fin de obtener un dato más preciso para la entalpia de formación del SAP.

³⁴ JOBACK, K.G.; Reid, R.C. estimation of pure – component properties from group contribution. Chem. Eng. Comm. 7:233-343, 1983.

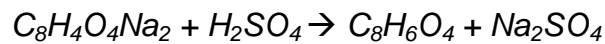
Finalmente para calcular el dato de entalpia para el SAP se utiliza la siguiente ecuación:

$$\Delta H^{\circ} \text{f SAP} = \Sigma \Delta H_{\text{fi}} + 68,29$$

$$\Delta H^{\circ} \text{f SAP} = -909,86 + 68,29$$

$$\Delta H^{\circ} \text{f SAP} = -841,57 \text{ kJ/mol}$$

Una vez obtenido el dato de entalpia para el SAP (-841,57 kJ/mol) es posible realizar el cálculo de entalpía de reacción utilizando los datos de la Tabla 25. De la siguiente manera:



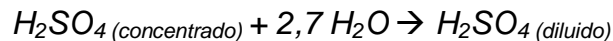
$$\Delta H_r^{\circ} = c \cdot \Delta H_{f(C)}^{\circ} + d \cdot \Delta H_{f(D)}^{\circ} - (a \cdot \Delta H_{f(A)}^{\circ} + b \cdot \Delta H_{f(B)}^{\circ})$$

$$\Delta H^{\circ} \text{r} = (-663,33 \text{ kJ/mol} + (-1126 \text{ kJ/mol})) - \left(-\frac{811,32 \text{ kJ}}{\text{mol}} + (-841,57 \text{ kJ/mol}) \right)$$

$$\Delta H^{\circ} \text{r} = -136,44 \text{ kJ/mol}$$

Con el dato de entalpía de reacción a partir de entalpías de formación podemos inferir que esta reacción es exotérmica y por ende liberara energía al ambiente. Pero no podemos olvidar que esta reacción tiene algo particular, y es que el SAP es mezclado primeramente con agua y luego cuando está en el reactor se le agrega ácido sulfúrico lo cual generara un calor de disolución muy fuerte, tan fuerte que posiblemente sea mayor que el calor de reacción calculado anteriormente. Es por eso que se optó por calcular el calor de disolución o entalpia de disolución para el ácido sulfúrico en agua con el fin de garantizar un control adecuado de la temperatura en el reactor.

El calor de disolución se calcula de la siguiente manera y utilizando los datos de la Tabla 8:



Se tomó la relación de 2,7 de agua porque en el proceso se utiliza esa proporción, de igual forma para el dato de H_2SO_4 (diluido) se tomó para una relación de 1:3, mientras que para el H_2SO_4 (concentrado) se tomó una concentración del 98%.

Tabla 8. Datos entalpías de formación para calcular entalpia de disolución

Compuesto	Entalpia de formación (kJ/mol)
H_2SO_4 (concentrado)	-811,775
H_2O	-285,84
H_2SO_4 (diluido)	-862,912

De la misma manera como se calculó la entalpia de reacción anteriormente se procede a calcular la entalpia de disolución así:

$$\Delta H^\circ \text{disolución} = (-862,912 \text{ kJ/mol}) - (-811,775 \text{ kJ/mol} + (2,7 * -285,84 \text{ kJ/mol}))$$

$$\Delta H^\circ \text{disolución} = -822,905 \text{ kJ/mol}$$

Una vez obtenidos los dos datos de entalpías, la primera de reacción y la segunda de disolución se comprueba que efectivamente el calor generado por la disolución es mucho mayor que el generado por la reacción y por ende para controlar esta energía y evitar que la temperatura dentro del reactor aumente descontroladamente es necesario utilizar una chaqueta de enfriamiento por donde circulara agua de enfriamiento.

La cantidad de agua que circulara por la chaqueta es calculada haciendo un balance de energía tomando el calor de disolución en vez del de reacción debido a que este primero predomina sobre el segundo, y con esto igualar la transferencia de calor entre la energía desprendida por la disolución y la energía que absorbe el agua de enfriamiento.

Sabiendo que:

$$Q = m * c_p * \Delta T$$

$$Q_{\text{generado}} = Q_{\text{absorbido}}$$

$$-822,905 \text{ kJ} = m(\text{agua}) * C_p(\text{agua}) * \Delta T$$

Para calcular la cantidad de agua que debe circular por la chaqueta es necesario utilizar la herramienta *solver* de Excel debido a que no se conoce la temperatura de salida del agua. Utilizando el valor de capacidad calorífica del agua a 18°C como 4,183 kJ/kg*k la cantidad de agua y la temperatura de salida para igualar el calor de disolución fueron de:

Masa agua: 1320,86 galones

Temperatura salida agua: 19°C

Se puede concluir que para igualar la transferencia de calor es necesario circular por la chaqueta del reactor 1320,86 galones de agua de enfriamiento durante los 10 minutos que dura el proceso en el reactor con el fin de controlar la temperatura y evitar que esta aumente descontroladamente.

3.6.6 Balance del Filtro prensa 3. El flujo de entrada al filtro prensa es el que se obtiene del reactor

$$m_{11} = 7,313 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

Se tiene una corriente de entrada y tres corrientes de salida. Se necesitaba conocer dos de los flujos de salida del filtro

En este caso se midió el flujo másico de la solución de bisulfato de sodio que es necesaria para disminuir el pH de 13 a 6 el cual tiene un flujo de 0,33 Ton /día y también se midió el flujo de PA que se obtiene el cual se obtuvo 1,733 Ton /Día.

$$m_{\text{entrada}} = m_{\text{salida}}$$

$$m_{11} = m_3 + m_{12} + m_{13}$$

$$7,313 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} = 0,33 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} + 1,733 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} + m_{13}$$

$$m_{13} = 7,313 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} - 0,33 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} - 1,733 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

$$m_{13} = 5,25 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

De este equipo se obtiene una corriente de 5,25 Ton/Día la cual sale del proceso para ser neutralizado ya que esta tienen un pH de 0 y así producir sulfato de sodio que es un subproducto del proceso.

3.6.7 Balance del mezclador 2. Los flujos de entrada al mezclador son los siguientes:

$$m_{12} = 1,733 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

$$m_{14} = 5,766 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

El flujo m 14 es una corriente de agua a una temperatura de 90°C que se agrega al mezclador para diluir el PA.

Se realiza el balance de masa ya que se tienen las corrientes de entrada de despeja la corriente se salida

$$m \text{ entrada} = m \text{ salida}$$

$$m_{12} + m_{14} = m_{15}$$

$$1,733 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} + 5,766 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} = m_{15}$$

$$m_{15} = 7,5 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

La corriente que se obtiene del mezclador sale a un flujo másico de 7,49 Ton /día.

3.6.8 Balance del Filtro prensa 2. El flujo de entrada al filtro prensa es mismo que sale del equipo anterior

$$m_{15} = 7,5 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

En este equipo se tiene una corriente a la cual se le agrega carbón activado el filtro separa el carbón de la mezcla de PA y agua. El flujo de carbón activado es de

$$m_{16} = 0,031 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

En este caso se asume que el mismo carbón activado que entra es el que sale del filtro lo cual quiere decir que el balance es el siguiente

$$m \text{ entrada} = m \text{ salida}$$

$$m_{15} = m_{18}$$

$$7,5 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} = m_{18}$$

De este equipo se obtiene una corriente de 7,49 Ton/Día la cual ingresa al siguiente equipo.

3.6.9 Balance del tanque de enfriamiento. La corriente que ingresa a este equipo es la proveniente del filtro prensa 2

$$7,5 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} = m_{18}$$

En este equipo se disminuye la temperatura por medio de agua de enfriamiento que circula por una chaqueta que tiene el tanque

Se conserva la cantidad que entra al tanque.

$$m_{\text{entrada}} = m_{\text{salida}}$$

$$m_{18} = m_{19}$$

$$7,5 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} = m_{19}$$

3.6.10 Balance del Filtro prensa 3. El flujo de entrada al filtro prensa 3 es el que se obtiene del tanque de enfriamiento.

$$m_{19} = 7,5 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

Luego se procede a hacer el balance sabiendo que este equipo actúa como un separador.

Fue necesario pesar la cantidad de PA purificado que se obtuvo del equipo el cual fue de 1,55 Ton/Día.

$$m_{\text{entrada}} = m_{\text{salida}}$$

$$m_{19} = m_{20} + m_{21}$$

$$7,5 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} = m_{20} + 1,55 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

$$m_{20} = 7,49 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} - 1,55 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

$$m_{20} = 5,95 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

De este equipo se obtiene una corriente de 5,94 Ton/Día la cual sale del proceso ya que es agua y se podría utilizar en otra parte del proceso.

3.6.11 Balance del horno de secado. El flujo de entrada al horno es la corriente de PA purificado.

$$m_{21} = 1,55 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

Luego se procede a hacer el balance sabiendo que este equipo actúa como un secador.

Se sabe que el PA que es ingresado tiene una humedad de 40% la cual es eliminada en este equipo.

$$m_{22} = m_{21} - (m_{21} * 0,4)$$

$$m_{22} = 1,55 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} - (1,55 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} * 0,4)$$

$$m_{22} = 1,55 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} - 0,62 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

$$m_{22} = 0,930 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

La corriente que se obtiene es el producto de interés para la empresa IQN S.A.S.

3.5 DIAGRAMA FLUJO DE PROCESOS (PFD)

Figura 42. Diagrama PFD de la propuesta 2.

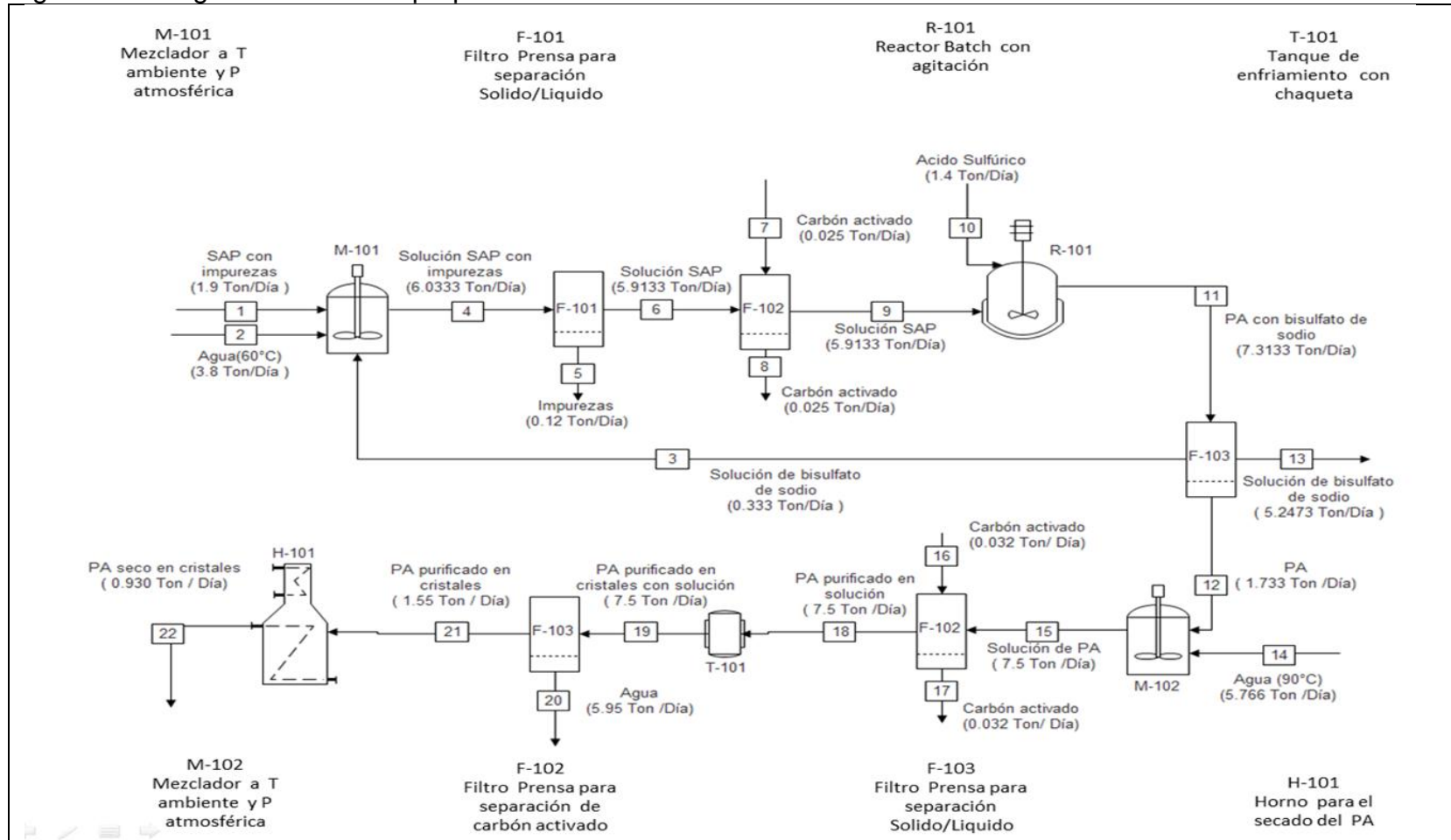


Tabla 9. Balance de materia por corriente.

Corriente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Flujo másico (Ton /día)	1,90	3,80	0,33	6,03	0,12	5,91	0,25	0,25	5,91	1,4	7,31	1,73	5,25	5,77
Temperatura (°C)	25	60	30	40	25	25	25	25	25	25	42	25	30	90
Presión (atm)	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74

Tabla 9. (Continuación)

Corriente	15	16	17	18	19	20	21	22
Flujo másico (Ton /día)	7,50	0,03	0,03	7,5	7,5	5,95	1,55	0,930
Temperatura (°C)	90	80	80	90	30	30	30	90
Presión (atm)	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74

Las fracciones másicas para cada corriente no pudieron ser calculadas debido a que no se conocen las composiciones de PA y bisulfato de sodio de las corrientes 3 y 13.

Cuadro 21. Condiciones críticas de operación

CORRIENTES CRITICAS DE OPERACIÓN PROPUESTA 2		4	11	15	19	22
		SALIDA MEZCLADOR M-101	SALIDA REACTOR R-101	SALIDA MEZCLADOR M-101	SALIDA TANQUE T-101	SALIDA HORNO H-101
FLUJO (TON/DIA)	MINIMO	3,5	5	5	5	0,8
	NORMAL	6	7,3	7,5	7,5	0,93
	MAXIMO	6,3	7,5	8	8	1
TEMPERATURA (°C)	MINIMO	30	25	80	10	60
	NORMAL	50	30	90	18	90
	MAXIMO	60	40	130	25	110

3.7 LISTA DE EQUIPOS

- 2 tanque Mezclador
- 3 Filtros prensa
- 1 Reactor Batch
- 1 horno secador
- 1 tanque enchaquetado

Actualmente la empresa IQN S.A.S. cuenta con un Filtro prensa, un tanque mezclador, un tanque enchaquetado, un horno secador y un Reactor Batch para la ejecución de esta propuesta es necesario invertir en la compra de un tanque mezclador y 2 filtros prensa.

3.8 FILOSOFÍA DE OPERACIÓN

Este proceso iniciará en los tanques de almacenamiento del SAP, los cuales son llevados a la planta de proceso mediante montacargas. Se agregan 1,9 toneladas por día de esta sal (corriente 1) al mezclador M-101 con una temperatura de 25°C en donde adicionalmente se le agrega una corriente de 3,8 toneladas por día de agua (corriente 2) a una temperatura de 60 °C proveniente del reactor R-101, esto sucede debido a que el reactor en la etapa inicial del proceso es usado como tanque de calentamiento para el agua que se ingresa a dicho mezclador; el paso del agua del reactor R-101 al mezclador M-101 es mediante una bomba centrifuga accionada de manera manual.

Al mezclador M-101 también se le agrega una corriente de 0.333 toneladas por día de solución de bisulfato de sodio (corriente 3) que se obtiene del filtro prensa F-103, en esta etapa de proceso es fundamental el control del pH debido a que si el pH disminuye más de 6 posiblemente precipitara el ácido ftálico, la corriente obtenida (corriente 4) de este mezclador es llevada a un filtro prensa F-101 el cual separa las impurezas de la mezcla de SAP (corriente 5), esta operación tiene un tiempo de filtrado de aproximadamente 2 horas.

En esta etapa del proceso no es necesario el control de presión ni de temperatura debido a que no ha ocurrido reacción.

A la corriente resultante (corriente 6) se le agrega 0,025 toneladas por día de carbón activado (corriente 7) y es llevada al filtro prensa F-102 en el cual se lleva a cabo la separación de este carbón activado (corriente 8) de la solución de SAP, es importante tener en cuenta que este equipo trabaja con lonas las cuales

pueden saturarse y posiblemente el filtro prensa deje de funcionar adecuadamente.

Esta solución de SAP (corriente 9) es llevada al reactor R-101 donde se le agrega una corriente de 1,4 Toneladas por día de ácido sulfúrico al 98% (corriente 10) el cual es almacenado en tanques los cuales son llevados al reactor por medio de una polea. Al agregar el ácido sulfúrico en la solución de SAP ocurre una reacción en la cual precipita ácido ftálico (PA) y como subproducto una solución de bisulfato de sodio. Es importante que el ácido sulfúrico sea agregado lentamente (540 mL / min) con el fin de evitar la formación de espuma y por ende que la mezcla se rebose del reactor R-101, adicionalmente es fundamental que durante este proceso de reacción (10 minutos aproximadamente) la chaqueta del reactor contenga constantemente agua de enfriamiento (1320,86 galones) con el fin de evitar un aumento en la temperatura del reactor.

La corriente resultante (corriente 11) sale aproximadamente a una temperatura de 42 °C, esta corriente es llevada al filtro F-103 en el cual se separa 1,733 tonelada por día de PA (corriente 12) que se obtiene en forma de torta de 5,580 toneladas por día de bisulfato de sodio que se obtiene en solución, una parte de este subproducto (0,333 toneladas por día (corriente 3)) es llevada al mezclador M-101 y otra parte (5,247 toneladas por día (corriente 13)) es llevada a otro proceso en el cual se produce sulfato de sodio; el PA obtenido es llevado a un segundo mezclador M-102 en el cual se tiene 5,766 toneladas por día de agua a una temperatura de 90°C (corriente 14) para así asegurar que todo el PA se solubilice en el agua.

A ésta solución (corriente 15) se le agrega 0,032 toneladas por día de carbón activado (corriente 16) y es llevada al filtro prensa F-102 en el cual se lleva a cabo la separación de este carbón activado de la solución de SAP. Al igual que en el proceso anteriormente mencionado es importante tener en cuenta que este equipo trabaja con lonas las cuales pueden saturarse al superar un delta de presión de 1,01 kg*cm⁻² logrando que el filtro prensa deje de funcionar adecuadamente.

Esta solución (corriente 18) es llevada a un tanque de enfriamiento T-101 el cual posee una chaqueta por la cual circula mediante una bomba centrífuga una cantidad de agua a una temperatura de aproximadamente 18 °C con un caudal de 200 GPM con la función de enfriar la solución a una temperatura de 30°C para que se obtengan los cristales de PA purificados. Es importante mantener el caudal y la recirculación del agua para lograr un buen enfriamiento y por ende una buena cristalización.

Esta mezcla (7,5 toneladas por día) (corriente 19) es llevada al filtro F-103 en el cual se lleva la separación del PA (1,55 toneladas por día) (corriente 21) de 5,95 toneladas por día de agua (corriente 20) en el cual el PA se obtiene en cristales

pero con una humedad de un 40% por esta razón es llevado a un horno de secado H-101 el cual trabaja a una temperatura de 100°C y con esto eliminar la humedad. De esta manera se obtienen 0,930 toneladas por día de ácido ftálico seco en cristales (corriente 22) el cual puede ser utilizado para la producción de resinas y plastificantes en IQN S.A.S.

4. VIABILIDAD FINANCIERA PARA PROPUESTA DE PRE TRATAMIENTO DE FTALATO DE SODIO

El propósito de este capítulo es demostrar financieramente si la ejecución de esta propuesta es viable para IQN S.A.S. teniendo en cuenta la proyección de ventas, el valor de la inversión y los costos de operación. Finalmente se concluirá si es posible o no poner en práctica el desarrollo de esta propuesta a escala industrial.

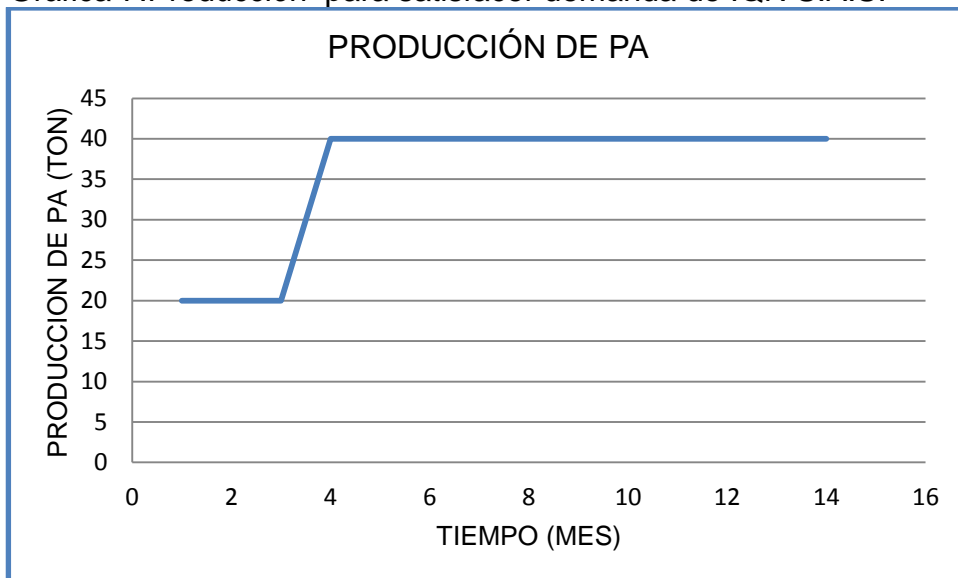
4.1 PROYECCIÓN DE INGRESOS POR VENTAS DE LA EMPRESA IQN S.A.S.

En la Tabla 10 y Grafica 7. Se observa la producción de ácido ftálico que espera tener IQN S.A.S. a lo largo de los próximos 14 meses³⁵.

Tabla 10. Proyección de producción de PA a 14 meses

MES	PRODUCCIÓN PA (TON)
1-3	20
4-14	40

Gráfica 7. Producción para satisfacer demanda de IQN S.A.S.



Como se puede observar en la Gráfica 7. La empresa desea producir actualmente una cantidad de 20 Toneladas durante 3 meses, las cuales se pueden obtener satisfactoriamente de la manera descrita en el capítulo 3.

³⁵ ENTREVISTA con Luis Fernando Suarez, Gerente de IQN S.A.S. Bogotá. 23 de agosto del 2016.

Para los meses siguientes la empresa IQN S.A.S. Desea producir 40 toneladas por mes, es necesario ampliar las instalaciones de la empresa con el fin de tener mayor cantidad de equipos que permitan cumplir con esta demanda.

4.1.1 Ventas de producción. Actualmente IQN S.A.S. vende el ácido ftálico a un precio de 1600 COP el kilo ³⁶debido a que la calidad que se obtiene para este no es muy alta (88,76%). Por lo tanto al ejecutar esta propuesta que posee un porcentaje de pureza mucho mayor (98,19%), es posible aumentar el precio de venta y venderlo a 2800 COP/ kg. Por otro lado el sulfato de sodio (subproducto de la reacción) el cual es utilizado en la industria se venderá a un precio de 400 COP/ kg.

Las ventas de producción por mes (22 producciones) se encuentran en la Tabla 11.

Tabla 11. Ventas de producción por mes. Cifras en COP

Producto	Ventas por mes
Acido ftálico	57.288.000
Sulfato de sodio	46.176.240
Total	103.464.240

4.2 VALOR DE LA INVERSIÓN

Como se mencionaba en el capítulo anterior el diseño conceptual de la propuesta se hizo teniendo en cuenta los equipos con los que cuenta actualmente IQN S.A.S. Enfatizando que adicional a los equipos actuales era necesario la inversión para la compra de 2 filtros prensa y de un mezclador. En la Tabla 12 se muestra el costo de inversión para estos tres equipos:

Tabla 12. Valor inversión en equipos. Cifras en COP

Equipo	Cantidad	Costo optimista	Costo normal	Costo critico
Filtro Prensa	2	126.616.000	258.155.660	339.487.580
Mezclador	1	27.000.000	44.080.000	63.000.000
TOTAL	-	153.616.000	302.235.660	402.487.580

Los datos acerca de los costos fueron tomados en base a cotizaciones reales hechas en diferentes empresas fabricantes de equipos industriales, estas cotizaciones se encuentran adjuntadas en el anexo E y sus respectivos precios son corrientes para el año 2017.

³⁶ ENTREVISTA con Luis Fernando Suarez, Gerente de IQN S.A.S. Bogotá. 23 de agosto del 2016.

Como se observa en el Tabla 12 hay tres tipos de costos: optimista, normal y crítico. Estos varían entre sí de acuerdo a la empresa cotizante y a los materiales utilizados para la fabricación de los equipos, por ejemplo en el caso del filtro prensa el costo crítico es tan alto porque los marcos para cada filtro son hechos totalmente en acero inoxidable mientras que para el costo normal serían en acero inoxidable pero huecos.

Los costos normal y crítico para filtro prensa fueron cotizados en euros, por lo tanto se realizó su respectiva conversión a pesos colombianos tomando el valor del euro para el día 12 de marzo del 2017 el cual fue de 3.182 COP³⁷.

Estos tres costos se tomarán en cuenta más adelante, con el fin de realizar los respectivos cálculos de VPN con proyecto, debido a que al implementar el proyecto sería necesario realizar esta inversión en equipos

4.3 COSTOS DE OPERACIÓN

Para los costos de operación se toma la cantidad de reactivos a utilizar por mes de producción, cantidad de servicios auxiliares por mes y con esto se procede a calcular el costo total para la producción de ácido ftálico.

El costo del SAP es de aproximadamente 300 COP/ kg mientras que el costo del ácido sulfúrico para IQN S.A.S. es de 1300 COP/ kg. En la Tabla 13 se encuentran los costos de materia prima por mes de producción. Los cálculos de costo mensual de reactivos se encuentran a continuación:

$$\text{Costo SAP} = \left(\frac{300\text{COP}}{\text{kg}} \right) * \left(\frac{1000\text{kg}}{1\text{ton}} \right) * \left(\frac{42\text{ton}}{\text{mes}} \right)$$

$$\text{Costo SAP} = 12'600.000 \text{ \$/mes}$$

$$\text{Costo ácido sulfúrico} = \left(\frac{1300\text{COP}}{\text{kg}} \right) * \left(\frac{1000\text{kg}}{1\text{ton}} \right) * \left(\frac{31\text{ton}}{\text{mes}} \right)$$

$$\text{Costo ácido sulfúrico} = 40'300.000 \text{ \$/mes}$$

$$\text{Costo Carbón Activado} = \left(\frac{1500\text{COP}}{\text{kg}} \right) * \left(\frac{1000\text{kg}}{1\text{ton}} \right) * \left(\frac{1,254\text{ton}}{\text{mes}} \right)$$

$$\text{Costo Carbón Activado} = 1'881.000 \text{ COP/mes}$$

³⁷ Recuperado del sitio web <dólar.wilkinsonpc.com.co/divisas/euro.html> con acceso el [21/11/2016]

Tabla 13. Costos materia prima por mes. Cifras en COP

Materia prima	COP/mes
SAP	12.600.000
Ácido Sulfúrico	40.300.000
Carbón Activado	1.881.000
Costo Total materia prima	54.781.000

De acuerdo a la Tabla 13 el costo total de materia prima por mes de producción de ácido ftálico para la empresa IQN S.A.S. es de cincuenta y cuatro millones setecientos ochenta y un mil pesos.

El agua que también hace parte de la materia prima se incluye dentro de los costos de servicio debido a que es necesaria tanto para el tanque de enfriamiento y el reactor pero también como corriente de ingreso en los dos mezcladores.

4.3.3 Costos de servicios. Se llevó a cabo el costo por servicio utilizado para la elaboración de ácido ftálico con la propuesta 2 en la empresa IQN S.A.S.

4.3.3.1 Agua. El costo de la cantidad de agua usada en el proceso se llevara a cabo de la siguiente manera, primero se hallara el costo del agua usada para las diluciones del SAP y ácido ftálico respectivamente, y luego se obtendrá el costo del agua que se usa para enfriar etapas del proceso.

El costo del agua usada para las disoluciones se realizara conociendo la cantidad de agua usada en el mezclador M-101 y en el mezclador M-102 las cuales se pueden observar en la Figura 36. Que se encuentra en el capítulo 3

Para la densidad del agua y el costo por m³ de agua Se tomara un valor de 1000 Kg/m³ y 3056,27 COP/ m³ respectivamente. El dato del costo del agua se tomó utilizando información de Codensa³⁸.

De acuerdo al capítulo anterior para la elaboración de la 20 Ton de ácido ftálico se necesitan aproximadamente 22 Días por mes

Costo agua Para el mezclador M-101

$$\begin{aligned}
 \text{Costo agua M - 101} &= 3,8 \frac{\text{Ton}}{\text{Dia}} \left(\frac{1000\text{Kg}}{1 \text{Ton}} \right) \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000\text{Kg}} \right) \left(\frac{3056,27 \text{ COP}}{\text{m}^3} \right) \left(\frac{22 \text{ Dias}}{1 \text{ mes}} \right) \\
 &= 255505 \frac{\text{COP}}{\text{mes}}
 \end{aligned}$$

³⁸ Recuperado del sitio web <<http://www.acueducto.com.co/>> con acceso el [25/11/2016]

Costo agua Para el mezclador M-102. Cifras en COP

$$\begin{aligned} \text{Costo agua M} - 102 &= 5,766 \frac{\text{Ton}}{\text{Dia}} \left(\frac{1000\text{Kg}}{1 \text{Ton}} \right) \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000\text{Kg}} \right) \left(\frac{3056,27 \text{ COP}}{\text{m}^3} \right) \left(\frac{22 \text{ Dias}}{1 \text{ mes}} \right) \\ &= 387694 \frac{\text{COP}}{\text{mes}} \end{aligned}$$

Costo total para las diluciones. Cifras en COP

$$\text{costo total} = 255505 \frac{\text{COP}}{\text{mes}} + 387694 \frac{\text{COP}}{\text{mes}} = 643200 \frac{\text{COP}}{\text{mes}}$$

Costo agua de enfriamiento

Costo para reactor Batch R-101. Cifras en COP

Para que el calor generado sea igual al calor absorbido es necesario hacer circular por la chaqueta de enfriamiento 1320,86 galones.

$$1321 \frac{\text{Galones}}{\text{Dia}} \left(\frac{0,00378541 \text{ m}^3}{1 \text{ galon}} \right) \left(\frac{3056,27 \text{ COP}}{\text{m}^3} \right) \left(\frac{22 \text{ Dias}}{1 \text{ mes}} \right) = 336300 \frac{\text{COP}}{\text{mes}}$$

Costo para tanque de enfriamiento. Cifras en COP

$$40828 \frac{\text{Kg agua}}{\text{Dia}} \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000\text{Kg agua}} \right) \left(\frac{3056,27 \text{ COP}}{\text{m}^3} \right) \left(\frac{22 \text{ Dias}}{1 \text{ mes}} \right) = 2'745200 \frac{\text{COP}}{\text{mes}}$$

Costo total agua de enfriamiento. Cifras en COP

$$\text{Costo agua enfriamiento} = 336300 \frac{\text{COP}}{\text{mes}} + 2'745200 \frac{\text{COP}}{\text{mes}} = 3'081500 \frac{\text{COP}}{\text{mes}}$$

Costo Total de agua Cifras en COP

$$\text{costo total de agua} = 643200 \frac{\text{COP}}{\text{mes}} + 3'081500 \frac{\text{COP}}{\text{mes}} = 3'724700 \frac{\text{COP}}{\text{mes}}$$

4.3.3.2 Electricidad

COSTO DE ELECTRICIDAD DE LOS MEZCLADORES.

El costo de electricidad usado por los mezcladores se halló de la siguiente manera:

Se obtuvo que el valor del kW/h es aproximadamente 403,6 COP/kWh³⁹.
Teniendo en cuenta los valores hallados anteriormente en la Cuadro 4. En el Subcapítulo 3.2 se tiene que los mezcladores gastan 0,5714 kW/h

Los cuales son usados 8 horas por día y la producción de 20 Ton de ácido ftálico tiene una duración de 22 días. Cifras en COP

Con estos datos es posible hallar el costo mensual de electricidad de la siguiente manera:

$$0,5714 \frac{kW}{h} \left(\frac{403,6 COP}{Kwh} \right) \left(\frac{8 h}{1 dia} \right) \left(\frac{22 dias}{1 mes} \right) = 40600 \frac{COP}{mes}$$

COSTO DE ELECTRICIDAD DE LOS FILTROS PRENSA

En la Tabla 9. Se obtiene que para el funcionamiento de los filtros prensa se necesiten 5,1427 kW/h.

Los filtros se utilizaran 5 horas diarias y el proceso de producción de 20 Toneladas dura 22 días aproximadamente. Cifras en COP.

Con los valores anteriores se halló el costo mensual que consumen los filtros:

$$5,1427 \frac{kW}{h} \left(\frac{403,6 COP}{Kwh} \right) \left(\frac{5 h}{1 dia} \right) \left(\frac{22 dias}{1 mes} \right) = 228400 \frac{COP}{mes}$$

COSTO DE ELECTRICIDAD REACTOR BATCH

En la Tabla 9. Se tiene el valor de consumo del reactor Batch el cual es 0,2857 kW/h.

Este reactor es usado 2 horas diarias y el proceso de producción de 20 Toneladas dura 22 días aproximadamente. Cifras en COP.

Con los datos anteriores se halla el costo de mensual de consumo del recurso eléctrico

$$0,2857 \frac{kW}{h} \left(\frac{403,6 COP}{Kwh} \right) \left(\frac{2 h}{1 dia} \right) \left(\frac{22 dias}{1 mes} \right) = 5100 \frac{COP}{mes}$$

³⁹ Recuperado del sitio web

<https://www.codensa.com.co/document/Tarifario_enero_2016.pdf> con acceso el [21/11/2016]

COSTO DE ELECTRICIDAD DEL HORNO SECADOR

En la Tabla 9. Del subcapítulo 3.2 Se tomó el valor de consumo del horno secador el cual tiene un consumo bastante elevado 7,4284kW/h. Este equipo es usado 24 horas diarias ya que dura 2 horas para secar 200 kg de producto y el proceso de producción de 20 Toneladas dura 22 días aproximadamente. Cifras en COP

Con los datos anteriores se halla el costo de mensual de consumo del recurso eléctrico

$$7,4284 \frac{kW}{h} \left(\frac{403,6 COP}{Kwh} \right) \left(\frac{24 h}{1 dia} \right) \left(\frac{22 dias}{1 mes} \right) = 1'583000 \frac{COP}{mes}$$

Costo total de electricidad. Cifras en COP

$$\begin{aligned} \text{Costo total de electricidad} \\ &= 40600 \frac{COP}{mes} + 228400 \frac{COP}{mes} + 5100 \frac{COP}{mes} + 1'583000 \frac{COP}{mes} \\ &= 1'857100 \frac{COP}{mes} \end{aligned}$$

4.3.3.3 Combustible. Se obtuvieron los datos del costo son 126,26 COP/kWh por medio de la empresa gas natural Fenosa.

El equipo el cual se usa para calentar el agua es el reactor batch ya que tiene una entrada de Gas natural.

Este equipo es usado para calentar el agua y tiene un tiempo de duración de 14 horas para elevar la temperatura hasta 60 °C de 8 Toneladas de agua y este equipo es usado 22 días por mes. Cifras en COP

Con los datos anteriores se puede obtener el consumo mensual y su dicho costo:

$$6 \frac{m^3}{h} \left(\frac{126,26 COP}{Kwh} \right) \left(\frac{11,70 kWh}{1m^3} \right) \left(\frac{14 h}{1 dia} \right) \left(\frac{22 dias}{1 mes} \right) = 2'729950 \frac{COP}{mes}$$

COSTO TOTAL SERVICIOS

Σ Costos Servicios =

$$\begin{aligned} \Sigma \text{Costos Servicios} &= 1'857100 \frac{COP}{mes} + 2'729950 \frac{COP}{mes} + 3'724700 \frac{COP}{mes} \\ &= 8'311.750 COP/mes \end{aligned}$$

Tabla 14. Costo total servicios auxiliares por mes. Cifras en COP

Servicio auxiliar	COP/mes
AGUA	3.724.700
ELECTRICIDAD	1.857.100
COMBUSTIBLE	2.729.950
TOTAL	8.311.750

4.4 MARGEN BRUTO

Para calcular el margen bruto mensual entre lo que cuesta producir ácido ftálico, sulfato de sodio y el precio de venta de estos, es necesario tener en cuenta las ventas de producción para los dos productos, los costos de materia prima y los costos de servicio de la siguiente manera:

Margen bruto mensual = Σ Ventas Producción - Σ Costos Materias Primas - Σ Costos Servicios

Margen bruto mensual = 103.464.240 COP – 54.781.000 COP - 8.311.750 COP

Margen bruto mensual = 40.371.490 COP

El valor de ventas de producción fue tomando del capítulo 4.1.1 en donde se suman las ventas totales de ácido ftálico y sulfato de sodio por mes (22 producciones) de la siguiente manera:

$$\text{Ventas Acido ftalico} = 0,930 \frac{\text{Ton}}{\text{mes}} * \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ Ton}} * \frac{22 \text{ Producciones}}{\text{mes}} * \frac{2800 \text{ COP}}{\text{kg}}$$

$$\text{Ventas Acido ftalico} = 57.288.000 \frac{\text{COP}}{\text{mes}}$$

$$\text{Ventas Sulfato de sodio} = 6 \frac{\text{Ton}}{\text{mes}} * \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ Ton}} * \frac{22 \text{ Producciones}}{\text{mes}} * \frac{400 \text{ COP}}{\text{kg}}$$

$$\text{Ventas Sulfato de sodio} = 46.176.240 \frac{\text{COP}}{\text{mes}}$$

$$\Sigma \text{ Ventas producción/mes} = 103.464.240 \text{ COP}$$

Existen más factores que pueden variar las ganancias netas mensuales (no se encuentran incluidos en este trabajo): por ejemplo, cambios en los precios de las materias primas, depreciación de los equipos o gastos administrativos.

4.5 VALOR PRESENTE NETO

Con el fin de determinar si la ejecución de este proyecto es factible financieramente para IQN S.A.S. se optó por utilizar el indicador financiero de valor presente neto (VPN) el cual es utilizado para evaluar proyectos de inversión. Gracias a esta indicador se determina si una inversión realizada cumple con el objetivo de obtener beneficios financieros a largo plazo.

Para el caso de este trabajo se realizaron los cálculos de VPN con y sin proyecto usando datos de proyección de ventas a 5 años, costos de operación y una tasa de interés de oportunidad (TIO) del 11,72%.

Para hallar esta TIO, (11,72%) con la cual se va a medir el proyecto, se toman en cuenta 2 factores fundamentales (1 externo al proyecto y 1 propio del proyecto) que son: el promedio simple del registro del DTF (tasa de referencia del costo de captación de recursos en CDT's a 90 días) durante 48 semanas del año 2016 y la tasa interna del inversionista, que para efecto del presente proyecto es del 5%.

En la Tabla 15 se muestran los datos de DTF durante las 48 semanas del año 2016⁴⁰.

Tabla 15. Promedio DTF en Colombia del 04/01/2016 al 04/12/2016

Vigencia desde	Vigencia hasta	DTF
28/11/2016	04/12/2016	7,00%
21/11/2016	27/11/2016	7,05%
14/11/2016	20/11/2016	7,06%
07/11/2016	13/11/2016	6,93%
31/10/2016	06/11/2016	7,36%
24/10/2016	30/10/2016	6,99%
17/10/2016	23/10/2016	6,93%
10/10/2016	16/10/2016	7,07%
03/10/2016	09/10/2016	7,24%
26/09/2016	02/10/2016	7,13%
19/09/2016	25/09/2016	7,04%
12/09/2016	18/09/2016	7,21%
05/09/2016	11/09/2016	7,22%
29/08/2016	04/09/2016	7,24%
22/08/2016	28/08/2016	7,23%
15/08/2016	21/08/2016	7,13%

⁴⁰ Recuperado de la página web <<http://www.banrep.gov.co/es/dtf>> con acceso el [01/11/2016]

Tabla 15. (Continuación)

Vigencia desde	Vigencia hasta	DTF
01/08/2016	07/08/2016	7,29%
25/07/2016	31/07/2016	7,59%
18/07/2016	24/07/2016	7,01%
11/07/2016	17/07/2016	7,07%
04/07/2016	10/07/2016	6,83%
27/06/2016	03/07/2016	6,93%
20/06/2016	26/06/2016	6,95%
13/06/2016	19/06/2016	6,73%
06/06/2016	12/06/2016	6,99%
30/05/2016	05/06/2016	6,97%
23/05/2016	29/05/2016	7,01%
16/05/2016	22/05/2016	6,74%
09/05/2016	15/05/2016	6,52%
02/05/2016	08/05/2016	6,54%
25/04/2016	01/05/2016	6,97%
18/04/2016	24/04/2016	6,49%
11/04/2016	17/04/2016	6,47%
04/04/2016	10/04/2016	6,48%
28/03/2016	03/04/2016	6,37%
21/03/2016	27/03/2016	6,36%
14/03/2016	20/03/2016	6,17%
07/03/2016	13/03/2016	6,28%
29/02/2016	06/03/2016	6,43%
22/02/2016	28/02/2016	6,36%
15/02/2016	21/02/2016	6,18%
08/02/2016	14/02/2016	5,92%
01/02/2016	07/02/2016	5,87%
25/01/2016	31/01/2016	6,08%
18/01/2016	24/01/2016	5,32%
11/01/2016	17/01/2016	5,35%
04/01/2016	10/01/2016	5,21%
DTF	Promedio	6,72%

La tasa interna de oportunidad (TIO), referente para medir este proyecto, es la sumatoria de estos dos factores mencionados anteriormente y los resultados se ven en la Tabla 16.

Tabla 16. Tasa interna de oportunidad (TIO)

Factor	Porcentaje (%)
DTF	6,72
Tasa Interna del Inversionista	5,00
TIO (Tasa interna de oportunidad)	11,72

4.5.1 VPN sin proyecto .Para realizar los cálculos de VPN sin proyecto se tomaron los costos de operación y de materia prima mencionados en el desarrollo de este capítulo; también se calculó el margen bruto por las ventas teniendo en cuenta que actualmente se vende el ácido ftálico a un precio de 1600 COP/Kg.

Para los cálculos de VPN se realizaron las siguientes suposiciones:

- Tomando el dato para el primer año en la proyección de ventas se sabe que para producir 40 toneladas de ácido ftálico los costos totales y las ventas totales serán el doble con respecto a los meses anteriores en los cuales se producían 20 toneladas de ácido ftálico.

Por tal motivo los ingresos y los egresos para el año 2017 se muestran en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Ingresos y egresos para el año 2017 sin proyecto. Cifras en COP

Año	2016	2017
PRODUCCION (TON)	240	480
INGRESOS (COP)	946.946.880	1.893.893.760
EGRESOS (COP)	757.113.000	1.514.226.000

La proyección de ventas se hizo para 5 años y se tomaron valores estables de ventas a partir del segundo año, teniendo en cuenta el aumento anual del valor de los egresos e ingresos con respecto a la variación porcentual del IPP⁴¹ para los años 2017 hasta 2021. Como se ve en el Cuadro 23 el IPP para los ingresos fue 0,5% mayor que el de los egresos suponiendo que con el paso de los años el precio del producto será mayor.

Se tomo el IPP debido a que IQN S.A.S. al ser productora, debe de tener en cuenta las variaciones promedio de los precios al productor y con esto tener una idea más aproximada de cómo serán sus proyecciones de ingresos y egresos para los siguientes años.

⁴¹ Recuperado de la página web <www.tradingeconomics.com/colombia/producer-prices/forecast> con acceso el [21/11/2016]

El cálculo para cada año de ingresos y egresos se hizo de la siguiente manera teniendo en cuenta su respectivo valor de IPP:

$$\text{Ingresos 2017} = 1.893.893.760 \text{ COP} + (1.893.893.760 \text{ COP} * 2,09\%)$$

$$\text{Ingresos 2017} = 1.933.476.144 \text{ COP}$$

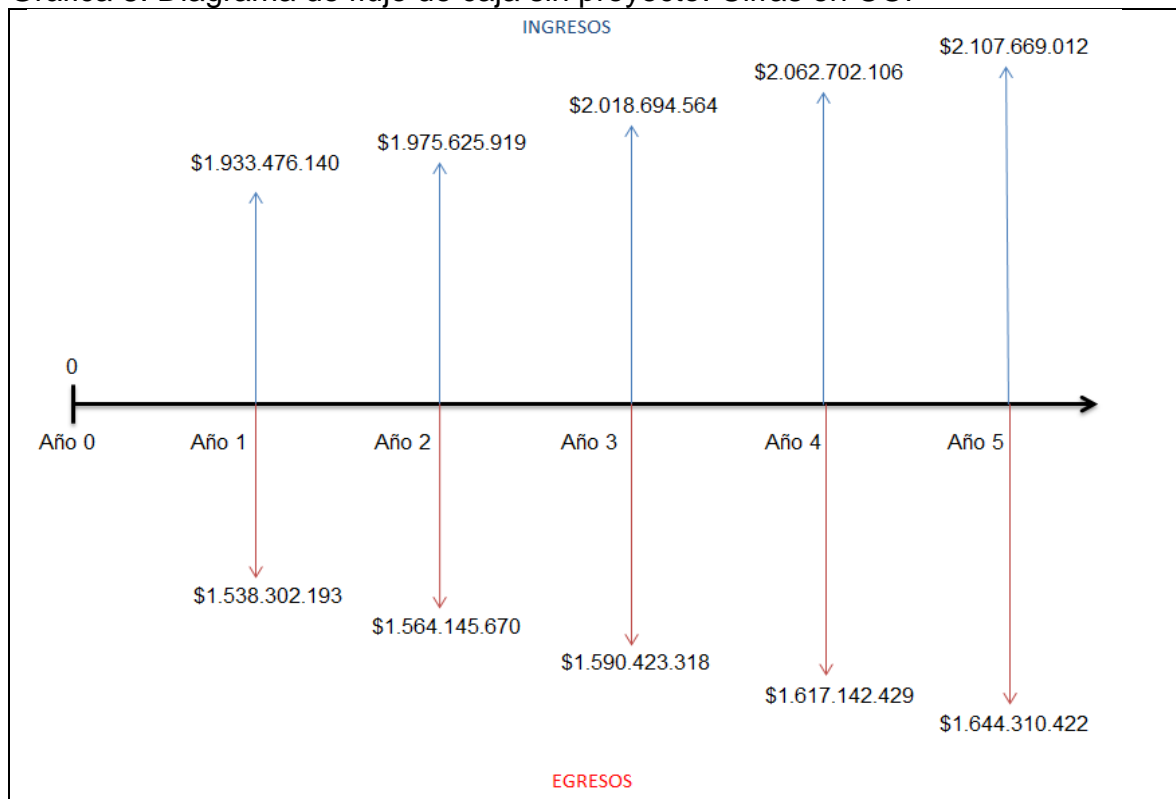
$$\text{Egresos 2017} = 1.514.226.000 \text{ COP} + (1.514.226.000 \text{ COP} * 1,59\%)$$

$$\text{Egresos 2017} = 1.538.302.188 \text{ COP}$$

Cuadro 23. Ingresos y egresos para los años 2017 a 2021. Cifras en COP

Año	2017	2018	2019	2020	2021
Variación IPP proyectado	1,59%	1,68%	1,68%	1,68%	1,68%
Proyección ingresos	1.933.476.140	1.975.625.919	2.018.694.564	2.062.702.106	2.107.669.012
Proyección egresos	1.538.302.193	1.564.145.670	1.590.423.318	1.617.142.429	1.644.310.422

Gráfica 8. Diagrama de flujo de caja sin proyecto. Cifras en COP

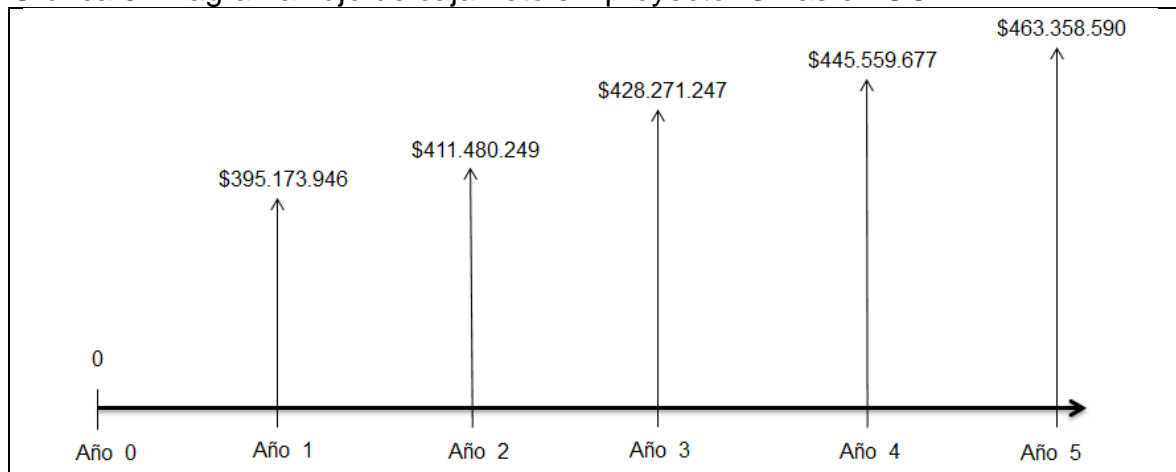


Los datos para el cálculo de VPN sin proyecto se muestran en el Cuadro 24 y en la Gráfica 9:

Cuadro 24. Flujo de caja neto para cálculo de VPN sin proyecto. Cifras en \$COP

Año	0 (Inversión)	1	2	3	4	5
Flujo de caja neto	0	395.173.946	411.480.249	428.271.247	445.559.677	463.358.590

Gráfica 9. Diagrama flujo de caja neto sin proyecto. Cifras en COP



La ecuación para el cálculo de VPN es la siguiente:

$$VPN = -P + \frac{FNE1}{(1+i)^1} + \frac{FNE2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$

Dónde:

P: inversión inicial

FNE: Flujo neto de efectivo por periodo

i: tasa de interés

Teniendo los datos del Cuadro 23 es posible calcular el VPN sin proyecto, es decir para este caso no existiría inversión y la tasa de interés como se mencionó anteriormente sería del 11,72%.

$$VPN = 0 + \frac{\$ 395.173.956}{(1 + 11,72\%)^1} + \frac{\$ 411.480.259}{(1 + 11,72\%)^2} + \frac{\$ 428.271.257}{(1 + 11,72\%)^3} + \frac{\$ 445.559.687}{(1 + 11,72\%)^4} + \frac{\$ 463.358.600}{(1 + 11,72\%)^5}$$

$$\begin{aligned}
 VPN &= 0 + \$353.718.175 + \$ 329.675.854 + \$ 307.132.756 + \$ 286.010.628 \\
 &\quad + \$266.233.427 \\
 VPN &= \$ 1.542.770.842
 \end{aligned}$$

El valor de la TIR no se pudo calcular por la razón de que al no existir inversión sin proyecto la rentabilidad será infinita y por lo tanto el valor de la TIR será un valor alto.

La relación beneficio costo sin implementar el proyecto se calcula pasando todos los ingresos a valor presente al igual que los egresos (Tabla 37), a la misma tasa de interés del proyecto (11,72%), para finalmente realizar una división de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 \frac{\textit{beneficio}}{\textit{costo}} &= \frac{\textit{ingresos a VP}}{\textit{egresos a VP}} \\
 \frac{\textit{beneficio}}{\textit{costo}} &= \frac{\$7.296.289.231}{\$5.753.518.352} \\
 \frac{\textit{beneficio}}{\textit{costo}} &= 1,27
 \end{aligned}$$

4.5.2 VPN con proyecto. De la misma manera que se realizaron los cálculos de VPN sin proyecto, se realizan los cálculos con proyecto, con la única diferencia que el precio de venta para el ácido ftálico es de 2800 \$COP/Kg debido a que al implementar el proyecto, la pureza del ácido ftálico aumentaría, lo que permitiría un aumento en su valor comercial.

De igual forma como se calculó anteriormente en el VPN sin proyecto, se muestran en el Cuadro 25 los ingresos y egresos en el 2017 y en la Tabla tal los ingresos y egresos para los años 2017 a 2021.

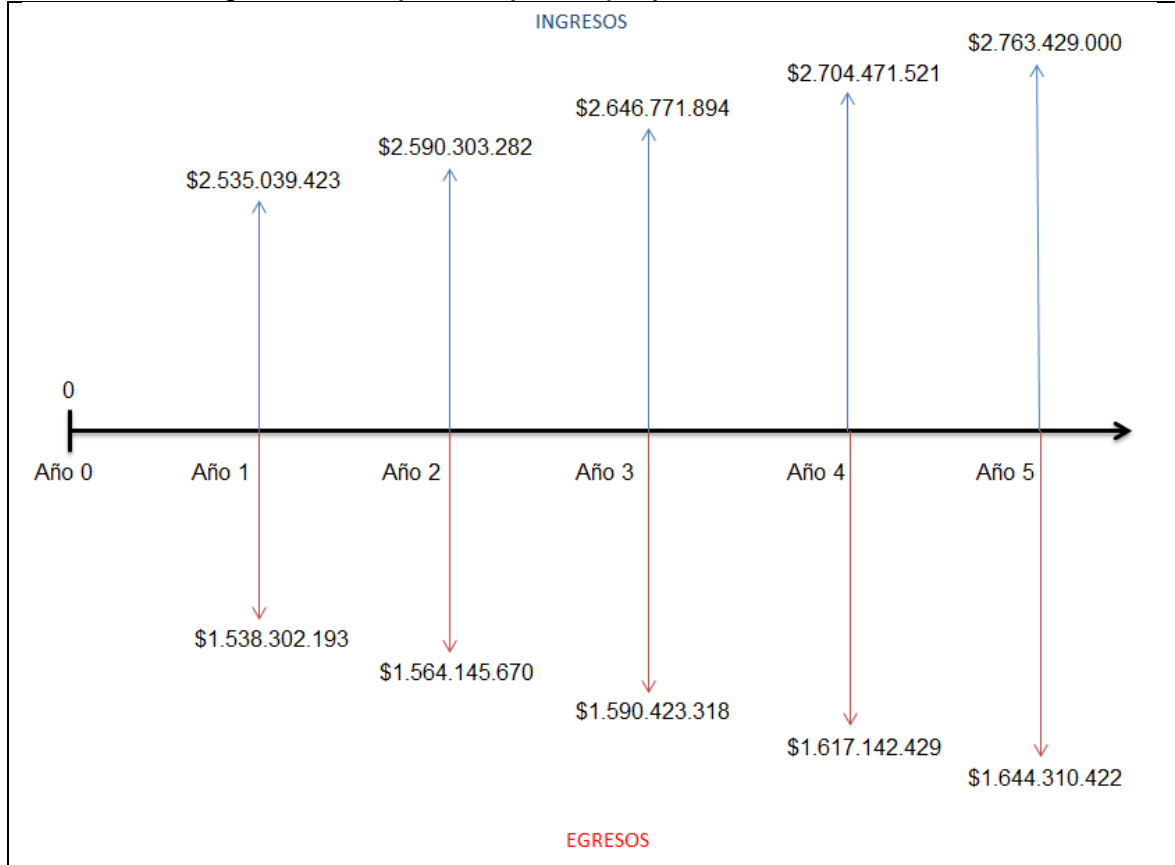
Cuadro 25. Ingresos y egresos para el año 2017 con proyecto

Año	2016	2017
PRODUCCION (TON)	240	480
INGRESOS (COP)	1.241.570.880	2.483.141.760
EGRESOS (COP)	757.113.000	1.514.226.000

Cuadro 26. Ingresos y egresos para los años 2017 a 2021. Cifras en COP

Año	2017	2018	2019	2020	2021
Variación IPP proyectado	1,59%	1,68%	1,68%	1,68%	1,68%
Proyección ingresos	2.535.039.423	2.590.303.282	2.646.771.894	2.704.471.521	2.763.429.000
Proyección egresos	1.538.302.193	1.564.145.670	1.590.423.318	1.617.142.429	1.644.310.422

Gráfica 10. Diagrama de flujo de caja con proyecto. Cifras en COP

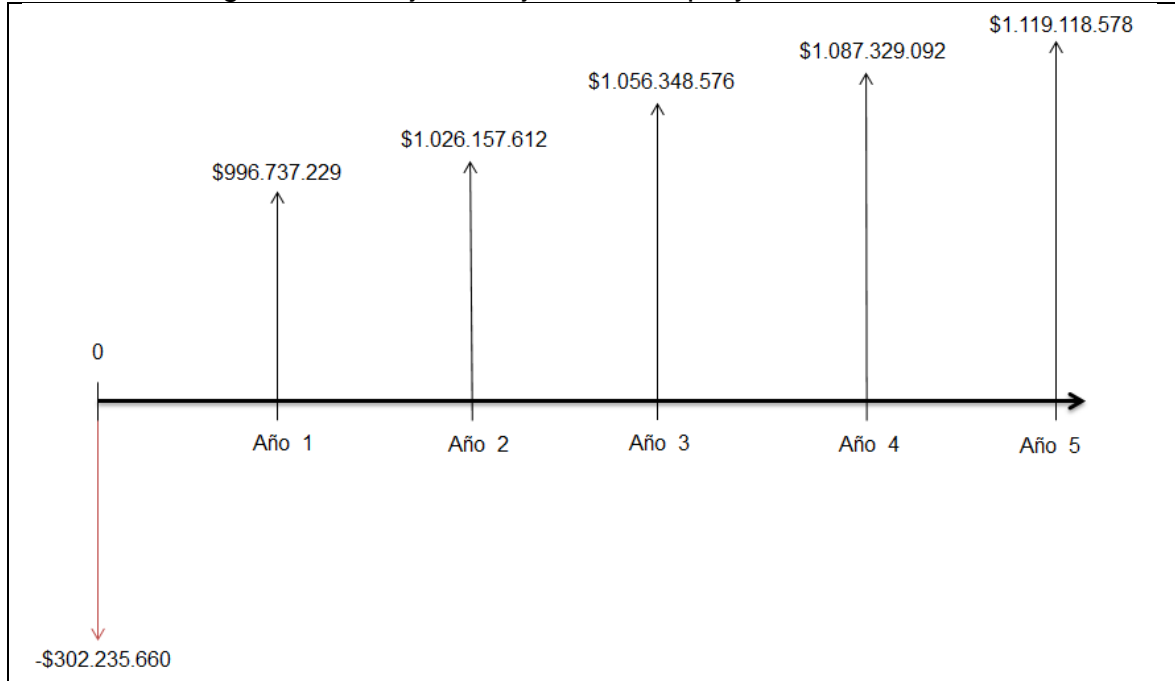


Los datos para el cálculo de VPN con proyecto se muestran en el Cuadro 27 y en la Gráfica 11:

Cuadro 27. Flujo de caja neto para cálculo de VPN sin proyecto. Cifras en \$COP

Año	0 (Inversión)	1	2	3	4	5
Flujo de caja neto	-302.235.660	996.737.229	1.026.157.612	1.056.348.576	1.087.329.092	1.119.118.578

Gráfica 11. Diagrama de Flujo de caja neto con proyecto. Cifras en \$COP



Teniendo los datos del Cuadro 27 es posible calcular el VPN con proyecto, es decir para este caso la inversión es de 302.235.660 COP y la tasa de interés es 11,72%.

$$VPN = -\$302.235.660 + \frac{\$996.737.232}{(1 + 11,72\%)^1} + \frac{\$1.026.157.615}{(1 + 11,72\%)^2} + \frac{\$1.056.348.579}{(1 + 11,72\%)^3} + \frac{\$1.087.329.094}{(1 + 11,72\%)^4} + \frac{\$1.119.118.581}{(1 + 11,72\%)^5}$$

$$VPN = -\$302.235.660 + \$892.174.390 + \$822.152.188 + \$757.555.525 + \$697.970.873 + \$643.015.542$$

$$VPN = 3.510.632.860 \text{ COP}$$

El valor de la TIR (tasa interna de retorno) se calculó buscando una tasa de interés a la cual el valor presente neto diera el valor más cercano a 0 positivo y este valor fue de 332,4%, lo cual significa que la implementación de este proyecto es rentable para IQN S.A.S. debido a que el valor de la TIR es mayor que la tasa de interés del proyecto (11,72%) de la siguiente manera:

$$VPN = - \$302.235.660 + \frac{\$996.737.232}{(1 + 332,4\%)^1} + \frac{\$1.026.157.615}{(1 + 332,4\%)^2}$$

$$+ \frac{\$1.056.348.579}{(1 + 332,4\%)^3} + \frac{\$1.087.329.094}{(1 + 332,4\%)^4} + \frac{\$1.119.118.581}{(1 + 332,4\%)^5}$$

$$VPN = - \$302.235.660 + 230.512.772 + 54.883.613 + 13.066.226 + 3.110.414$$

$$+ 740.368$$

$$VPN = \$ 77.736$$

La relación beneficio costo implementando el proyecto se calcula pasando todos los ingresos a valor presente al igual que los egresos (Tabla 40), a la misma tasa de interés del proyecto (11,72%), para finalmente realizar una división de la siguiente manera:

$$\frac{\textit{beneficio}}{\textit{costo}} = \frac{\textit{ingresos a VP}}{\textit{egresos a VP}}$$

$$\frac{\textit{beneficio}}{\textit{costo}} = \frac{9.566.386.882 \textit{ COP}}{5.753.518.352 \textit{ COP}}$$

$$\frac{\textit{beneficio}}{\textit{costo}} = 1,66$$

El valor de 1,66 significa que la implementación de este proyecto para IQN S.A.S. resulta viable financieramente.

El periodo de recuperación se hallo de la siguiente manera:

Periodo de recuperacion = ultimo periodo con flujo acumulado negativo

$$+ \frac{\text{valor absoluto del ultimo flujo acumulado negativo}}{\text{valor del flujo de caja en el siguiente periodo}}$$

$$\text{Periodo de recuperacion} = 0 + \frac{| - \$ 302.235.660 |}{\$ 996.737.229}$$

$$\text{Periodo de recuperacion} = 0,30 \text{ años} = 4 \text{ meses}$$

El periodo en el cual la empresa IQN S.A.S. recuperará la inversión es en aproximadamente 4 meses.

4.6 EVALUACION DE ESCENARIOS VPN CON PROYECTO

Con el fin de determinar la factibilidad de este proyecto, fue necesario realizar una evaluación de escenarios en los cuales el proyecto posiblemente podría encontrarse a lo largo del tiempo. Estos escenarios se evaluaron de la siguiente manera: escenario optimista, escenario normal y escenario crítico.

Los escenarios reflejan cada una de las variables financieras que pueden afectar el proyecto, entre ellas se tomaron costos totales, precio de ventas y finalmente la inversión. En cada uno de los escenarios se varió el valor de cada variable con el fin de evaluar los cambios en el VPN para cada escenario. Es decir que para un escenario optimista las variables se afectarían con el fin de favorecer el VPN, mientras que para el escenario crítico las variables se modificarían desfavoreciendo el VPN.

ESCENARIOS

En los escenarios se modificaron las siguientes variables:

1. Costo materia prima
2. Costo servicios auxiliares
3. Precio de venta
4. Inversión equipos

Estas variables se modificaron suponiendo que se disminuye su valor actual o normal en un 30%, a excepción de la inversión de equipos, debido a que estos ya tienen su costo optimista y crítico de acuerdo a sus cotizaciones.

Para las ventas de producción el valor del 30% en lugar de disminuir, aumentará su valor para el escenario optimista, mientras que para el crítico será lo contrario.

Los resultados se ven reflejados en la Tabla 17 y las cifras utilizadas para los costos están en COP.

Tabla 17. Costos para cada escenario con proyecto

Variable	Costo optimista	Costo normal	Costo crítico
Costo materia prima	38.346.700	54.781.000	71.215.300
Costo servicios auxiliares	5.818.225	8.311.750	10.805.275
Precio de venta	134.503.512	103.464.240	72.424.968
Inversión equipos	153.616.000	302.235.660	402.487.580

Teniendo en cuenta los datos obtenidos en la Tabla 17 se realizó el cálculo de VPN para cada variable, manteniendo todas las variables fijas a excepción de aquella que se modificara, por ejemplo para el VPN del costo de materia prima optimista se dejaron las variables costos servicios auxiliares normal, precio de venta normal e inversión de equipos normal fijas, mientras que la variable materia prima se modifica colocando el costo de materia prima optimista.

De esta manera se calcularon cada uno de los VPN en los diferentes escenarios. Los resultados se ven en la Tabla 18.

Tabla 18.Resultados escenarios de los VPN

Variable	VPN optimista	VPN normal	VPN critico
Costo materia prima	5.009.300.250	3.510.632.860	2.001.965.470
Costo servicios auxiliares	3.738.020.981	3.510.632.860	3.283.244.739
Precio de venta	6.380.548.928	3.510.632.860	640.716.792
Inversión equipos	3.659.252.520	3.510.632.860	3.410.380.940

De acuerdo a la Tabla 18 es posible concluir que para todos los escenarios posibles, la ejecución del proyecto será factible debido a que en todos los casos el VPN da un valor positivo. El caso en el cual disminuye notablemente el VPN a pesar de seguir dando positivo, es en la situación crítica, más específicamente, en el precio de venta, eso quiere decir, que si el precio de venta en algún momento llega a disminuir o las ventas empiezan a caer, lo más probable es que el VPN tenga una caída notable.

4.7 EVALUACION FINANCIERA

Para tomar una decisión a nivel financiero se realiza una comparación entre los VPN, la TIR y la relación beneficio costo de las dos propuestas con el fin de determinar cuál es factible, rentable y viable para IQN S.A.S.

En la Tabla 19 se observa el cuadro comparativo entre las dos propuestas.

Tabla 19.Comparación indicadores financieros con y sin proyecto

	Sin Proyecto	Con Proyecto
VPN	\$1.542.770.842	\$3.510.632.680
TIR	-	332,4%
RELACION BENEFICIO/COSTO	1,27	1,66
PERIODO DE RECUPERACIÓN	-	0,30 AÑOS

Una vez obtenidos los indicadores de evaluación financiera del proyecto, se concluye que el proyecto es factible, rentable y viable en la misma medida que se haga la inversión de los 302.235.660 COP (Precio corriente para 2017). La sustentación está en que el VPN siendo positivo genera una rentabilidad del 332,4% después de descontar la tasa interna de oportunidad (TIO) del 11,72%. En ese sentido, se recomienda a la empresa IQN S.AS, ejecutar el proyecto propuesta de pre tratamiento para Ftalato de sodio.

5. CONCLUSIONES

El objetivo fundamental de este trabajo de grado fue desarrollar una propuesta de pre tratamiento para el SAP utilizado en la empresa IQN S.A.S. como materia prima para la obtención de ácido ftálico, compuesto fundamental para la elaboración de resinas y plastificantes. Para el cumplimiento de este objetivo se realizó un diagnóstico del estado actual de la producción de ácido ftálico en IQN S.A.S, por medio de una cromatografía líquida por HPLC y con esto obtener un dato cuantitativo de la concentración del ácido.

Una vez realizado el análisis de pureza se empezó el diseño experimental del tratamiento a nivel de laboratorio con el fin de encontrar un método de separación viable que removiera la mayor cantidad de impurezas que estuviesen presentes en el SAP y junto con las siguientes etapas del proceso obtener un ácido ftálico con mayor porcentaje de pureza, lo cual llevaría a una mejora en la calidad de las resinas y plastificantes que produce IQN S.A.S. hoy en día. Por lo tanto las conclusiones obtenidas al realizar este trabajo de grado fueron:

- Mediante una prueba de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), columna Shodex, detector UV.VIS con arreglo de diodos se determinó que el porcentaje de pureza que obtiene actualmente IQN S.A.S. en su proceso de producción de ácido ftálico a partir del SAP es de un 88,75%, lo cual indica que el proceso que se está utilizando hoy en día en la empresa es efectivo en retirar cierta cantidad de impurezas, pero aun así no alcanza un valor mayor al 90% que sería adecuado para elaborar resinas y plastificantes de mayor calidad.
- Al evaluar el método de separación adecuado para la remoción de impurezas presentes en el SAP se analizaron tres rutas de separación las cuales fueron: separación mediante solubilidad en agua, la segunda mediante solubilidad en agua con etapa de coagulación y la tercera mediante solubilidad en agua, solubilidad en etanol y etapa de coagulación. Para el método por solubilidades se concluyó que la relación adecuada de agua para eliminar la mayor cantidad de impurezas no afines con el agua es de 1:8, pero para que esto fuera viable en el proceso se tuvo que reducir esta relación a 1:2. Mientras que en la coagulación, se analizó la distribución de especies para el ácido ftálico, demostrando que en un pH de 0 a 5 se forma ácido ftálico, mientras que en un pH de 5 hasta 8 se forma Ftalato monosódico y a un pH mayor a 8 se encuentra el Ftalato disódico. Teniendo esto en cuenta, se realizó una coagulación variando la acidez de la solución de agua y SAP concluyendo que a un pH de 6 precipitaban mayor cantidad de impurezas o partículas muy pequeñas con gran fuerza de repulsión entre ellas suspendidas en la solución. Adicionalmente para cada una de las rutas mencionadas, se calculo el porcentaje de extracción de ácido ftálico obtenido al final del proceso, los cálculos dieron como resultado que con la propuesta 1 se recupera el 44,38% de ácido ftálico, con la propuesta

2 se recupera el 48,11% y con la propuesta 3 se recupera el 46,86%. Razón por la cual la propuesta 2 fue seleccionada como la más viable para IQN S.A.S. Este dato de porcentaje de extracción, así como el porcentaje de pureza, fueron criterios fundamentales para desarrollar el diseño conceptual de este trabajo.

- Mediante una prueba de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), columna Shodex, detector UV.VIS con arreglo de diodos, se determinó que con el tratamiento planteado en la propuesta 2 se obtiene un porcentaje de pureza del 98.19%, lo cual indica que este tratamiento es efectivo en retirar gran cantidad de impurezas, valor adecuado para elaborar resinas y plastificantes de mayor calidad.
- En el diseño conceptual de la propuesta 2 se concluyó que utilizando los equipos con los que cuenta actualmente IQN S.A.S. es posible cumplir la demanda de ácido ftálico de 20 toneladas por mes, teniendo en cuenta la importancia de invertir en 2 filtros prensa y un mezclador, para el dimensionamiento del reactor, se tomó el diseño de un mezclador debido a que la cinética química de la reacción fue instantánea, es decir, para este proceso no es necesario controlar los tiempos de reacción, porque la formación de ácido ftálico empieza una vez el ácido sulfúrico entra en contacto con la solución. Lo que sí es indispensable controlar es la energía desprendida por el calor de disolución (-822,905 kJ/mol) del ácido sulfúrico en agua mediante el uso de agua de enfriamiento que estará en constante circulación desde una torre de enfriamiento hasta la chaqueta que posee el reactor, esto con el fin de que el calor desprendido por la disolución no aumente la temperatura dentro del reactor y se vea afectada la operación.
- Para el cumplimiento de la demanda de 20 toneladas por mes de ácido ftálico es necesario realizar 22 producciones mensuales teniendo como etapa inicial del proceso 2 toneladas de SAP por producción. Es fundamental que en la etapa de cristalización se realice de manera adecuada, es decir disminuyendo la temperatura de la solución poco a poco desde los 90°C hasta los 25°C con el fin de que las impurezas logren salir del cristal del ácido ftálico porque en caso que el cambio de temperatura sea brusco es posible que las impurezas queden atrapadas dentro del cristal que se forma.
- Se determinó mediante cálculos de valor de la inversión, costos de operación y de servicio que el VPN implementando este es proyecto es de 3.510.632.680 COP, la TIR es del 332,4% y la relación beneficio costo es mayor a 1, lo cual concluye que el desarrollo e implementación de esta propuesta es factible, rentable y viable financieramente para IQN S.A.S.

6. RECOMENDACIONES

Una vez concluido este trabajo de grado se considera interesante investigar aquellos aspectos relacionados con la mejora del proceso de producción de ácido ftálico y se propone:

- Trabajar en la Caracterización del Ftalato de sodio proveniente de la corriente secundaria del proceso (SAP) para conocer cuantitativamente que impurezas presentes podrían afectar la producción del ácido ftálico
- Extender los estudios en analizar las impurezas removidas mediante los distintos métodos de separación aplicados al SAP con el fin de conocer los compuestos que han sido retirados en el tratamiento.
- Realizar los tratamientos de separación que requieran medir el pH utilizando como instrumento de medición un potenciómetro con el fin de obtener resultado más exactos
- Replicar el procedimiento para la solubilidad del Ftalato de sodio puro y SAP en etanol , secando el filtrado obtenido y finalmente pesarlo para obtener datos confiables para hallar la dicha solubilidad
- Determinar las composiciones de las corrientes 3 y 13 del diagrama PFD de la propuesta 2 mediante pruebas de caracterización para poder calcular las fracciones másicas de las corrientes del proceso.
- Extender los estudios en la cinética de reacción replicando la técnica de espectrofotometría a concentraciones bajas de ácido sulfúrico con el fin de determinar el tiempo de reacción.

BIBLIOGRAFÍA

ALFAAESAR. Catálogo Recuperado del sitio web<<https://www.alfa.com/es/catalog/033351/>> con acceso el [20/02/2017]

ANDÍA CÁRDENAS, Yolanda. Evaluación de Platas y Desarrollo Tecnológico: tratamiento de agua coagulación y floculación, Lima, 2003,44h. Recuperado del sitio web< <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/andia.pdf>> con acceso el [23/02/2017]

ARAUJO CASTRO, Víctor Hugo. Estudio comparativo de la adición de cargas secuestrantes para evitar la migración de plastificantes a la superficie de PVC: Generalidades. México D.F. 2007. Pág. 1. Trabajo de grado (Ingeniero químico industrial). Instituto politécnico nacional. Recuperado del sitio web<<https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/7144/1/ARAUJO.pdf>> con acceso el [4 /10/ 2016]

BÁRCENA RUIZ, J. Antonio. FERNÁNDEZ REYES, Emilio. GALVÁN CEJUDO, Aurora. JORRÍN NOVO, Jesús. PEINADO PEINADO, José. TÚNEZ FIÑANA, Isaac. Espectrofometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. España, 2008.8h. Recuperado del sitio web< http://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETR%C3%8DA.pdf> con acceso el [23/02/ 2017]

BAUTISTA Noé, MARTINEZ Ariadna; Diseño mecánico de equipos, México, Instituto tecnológico de Orizaba, Recuperado del sitio web <<https://es.scribd.com/doc/101093358/35272890-Calculo-de-Tanque-Agitador>> Con acceso el [23/09/ 2016]

BEDOYA CASTRILLON, Daniela. GIRALDO, María de los Ángeles : Determinación de las dosis optimas del coagulante sulfato de aluminio granulado tipo B en función de la turbiedad y el color para la potabilización del agua en la planta de tratamiento de villa Santa Ana. Pereira, 2012, 85 h. Trabajo de grado (Tecnólogo químico).Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de tecnología.

CEVALLOS CEVALLOS Juan Manuel, Reingeniería del proceso de elaboración de galletas fermentadas tipo cracker, Guayaquil, 63 – 74 p., Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.

ENTREVISTA con Luis Fernando Suarez, Gerente de IQN S.A.S. Bogotá. 16 de agosto del 2016.

ENTREVISTA con Luis Fernando Suarez, Gerente de IQN S.A.S. Bogotá. 23 de agosto del 2016.

Equipos y laboratorios de Colombia. Marco doctrinal Recuperado del sitio web <http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=2370> con acceso el [23/02/2017]

ESQUIVEL SOTO, Edgar Ernesto, LEAL GUADARRAMA, Lidia Irene. Métodos fisicoquímicos en biotecnología: Cromatografía de fase reversa. México, 2004. Trabajo de investigación. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biotecnología. Recuperado del sitio web <http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/cromatografia_de_fase_reversa.pdf> con acceso el [23/02/2017]

FONTALVO PORRAS Emmanuel de Jesús, GUTIERREZ ROBLES Eliver José, Diseño de un horno para cocción de ladrillos refractarios en una empresa del sector ladrillero, Barranquilla, Universidad autónoma del caribe, facultad de ingeniería recuperado del sitio web <<http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/11619/816/TMEC%201147.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> con acceso el [26/09/2016]

Gutz, i. g. r., curtipot – ph and acid–base titration curves: analysis and simulation freeware, version 4.2 Recuperado del sitio web <http://www.iq.usp.br/gutz/curtipot_.html> con acceso el [18/08/2016]

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Sexta actualización. Bogotá: El instituto, 2008. 110p.

_____.Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogotá: El instituto. 2008. 45 p.

_____. Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. NTC 4490. Bogotá: El instituto. 1998. 33 p.

JOBACK, K.G.; Reíd, R.C. estimation of pure – component properties from group contribution. Chem. Eng. Comm. 7:233-343, 1983.

MANSIR TEJEDA Armando. Bioseparaciones, segunda edición, México: PEARSON, 2011. 89-91 p, ISBN 978–07–32-0945-8.

Merck Química Chilena Soc. Ltda. Marco doctrinal Recuperado del sitio web <<http://www.fao.org/docrep/field/003/ab482s/AB482S05.htm>> con acceso el [23/02/2017].

NORMOGRAMA DEL MINISTERIO DE JUSTICIA Y DEL DERECHO. Decreto 2530 del 2009. Bogotá: MINJUSTICIA, 2009. <http://www.minjusticia.gov.co/portals/0/MJD/docs/pdf/decreto_2530_2009.pdf>

OJEDA TORO. Juan Carlos; producción de sulfato de sodio mediante cristalización reactiva, Manizales, 92 – 96 p, Universidad Nacional de Colombia, facultad de ingeniería y arquitectura, Disponible en <<http://www.bdigital.unal.edu.co/39866/1/8112001.2014.pdf>>

RESTEK. Catálogo. Recuperado del sitio web <<http://www.restek.com/sitesearch/site/organic%2520acids>> Con acceso el [10/02/2017]

ROMERO GARCÍA, Aida Susana. Cromatografía. México, 2002, 77h. Curso de métodos. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biotecnología. Recuperado del sitio web <<http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/Cromatografia.pdf>> con acceso el [23/02/2017].

ROMERO, Mynor. TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN POTABILIZACIÓN DE AGUA, Guatemala, 2011,12h, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ingeniería.

SENA PTAS MOSQUERA. Marco doctrinal recuperado del sitio web <ptasmosquera.orgfree.com/imagenes/documentos/PRUEBA%20DE%20JARRAS.docx> con acceso el [30/08/2016].

SHODEXHPLC. Catálogo. Recuperado del sitio web. <<http://shodexhplc.com/applications/organic-acids-shodex-c18-4d/>> Con acceso el [10/02/2017]

TELAS FILTRANTES Marco doctrinal recuperado del sitio web <<http://taconsult.org/libreria/presentacion02.pdf>> con acceso el [10/10/2016].

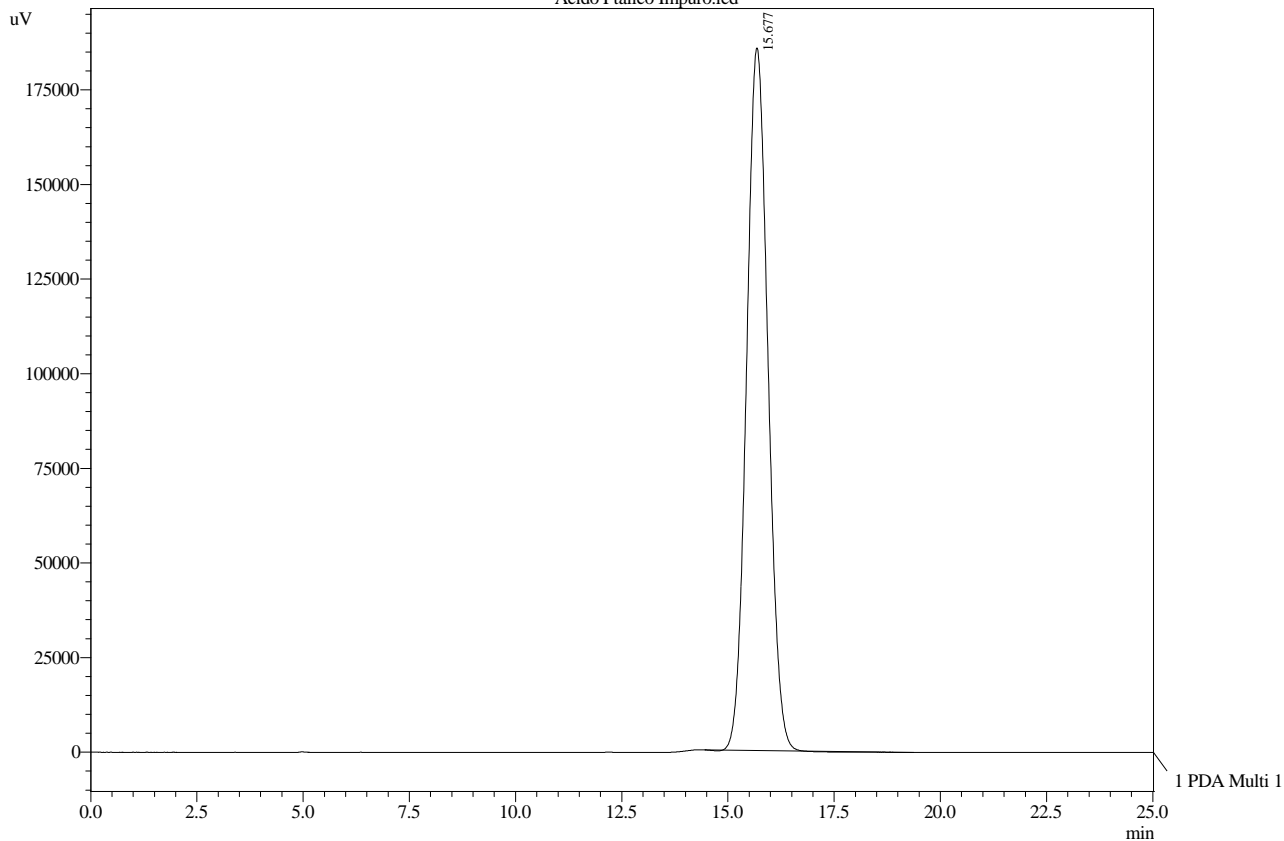
UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA. José Roberto Esquivel Elizondo Recuperado del sitio web <http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lpro/esquivel_e_jr/capitulo3.pdf> Con acceso el [23/09 /2016].

ANEXOS

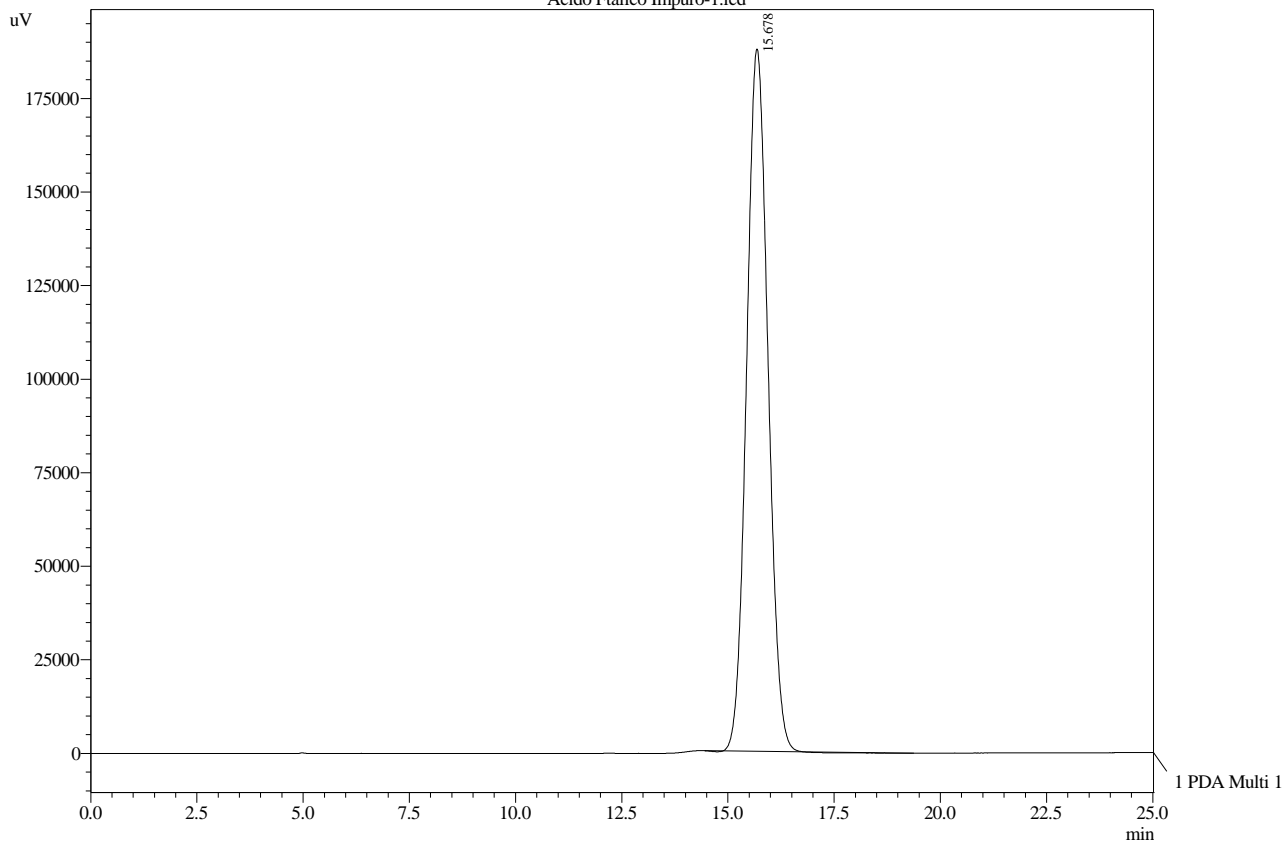
ANEXO A
RESULTADO PRUEBA DE PUREZA PROPUESTA IQN S.A.S.

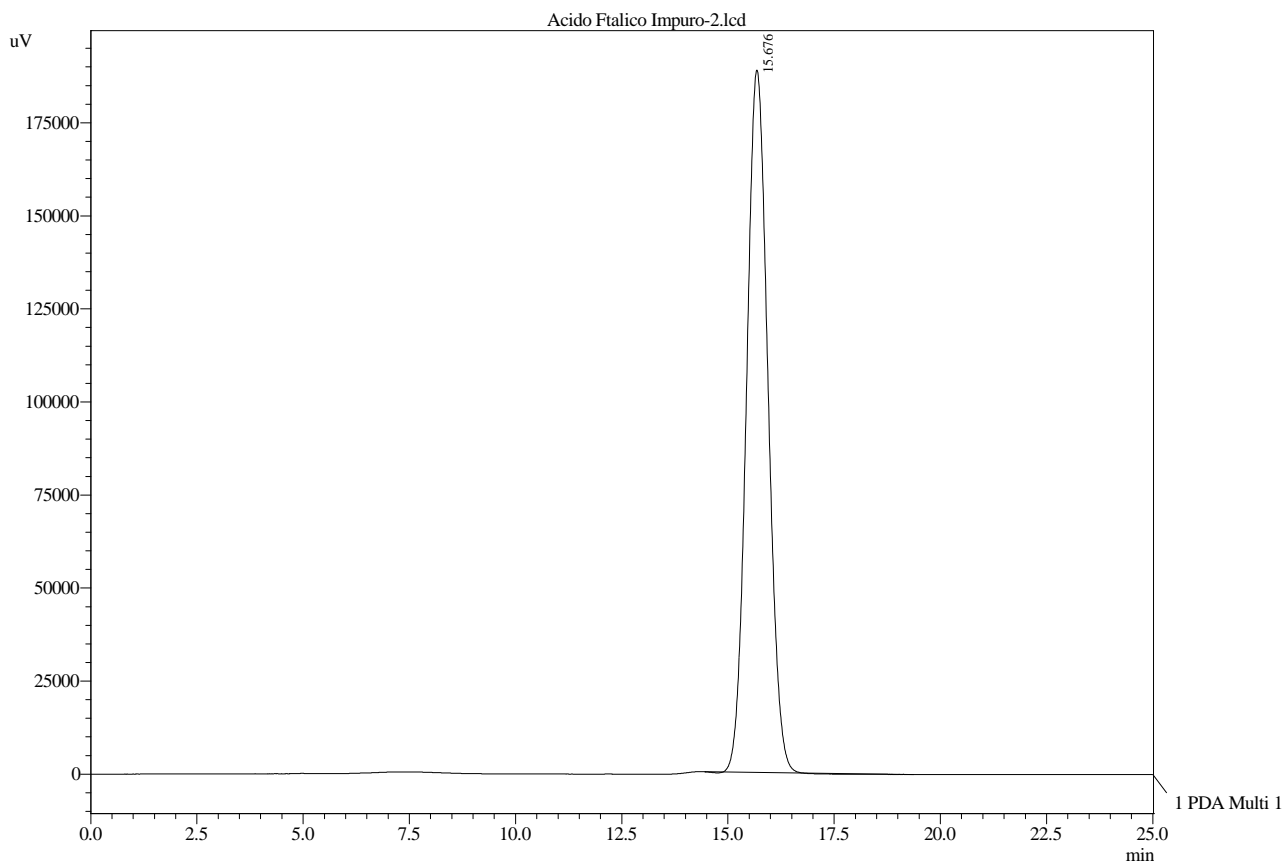
==== Shimadzu LCsolution Browser Report ====

Summary(Compound)
Acido Ftalico Impuro.lcd



Acido Ftalico Impuro-1.lcd





<< PDA >>

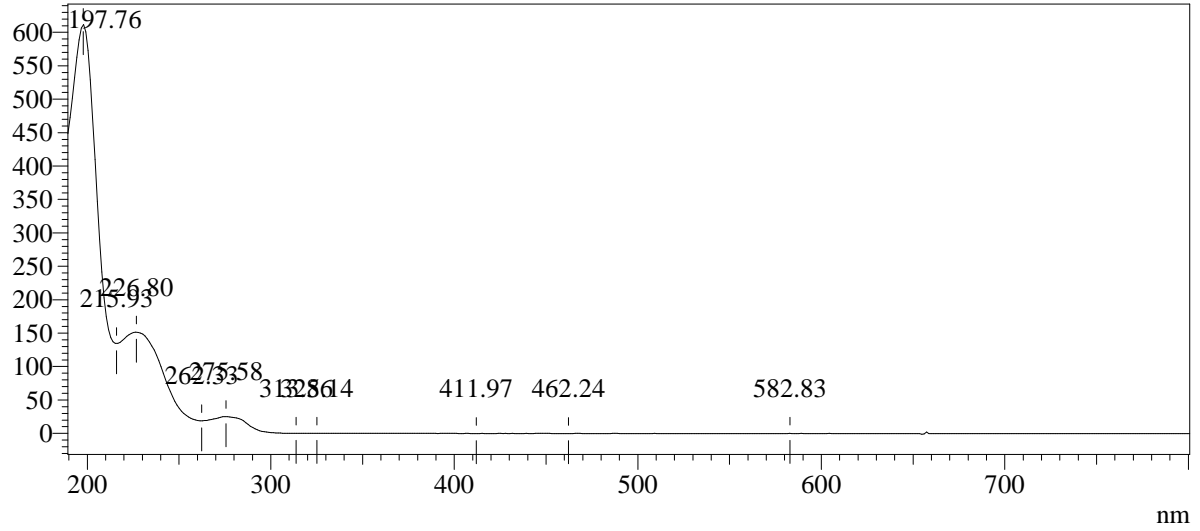
ID#1 Compound Name: Acido Ftalico

Title	Sample Name	Sample ID	Ret. Time	Area	Height	Conc.
Acido Ftalico Impuro.lcd	Acido Ftalico Im	Acido Ftalico Im	15.677	6486545	185661	87.978
Acido Ftalico Impuro-1.lcd	Acido Ftalico Im	Acido Ftalico Im	15.678	6555809	187691	88.917
Acido Ftalico Impuro-2.lcd	Acido Ftalico Im	Acido Ftalico Im	15.676	6589962	188747	89.380
Average			15.677	6544105	187366	88.758
%RSD			0.005	0.805	0.837	0.805
Maximum			15.678	6589962	188747	89.380
Minimum			15.676	6486545	185661	87.978
Standard Deviation			0.001	52693	1569	0.715

Spectrum

ID# : 1
Retention Time : 15.674
Compound Name : Acido Ftalico
Spectrum Operation : None

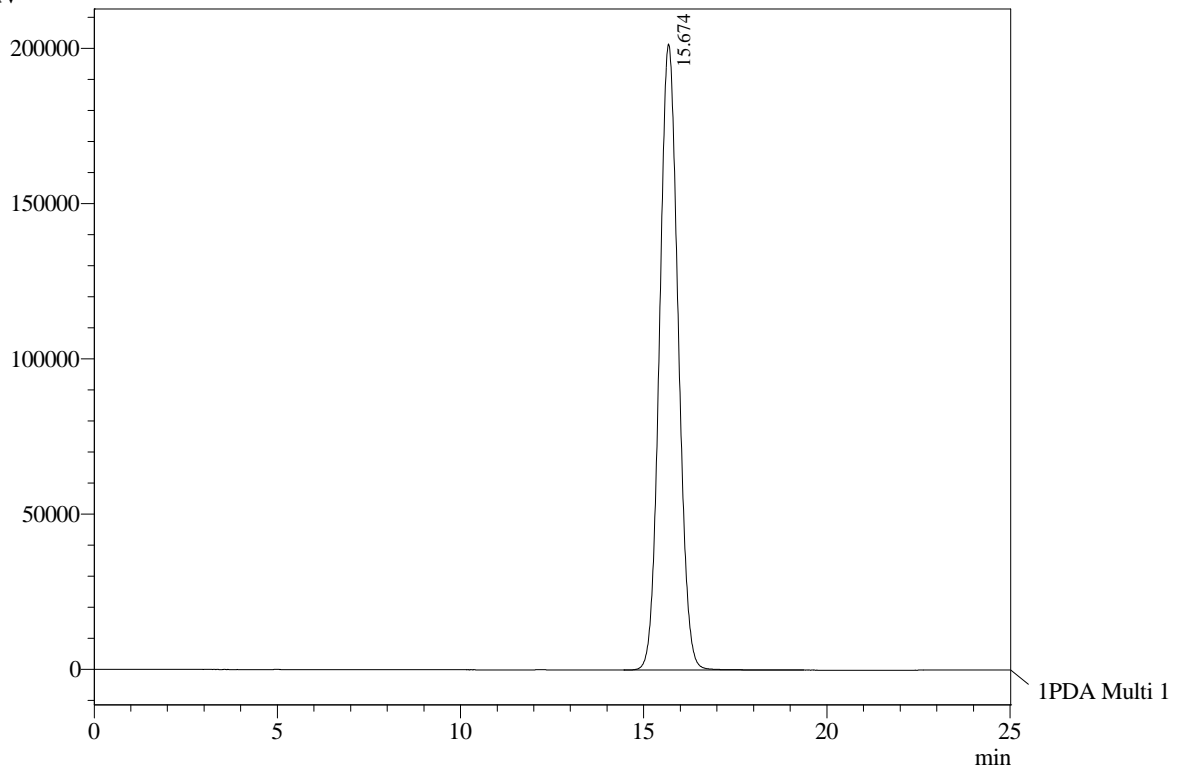
mAU



Chromatogram

Acido Ftalico D:\My Documents\Juan P\Acido Ftalico.lcd

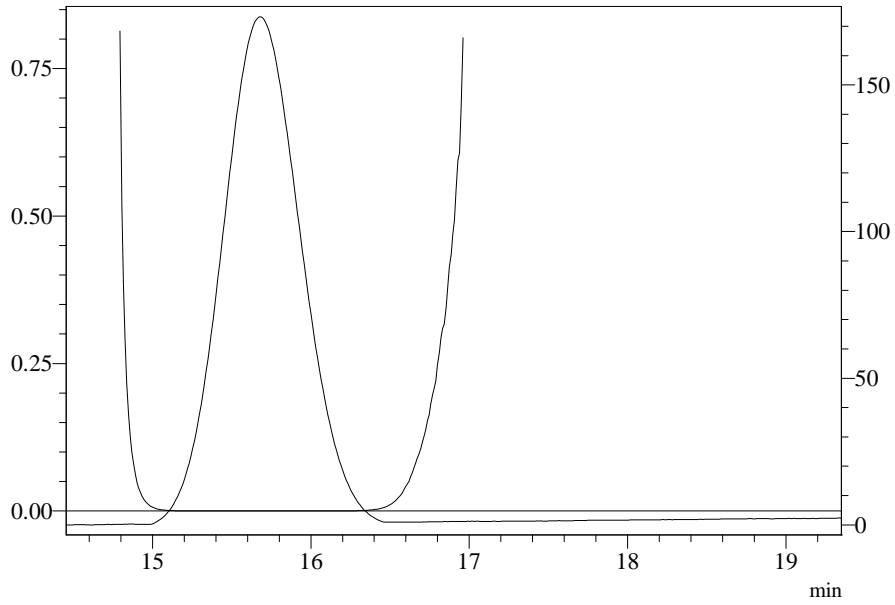
uV



1 PDA Multi 1 / 210nm 4nm

Purity

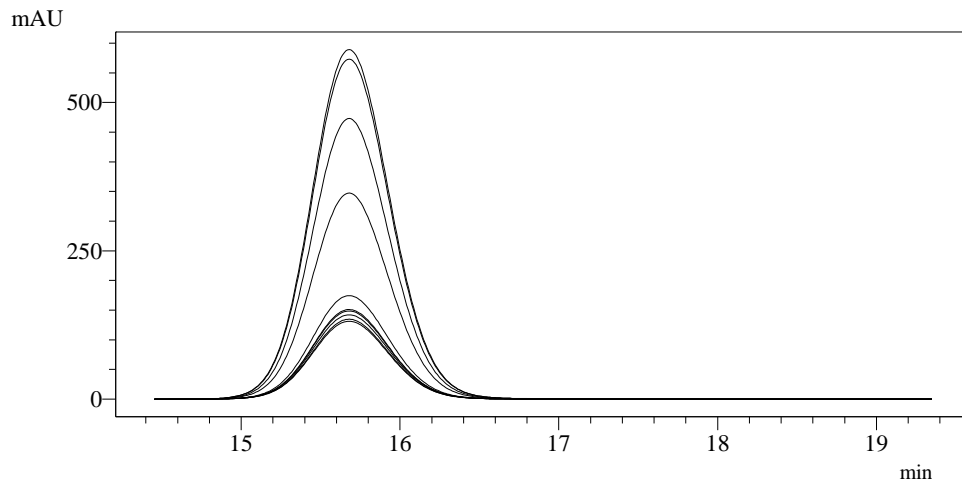
ID# : 1
Retention Time : 15.674
Compound Name : Acido Ftalico



Impurity : Not Detected
Peak purity index : 1.000000
Single point threshold : 0.999997
Minimum peak purity index : 3

Peak Profile

ID# : 1
Retention Time : 15.674
Compound Name : Acido Ftalico
Wavelength Interval : 5nm



Method

<<System Controller>>

SCL Type :CBM-20A
Power On :ON
Event1 :OFF
Event2 :OFF
Event3 :OFF
Event4 :OFF

<<Data Acquisition>>

LC Stop Time :25.00 min
--PDA Detector--
Name :PDA
Sampling Frequency :1.5625 Hz
Start Time :0.00 min
End Time :25.00 min
Constant :0.640 sec

<<Pump>>

Pump Mode :Low pressure gradient
Pump A :LC-20AD
Total Flow :1.0000 mL/min
B.Conc :0.0 %
C.Conc :100.0 %
D.Conc :0.0 %
B.Curve :0
C.Curve :0
D.Curve :0
PressMax :1100 psi
PressMin :0 psi
LPGE Mode :Auto

<<AutoSampler>>

AutoSampler :SIL-20A
Use AutoSampler :Use
Sample Rack :Rack 1.5mL 105 vials
Rinsing Volume :500 uL
Needle Stroke :52 mm
Control Vial Needle Stroke :52 mm
Rinsing Speed :35 uL/sec
Sampling Speed :15 uL/sec
Purge Time :25.0 min
Rinse Mode :Before/After
Rinse Dip Time :0 sec

<<Oven>>

Oven :CTO-20AC
Use Oven :Use
Temperature :40 C
T.Max :85 C

<<Compound Table>>

<PDA>

-- ID# 1 --

Name :Acido Ftalico
Type :Target
Channel :Ch1 210nm
Retention Time :15.674 min
Concentration :[1]=99
Peak Selection :Default(Closest Peak)
Standard Spectrum :None
Similarity :0.9000
Wave Range :190 - 800
Calculated by :Default(Area)
Curve Fit Type :Default(Linear)
Zero :Default(Not Forced)
Weight :Default(None)
Window/Band :Default(Window)

Additive :0.000
Correction factor :1.000000
Std Conc Factor :1.000000

<<Column Performance>>

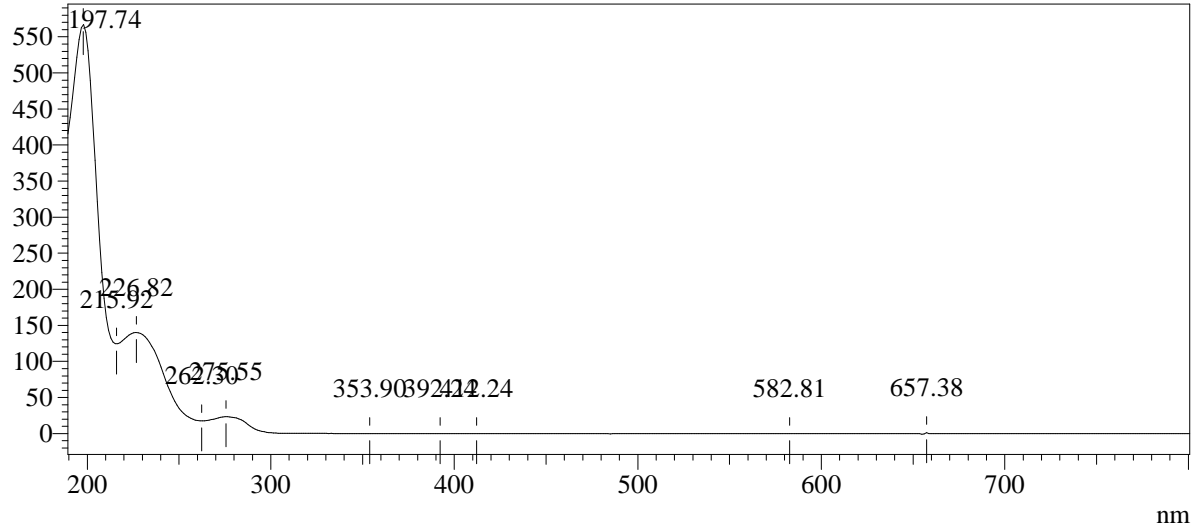
<PDA>

Calculation Method : USP
Unretained Peak : Time at 1st Peak
Column Length : 150 mm
Calculated by Identified Peak only : OFF

Spectrum

ID# : 1
Retention Time : 15.677
Compound Name : Acido Ftalico
Spectrum Operation : None

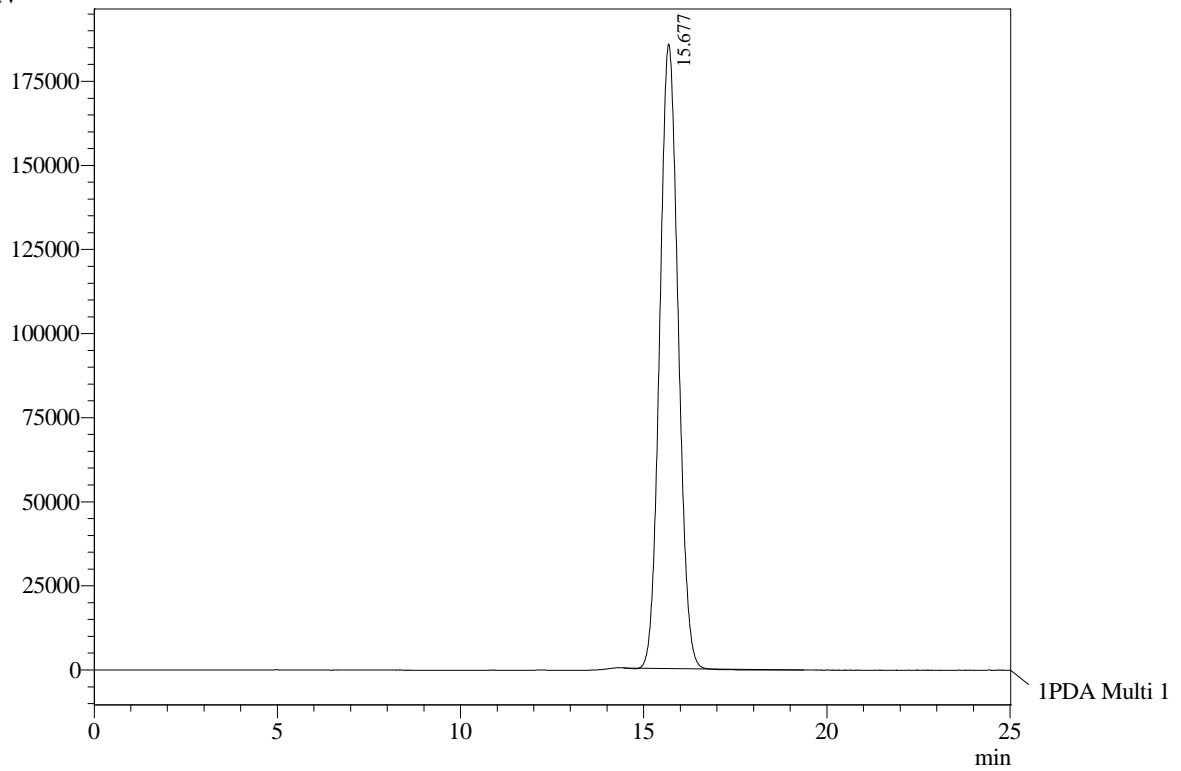
mAU



Chromatogram

Acido Ftalico Impuro D:\My Documents\Juan P\Acido Ftalico Impuro.lcd

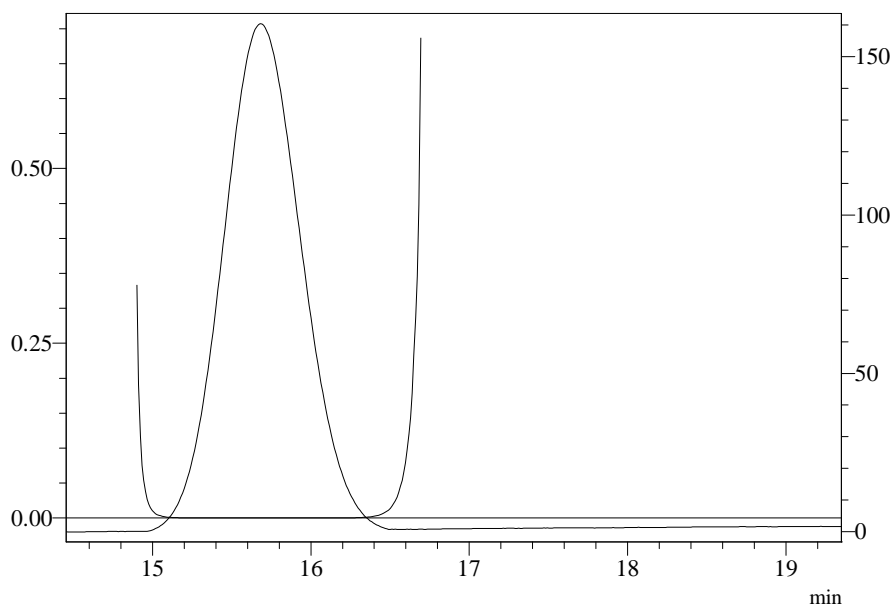
uV



1 PDA Multi 1 / 210nm 4nm

Purity

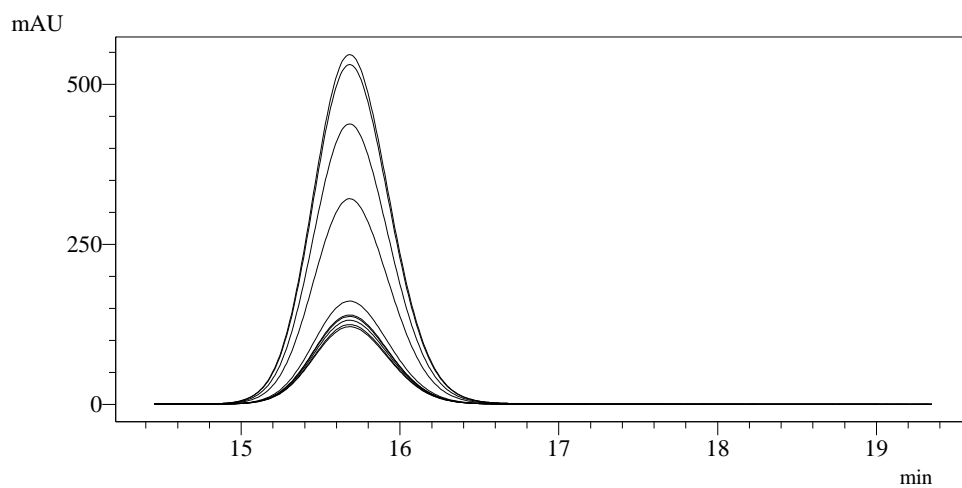
ID# : 1
Retention Time : 15.677
Compound Name : Acido Ftalico



Impurity : Not Detected
Peak purity index : 1.000000
Single point threshold : 0.999996
Minimum peak purity index : 3

Peak Profile

ID# : 1
Retention Time : 15.677
Compound Name : Acido Ftalico
Wavelength Interval : 5nm



Method

<<System Controller>>

SCL Type :CBM-20A
Power On :ON
Event1 :OFF
Event2 :OFF
Event3 :OFF
Event4 :OFF

<<Data Acquisition>>

LC Stop Time :25.00 min
--PDA Detector--
Name :PDA
Sampling Frequency :1.5625 Hz
Start Time :0.00 min
End Time :25.00 min
Constant :0.640 sec

<<Pump>>

Pump Mode :Low pressure gradient
Pump A :LC-20AD
Total Flow :1.0000 mL/min
B.Conc :0.0 %
C.Conc :100.0 %
D.Conc :0.0 %
B.Curve :0
C.Curve :0
D.Curve :0
PressMax :1100 psi
PressMin :0 psi
LPGE Mode :Auto

<<AutoSampler>>

AutoSampler :SIL-20A
Use AutoSampler :Use
Sample Rack :Rack 1.5mL 105 vials
Rinsing Volume :500 uL
Needle Stroke :52 mm
Control Vial Needle Stroke :52 mm
Rinsing Speed :35 uL/sec
Sampling Speed :15 uL/sec
Purge Time :25.0 min
Rinse Mode :Before/After
Rinse Dip Time :0 sec

<<Oven>>

Oven :CTO-20AC
Use Oven :Use
Temperature :40 C
T.Max :85 C

<<Compound Table>>

<PDA>

-- ID# 1 --

Name :Acido Ftalico
Type :Target
Channel :Ch1 210nm
Retention Time :15.674 min
Concentration :[1]=99
Peak Selection :Default(Closest Peak)
Standard Spectrum :None
Similarity :0.9000
Wave Range :190 - 800
Calculated by :Default(Area)
Curve Fit Type :Default(Linear)
Zero :Default(Not Forced)
Weight :Default(None)
Window/Band :Default(Window)

Additive :0.000
Correction factor :1.000000
Std Conc Factor :1.000000

<<Column Performance>>

<PDA>

Calculation Method : USP
Unretained Peak : Time at 1st Peak
Column Length : 150 mm
Calculated by Identified Peak only : OFF



119211

Bogotá, D.C. Septiembre 30 de 2016

Señor
JORGE ALBERTO FUENTES ESPITIA
Estudiantes Ing. Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de América, Bogotá
Avda. Circunvalar No. 20-53
Tel: 57 1 3376680/Fax. 57 1 3362941

2-001456

30 SEP 2016

Hora: 03:24 p.m.

Asunto: Atención de Servicios Tecnológicos

Respetados Estudiantes:

En atención a los servicios tecnológicos realizados en el centro de Gestión Industrial solicitados or usted me permito enviar los resultados obtenidos correspondientes a.

- Inyección Acido ftálico Estándar
- Inyección Acido Ftálico Impuro
- Cuantitative Browser Report
- Descripción detallada en Archivo Word de los resultados.

De acuerdo a su solicitud, se realizó el siguiente procedimiento para el análisis del ácido ftálico impuro: la muestra se trató con solventes y se realizó extracción por método sólido-líquido, se determinó la pureza del ácido ftálico por triplicado, Los resultados del análisis solicitado fue el siguiente:

Ensayo	Método	Muestra	Resultado % de Pureza
Tratamiento preliminar de la muestra, extracción y determinación de pureza del ácido ftálico por HPLC.	Cromatografía líquida de Alta Resolución (HPLC), Columna Shodex, detector UV-VIS con arreglo de diodos	Muestra 1-1	88.978 %
		Muestra 1-2	88.917 %



Certificado No. SC-CER339681



Certificado No. CO-SC-CER339681



Certificado No. GP-CER339688



Ministerio de Trabajo

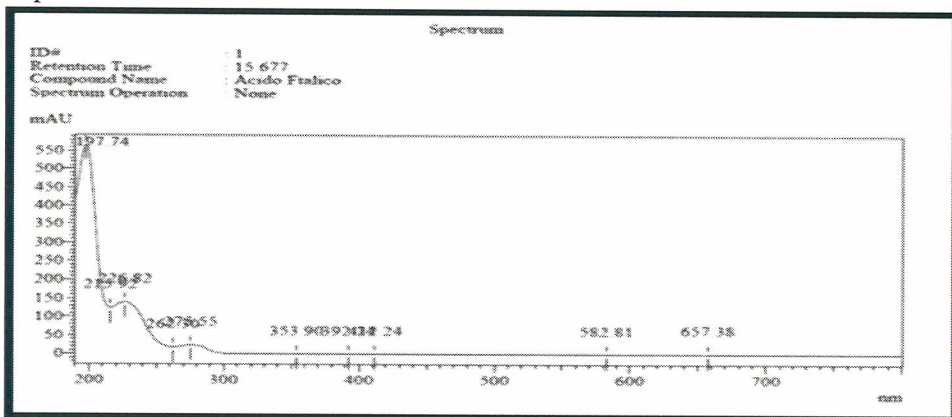
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE
CENTRO DE GESTIÓN INDUSTRIAL

Calle 15 No. 31-42 Torre Occidental 4° Piso – PBX (57 1) 5960100 ext. 15467
www.sena.edu.co - Línea gratuita nacional: 01 8000 9 10 270 GD-F-011 V02

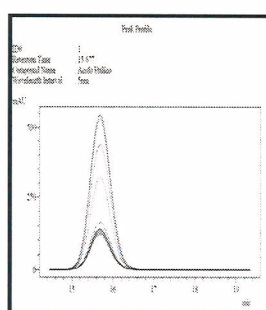
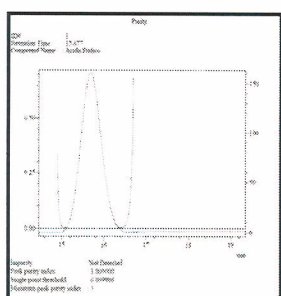


Muestra 1- 3	89.380 %
Promedio	88.758 %
Desviación estándar	0.715
%RSD	0,805%

Se realizó el ensayo en un cromatografo líquido con un detector UV-VIS con arreglo de diodos, se realizó el barrido espectral para verificar la pureza del pico obtenido y verificar impurezas:



Se realizó identificación de impurezas espectrales, sin identificarse impurezas significativas:



Se anexa (3) reportes del instrumento utilizado, donde se evidencia el método utilizado, y los reportes obtenidos del cromatografo Shimadzu.

Ministerio de Trabajo
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE
CENTRO DE GESTIÓN INDUSTRIAL

Calle 15 No. 31-42 Torre Occidental 4° Piso – PBX (57 1) 5960100 ext. 15467
www.sena.edu.co - Línea gratuita nacional: 01 8000 9 10 270 GD-F-011 V02



Certificado No.
SC-CER339681



Certificado No.
CO-SC-CER339681



Certificado No.
GP-CER339688





Anexo 2 - Inyección
Acido Ftalico estándar



Anexo 3 - Inyección



Anexo 1-
Cuantitativo Browser

Estos se encuentran relacionados en los archivos anexos.

Nota: Nuestros Laboratorios no se encuentran acreditados por lo tanto no son certificados los análisis.

Cordialmente,

FABIO HERNANDEZ RODRIGUEZ
SUBDIRECTOR CENTRO DE GESTION INDUSTRIAL

Proyecto. Juan Carlos Mesa Rincón
Juan Pablo Medina – Instructor Química



Certificado No.
SC-CER339681



Certificado No.
CO-SC-CER339681



Certificado No.
GP-CER339688



Ministerio de Trabajo
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE
CENTRO DE GESTIÓN INDUSTRIAL

Calle 15 No. 31-42 Torre Occidental 4° Piso – PBX (57 1) 5960100 ext. 15467
www.sena.edu.co - Línea gratuita nacional: 01 8000 9 10 270 GD-F-011 V02

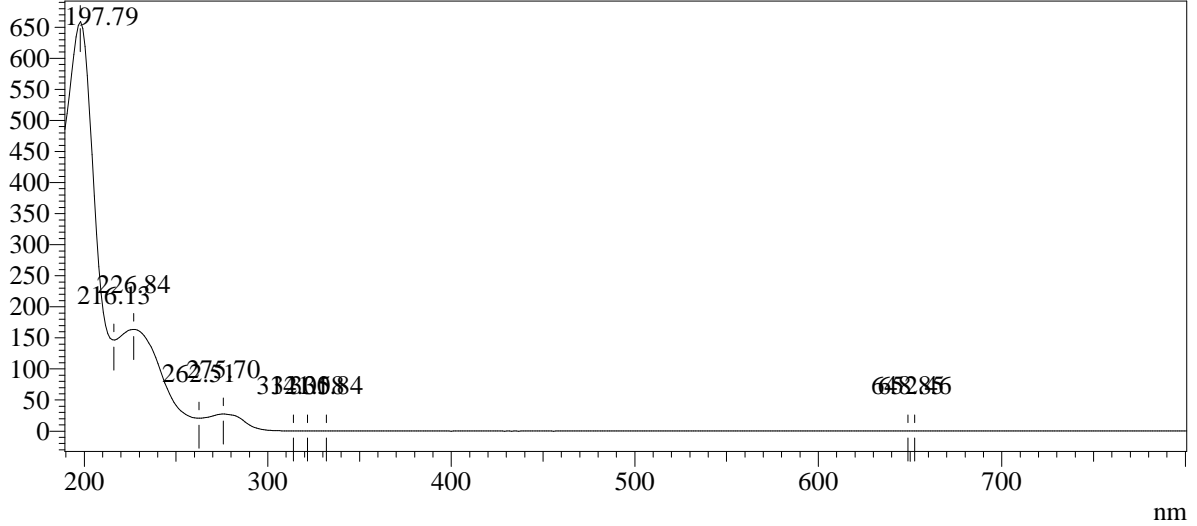
ANEXO B
RESULTADO PRUEBA DE PUREZA PROPUESTA 2

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

Spectrum

ID# : 1
Retention Time : 15.601
Compound Name : Acido Ftalico
Spectrum Operation : None

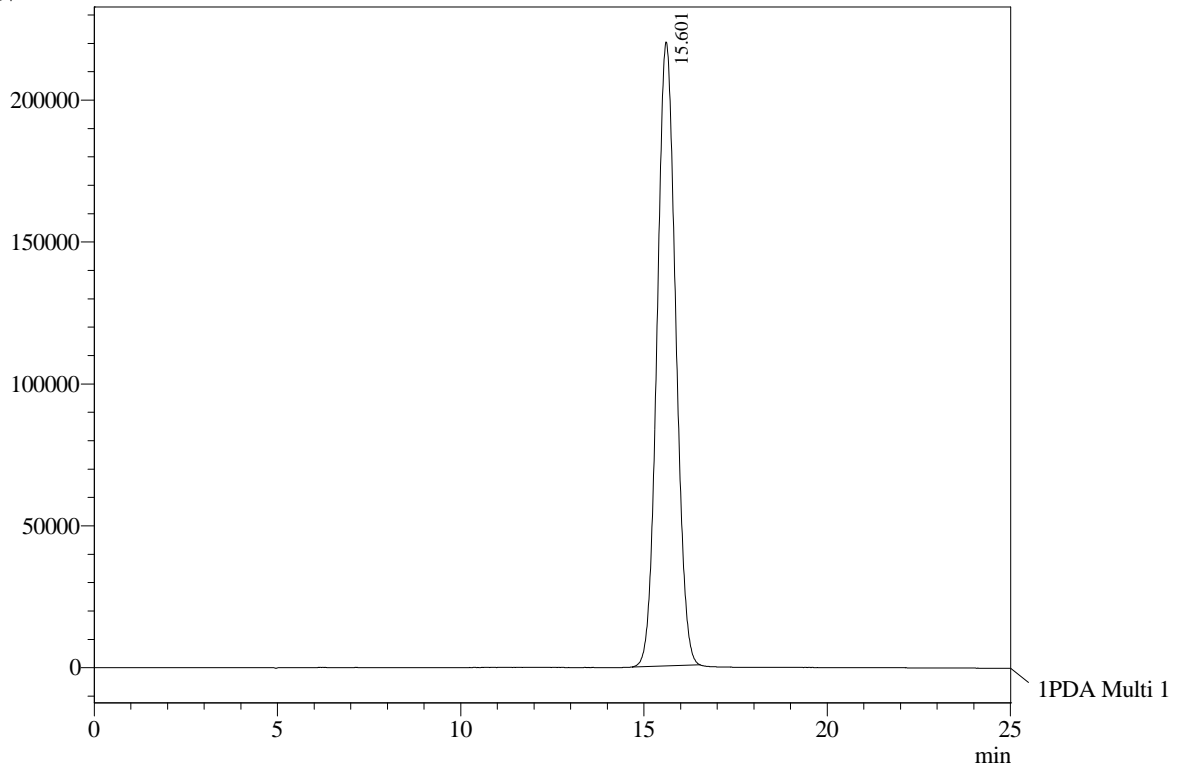
mAU



Chromatogram

Acido Ftalico Estandar01 D:\My Documents\Juan P\Lote 2\Acido Ftalico Estandar001.lcd

uV

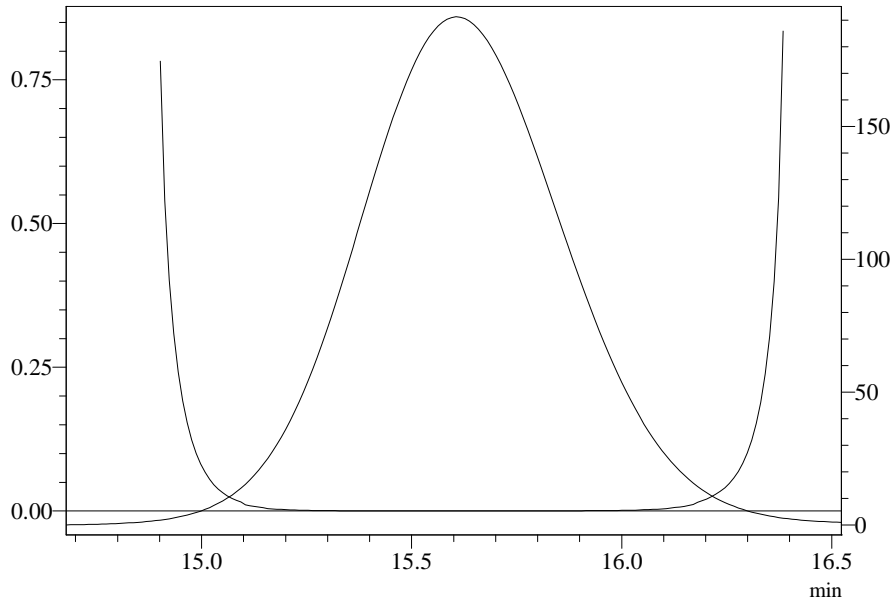


1 PDA Multi 1 / 210nm 4nm

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

Purity

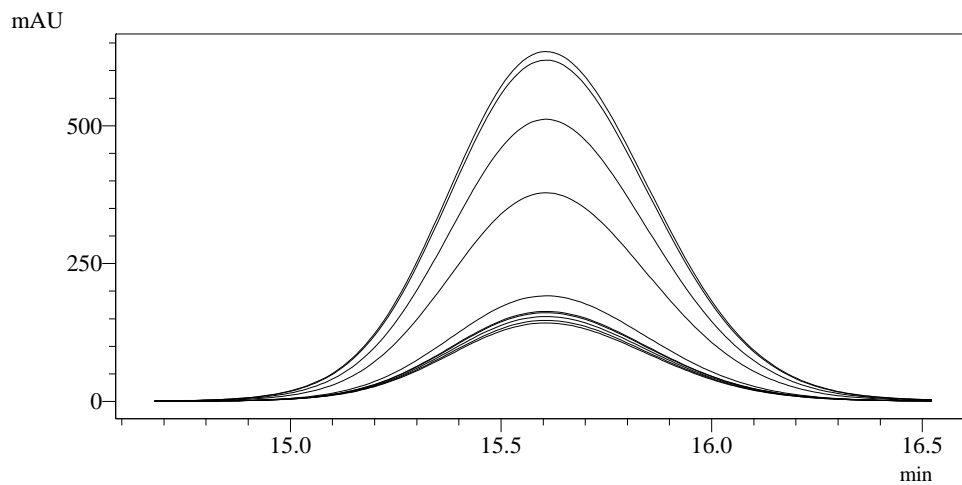
ID# : 1
Retention Time : 15.601
Compound Name : Acido Ftalico



Impurity : Not Detected
Peak purity index : 1.000000
Single point threshold : 0.999825
Minimum peak purity index : 175

Peak Profile

ID# : 1
Retention Time : 15.601
Compound Name : Acido Ftalico
Wavelength Interval : 5nm



Method

<<System Controller>>

SCL Type :CBM-20A
 Power On :ON
 Event1 :OFF
 Event2 :OFF
 Event3 :OFF
 Event4 :OFF

<<Data Acquisition>>

LC Stop Time :25.00 min
 --PDA Detector--
 Name :PDA
 Sampling Frequency :1.5625 Hz
 Start Time :0.00 min
 End Time :25.00 min
 Constant :0.640 sec

<<Pump>>

Pump Mode :Low pressure gradient
 Pump A :LC-20AD
 Total Flow :1.0000 mL/min
 B.Conc :0.0 %
 C.Conc :100.0 %
 D.Conc :0.0 %
 B.Curve :0
 C.Curve :0
 D.Curve :0
 PressMax :1100 psi
 PressMin :0 psi
 LPGE Mode :Auto

<<AutoSampler>>

AutoSampler :SIL-20A
 Use AutoSampler :Use
 Sample Rack :Rack 1.5mL 105 vials
 Rinsing Volume :500 uL
 Needle Stroke :52 mm
 Control Vial Needle Stroke :52 mm
 Rinsing Speed :35 uL/sec
 Sampling Speed :15 uL/sec
 Purge Time :25.0 min
 Rinse Mode :Before/After
 Rinse Dip Time :0 sec

<<Oven>>

Oven :CTO-20AC
 Use Oven :Use
 Temperature :40 C
 T.Max :85 C

<<Compound Table>>

<PDA>

-- ID# 1 --

Name :Acido Ftalico
 Type :Target
 Channel :Ch1 210nm
 Retention Time :15.583 min
 Concentration :[1]=99
 Peak Selection :Default(Closest Peak)
 Standard Spectrum :None
 Similarity :0.9000
 Wave Range :190 - 800
 Calculated by :Default(Area)
 Curve Fit Type :Default(Linear)
 Zero :Default(Not Forced)
 Weight :Default(None)
 Window/Band :Default(Window)

Additive :0.000
Correction factor :1.000000
Std Conc Factor :1.000000

<<Column Performance>>

<PDA>

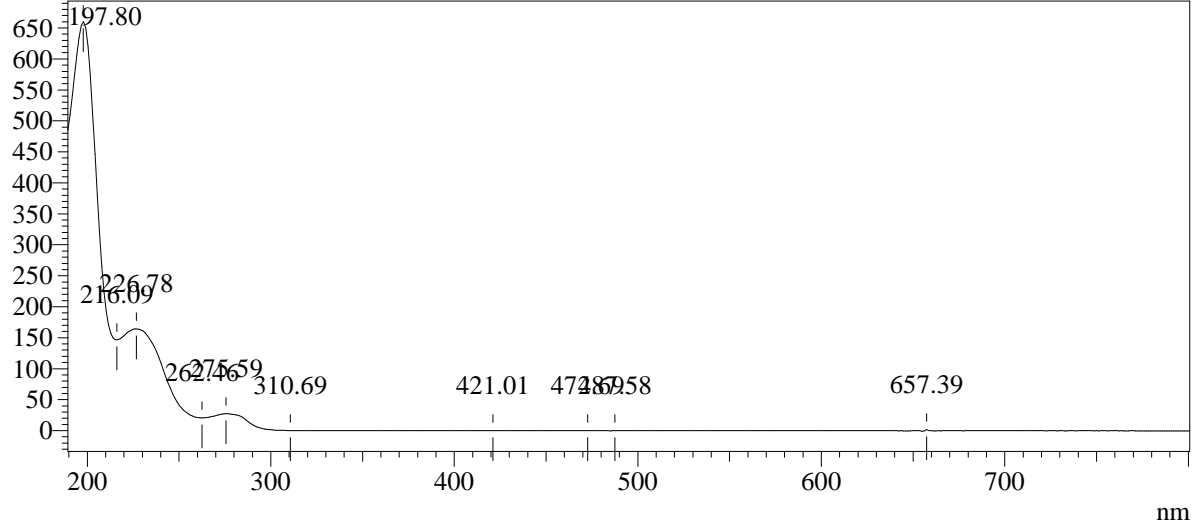
Calculation Method : USP
Unretained Peak : Time at 1st Peak
Column Length : 150 mm
Calculated by Identified Peak only : OFF

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

Spectrum

ID# : 1
Retention Time : 15.586
Compound Name : Acido Ftalico
Spectrum Operation : None

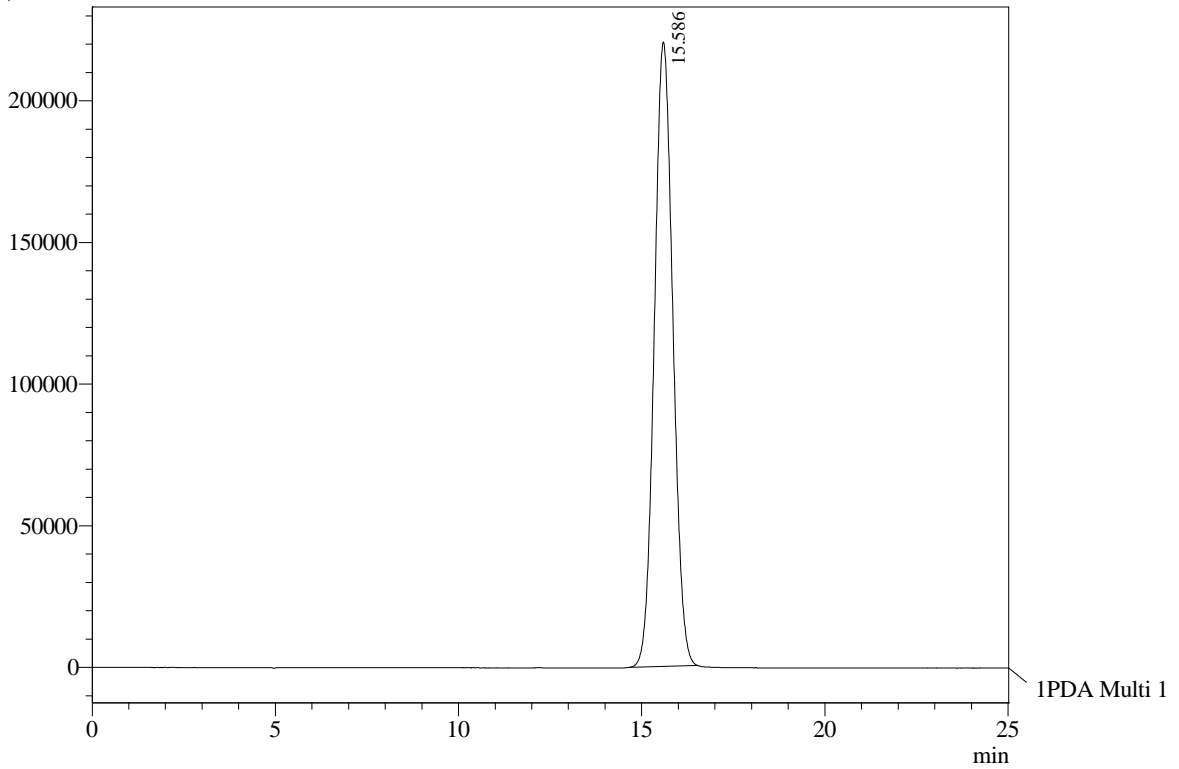
mAU



Chromatogram

Acido Ftalico Estandar02 D:\My Documents\Juan P\Lote 2\Acido Ftalico Estandar002.lcd

uV

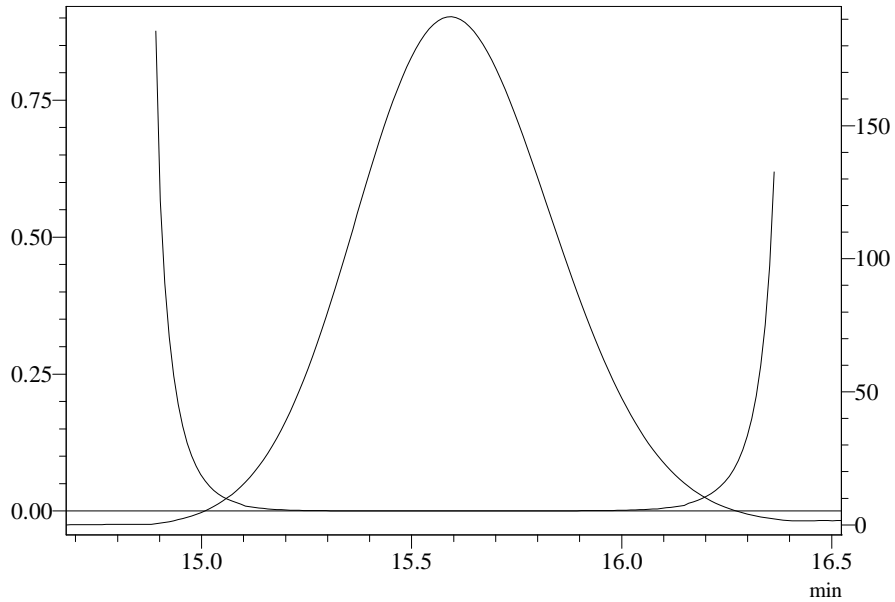


1 PDA Multi 1 / 210nm 4nm

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

Purity

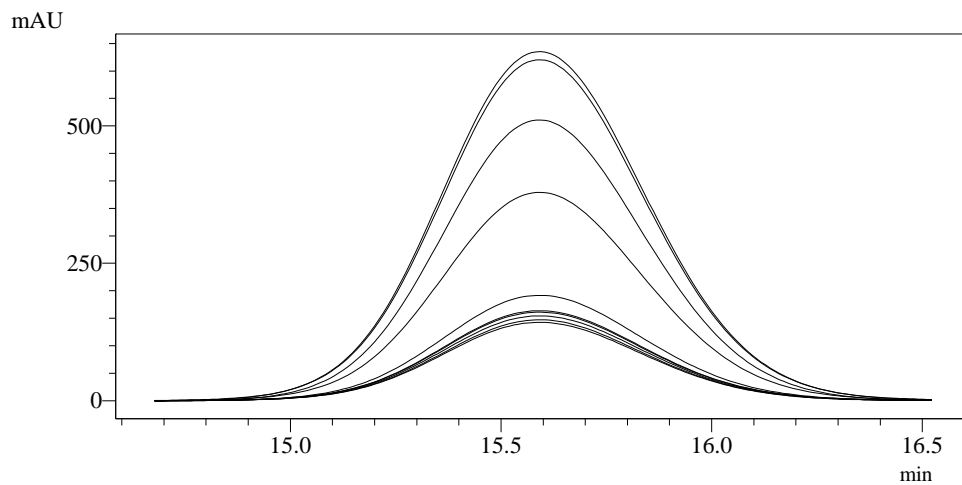
ID# : 1
Retention Time : 15.586
Compound Name : Acido Ftalico



Impurity : Not Detected
Peak purity index : 1.000000
Single point threshold : 0.999826
Minimum peak purity index : 174

Peak Profile

ID# : 1
Retention Time : 15.586
Compound Name : Acido Ftalico
Wavelength Interval : 5nm



Method

<<System Controller>>

SCL Type :CBM-20A
 Power On :ON
 Event1 :OFF
 Event2 :OFF
 Event3 :OFF
 Event4 :OFF

<<Data Acquisition>>

LC Stop Time :25.00 min
 --PDA Detector--
 Name :PDA
 Sampling Frequency :1.5625 Hz
 Start Time :0.00 min
 End Time :25.00 min
 Constant :0.640 sec

<<Pump>>

Pump Mode :Low pressure gradient
 Pump A :LC-20AD
 Total Flow :1.0000 mL/min
 B.Conc :0.0 %
 C.Conc :100.0 %
 D.Conc :0.0 %
 B.Curve :0
 C.Curve :0
 D.Curve :0
 PressMax :1100 psi
 PressMin :0 psi
 LPGE Mode :Auto

<<AutoSampler>>

AutoSampler :SIL-20A
 Use AutoSampler :Use
 Sample Rack :Rack 1.5mL 105 vials
 Rinsing Volume :500 uL
 Needle Stroke :52 mm
 Control Vial Needle Stroke :52 mm
 Rinsing Speed :35 uL/sec
 Sampling Speed :15 uL/sec
 Purge Time :25.0 min
 Rinse Mode :Before/After
 Rinse Dip Time :0 sec

<<Oven>>

Oven :CTO-20AC
 Use Oven :Use
 Temperature :40 C
 T.Max :85 C

<<Compound Table>>

<PDA>

-- ID# 1 --

Name :Acido Ftalico
 Type :Target
 Channel :Ch1 210nm
 Retention Time :15.585 min
 Concentration :[1]=99
 Peak Selection :Default(Closest Peak)
 Standard Spectrum :None
 Similarity :0.9000
 Wave Range :190 - 800
 Calculated by :Default(Area)
 Curve Fit Type :Default(Linear)
 Zero :Default(Not Forced)
 Weight :Default(None)
 Window/Band :Default(Window)

Additive :0.000
Correction factor :1.000000
Std Conc Factor :1.000000

<<Column Performance>>

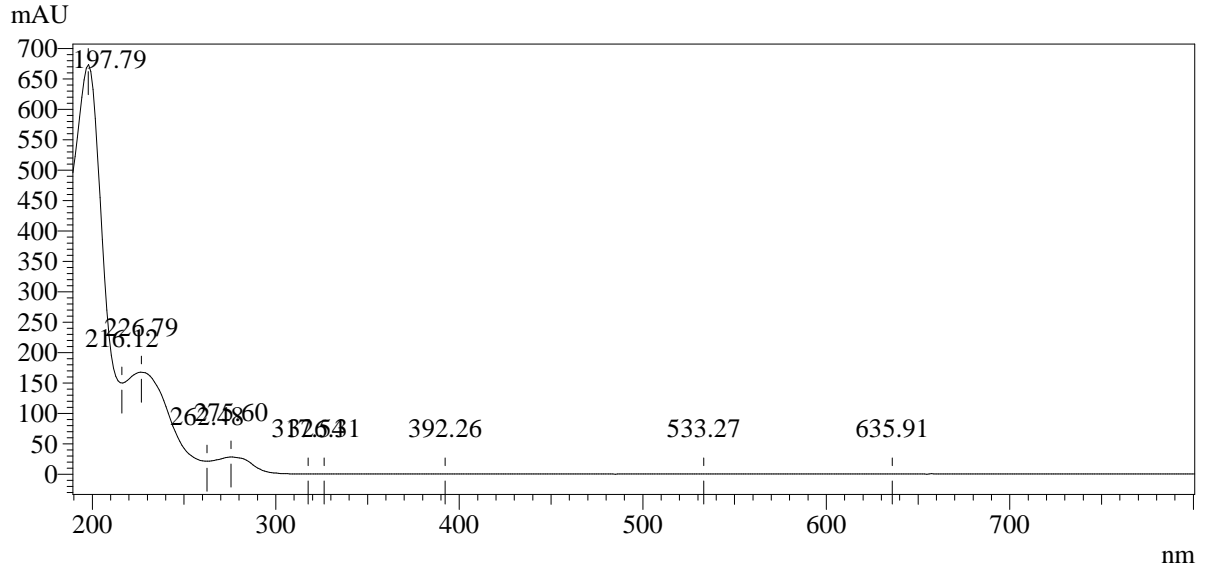
<PDA>

Calculation Method : USP
Unretained Peak : Time at 1st Peak
Column Length : 150 mm
Calculated by Identified Peak only : OFF

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

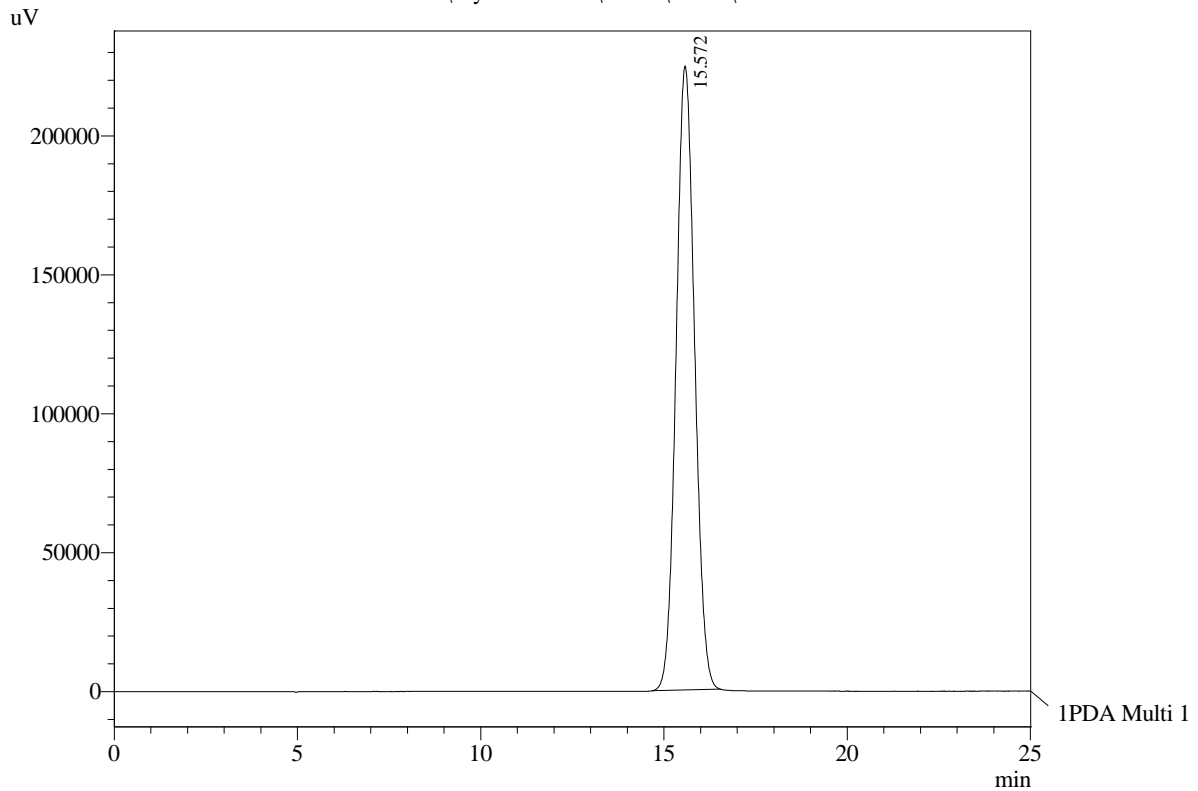
Spectrum

ID# : 1
Retention Time : 15.572
Compound Name : Acido Ftalico
Spectrum Operation : None



Chromatogram

Acido Ftalico Estandar03 D:\My Documents\Juan P\Lote 2\Acido Ftalico Estandar003.lcd

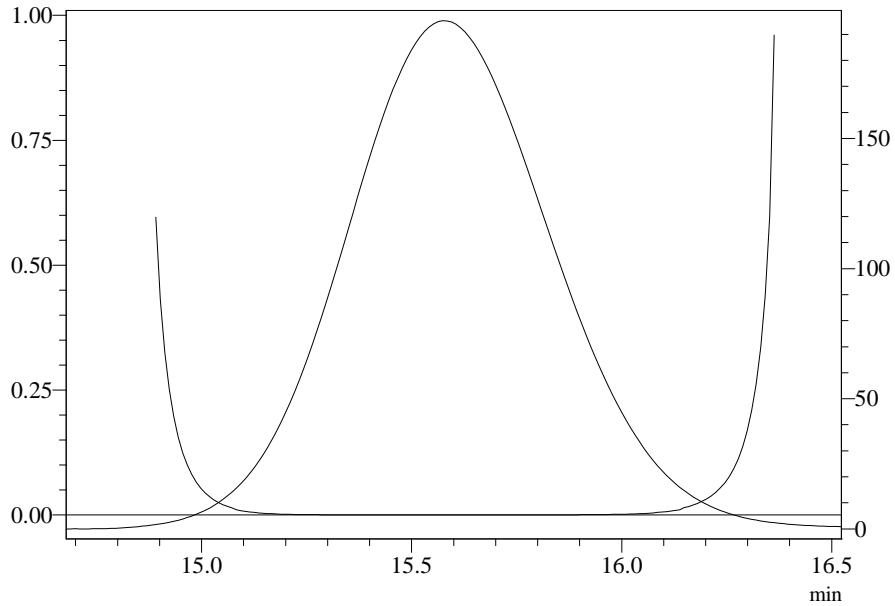


1 PDA Multi 1 / 210nm 4nm

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

Purity

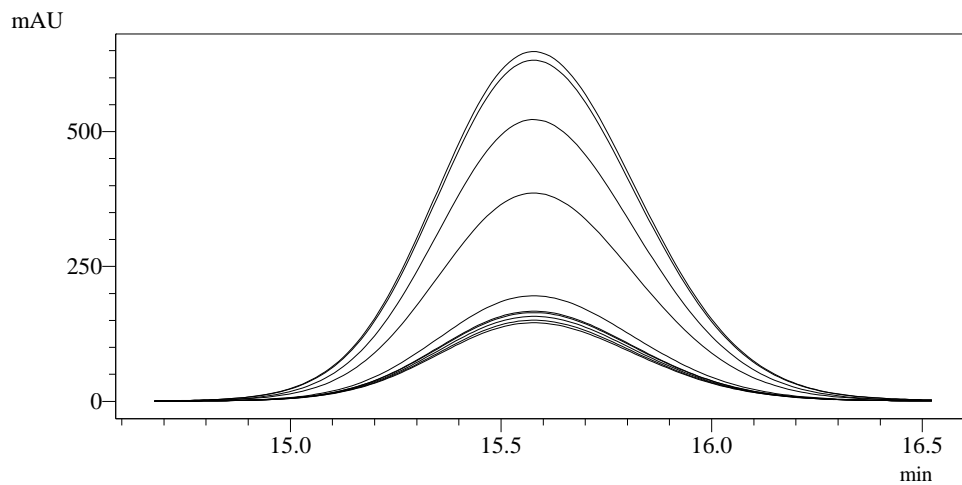
ID# : 1
Retention Time : 15.572
Compound Name : Acido Ftalico



Impurity : Not Detected
Peak purity index : 1.000000
Single point threshold : 0.999831
Minimum peak purity index : 168

Peak Profile

ID# : 1
Retention Time : 15.572
Compound Name : Acido Ftalico
Wavelength Interval : 5nm



Method

<<System Controller>>

SCL Type :CBM-20A
 Power On :ON
 Event1 :OFF
 Event2 :OFF
 Event3 :OFF
 Event4 :OFF

<<Data Acquisition>>

LC Stop Time :25.00 min
 --PDA Detector--
 Name :PDA
 Sampling Frequency :1.5625 Hz
 Start Time :0.00 min
 End Time :25.00 min
 Constant :0.640 sec

<<Pump>>

Pump Mode :Low pressure gradient
 Pump A :LC-20AD
 Total Flow :1.0000 mL/min
 B.Conc :0.0 %
 C.Conc :100.0 %
 D.Conc :0.0 %
 B.Curve :0
 C.Curve :0
 D.Curve :0
 PressMax :1100 psi
 PressMin :0 psi
 LPGE Mode :Auto

<<AutoSampler>>

AutoSampler :SIL-20A
 Use AutoSampler :Use
 Sample Rack :Rack 1.5mL 105 vials
 Rinsing Volume :500 uL
 Needle Stroke :52 mm
 Control Vial Needle Stroke :52 mm
 Rinsing Speed :35 uL/sec
 Sampling Speed :15 uL/sec
 Purge Time :25.0 min
 Rinse Mode :Before/After
 Rinse Dip Time :0 sec

<<Oven>>

Oven :CTO-20AC
 Use Oven :Use
 Temperature :40 C
 T.Max :85 C

<<Compound Table>>

<PDA>

-- ID# 1 --

Name :Acido Ftalico
 Type :Target
 Channel :Ch1 210nm
 Retention Time :15.578 min
 Concentration :[1]=99
 Peak Selection :Default(Closest Peak)
 Standard Spectrum :None
 Similarity :0.9000
 Wave Range :190 - 800
 Calculated by :Default(Area)
 Curve Fit Type :Default(Linear)
 Zero :Default(Not Forced)
 Weight :Default(None)
 Window/Band :Default(Window)

Additive :0.000
Correction factor :1.000000
Std Conc Factor :1.000000

<<Column Performance>>

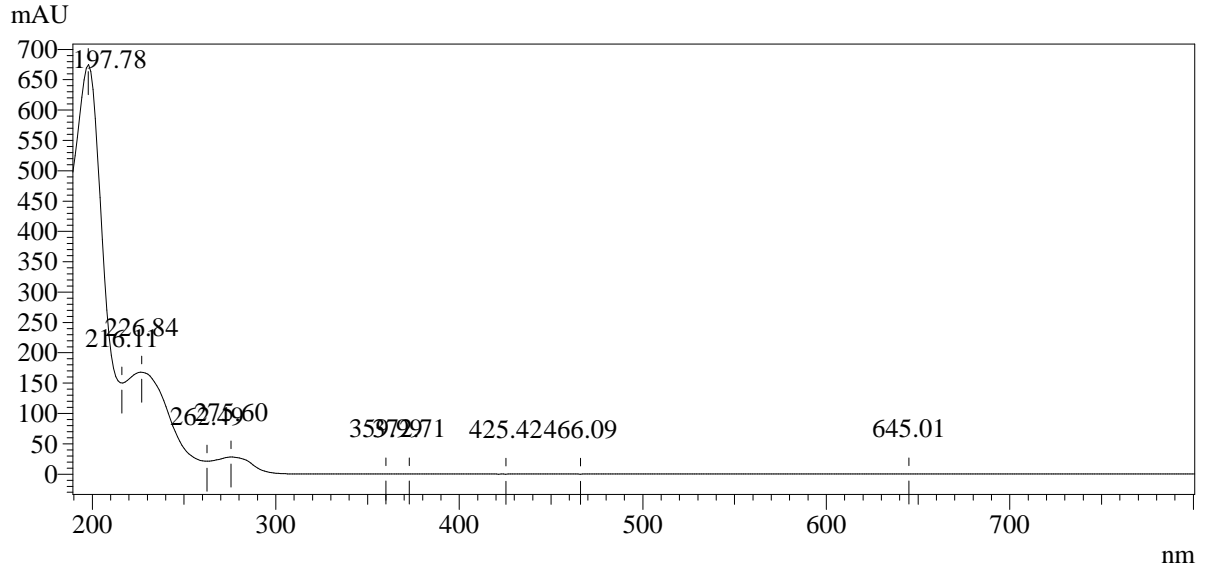
<PDA>

Calculation Method : USP
Unretained Peak : Time at 1st Peak
Column Length : 150 mm
Calculated by Identified Peak only : OFF

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

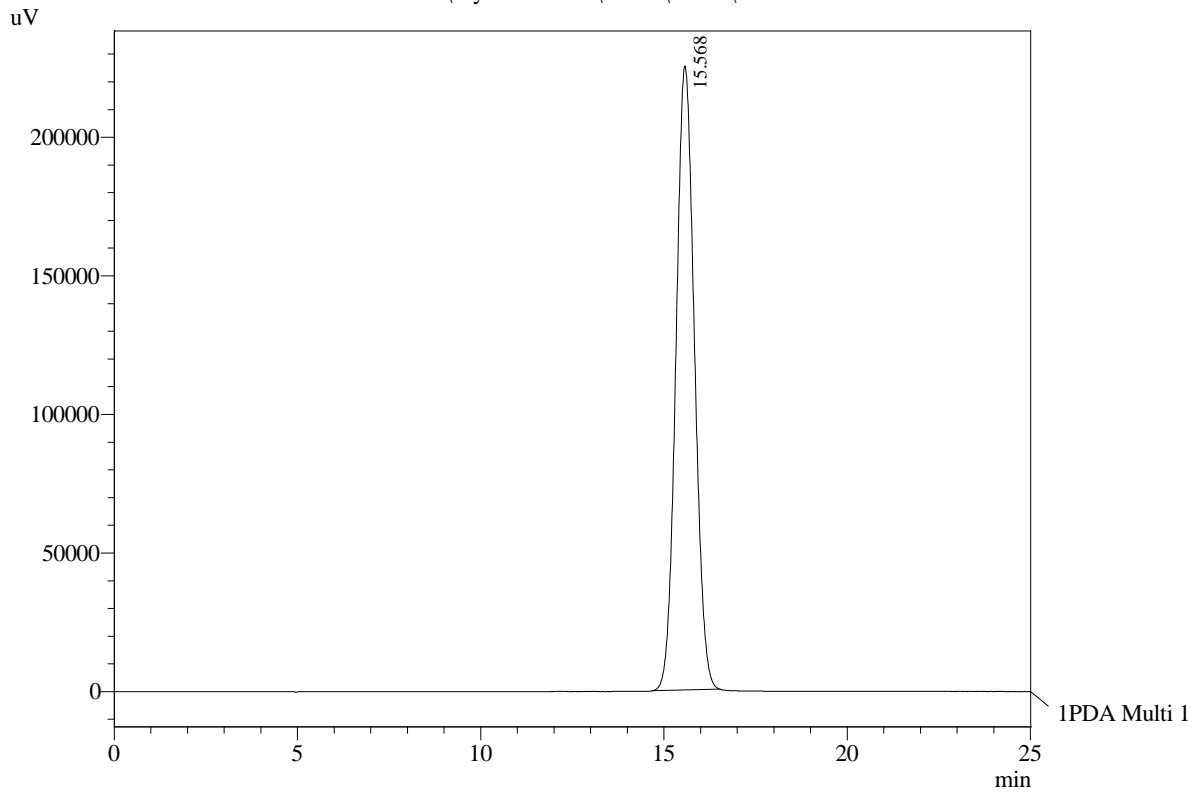
Spectrum

ID# : 1
Retention Time : 15.568
Compound Name : Acido Ftalico
Spectrum Operation : None



Chromatogram

Acido Ftalico Estandar04 D:\My Documents\Juan P\Lote 2\Acido Ftalico Estandar004.lcd

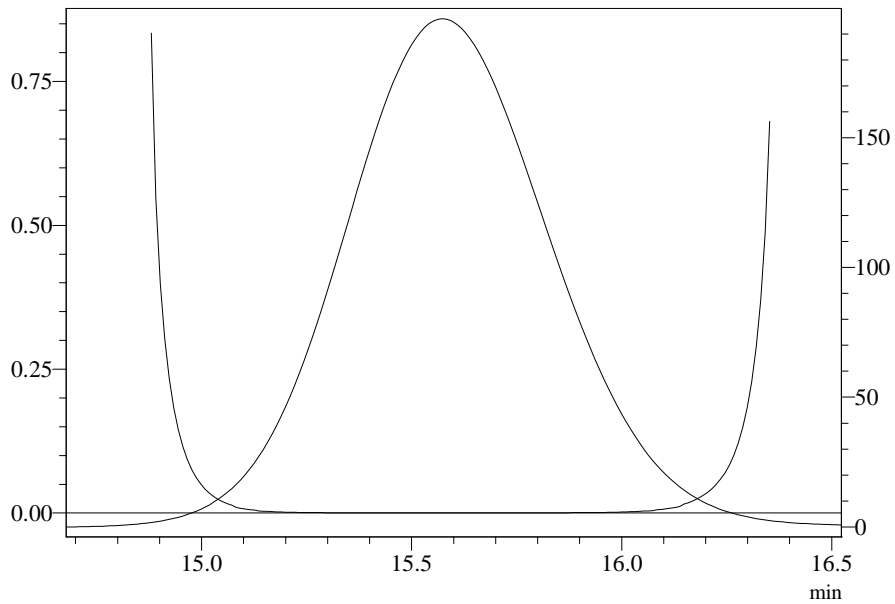


1 PDA Multi 1 / 210nm 4nm

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

Purity

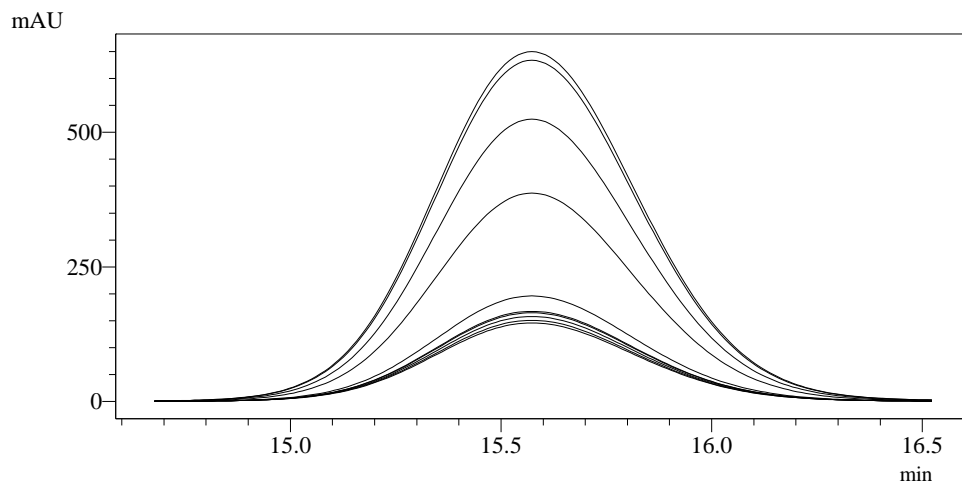
ID# : 1
Retention Time : 15.568
Compound Name : Acido Ftalico



Impurity : Not Detected
Peak purity index : 1.000000
Single point threshold : 0.999832
Minimum peak purity index : 167

Peak Profile

ID# : 1
Retention Time : 15.568
Compound Name : Acido Ftalico
Wavelength Interval : 5nm



Method

<<System Controller>>

SCL Type :CBM-20A
 Power On :ON
 Event1 :OFF
 Event2 :OFF
 Event3 :OFF
 Event4 :OFF

<<Data Acquisition>>

LC Stop Time :25.00 min
 --PDA Detector--
 Name :PDA
 Sampling Frequency :1.5625 Hz
 Start Time :0.00 min
 End Time :25.00 min
 Constant :0.640 sec

<<Pump>>

Pump Mode :Low pressure gradient
 Pump A :LC-20AD
 Total Flow :1.0000 mL/min
 B.Conc :0.0 %
 C.Conc :100.0 %
 D.Conc :0.0 %
 B.Curve :0
 C.Curve :0
 D.Curve :0
 PressMax :1100 psi
 PressMin :0 psi
 LPGE Mode :Auto

<<AutoSampler>>

AutoSampler :SIL-20A
 Use AutoSampler :Use
 Sample Rack :Rack 1.5mL 105 vials
 Rinsing Volume :500 uL
 Needle Stroke :52 mm
 Control Vial Needle Stroke :52 mm
 Rinsing Speed :35 uL/sec
 Sampling Speed :15 uL/sec
 Purge Time :25.0 min
 Rinse Mode :Before/After
 Rinse Dip Time :0 sec

<<Oven>>

Oven :CTO-20AC
 Use Oven :Use
 Temperature :40 C
 T.Max :85 C

<<Compound Table>>

<PDA>

-- ID# 1 --

Name :Acido Ftalico
 Type :Target
 Channel :Ch1 210nm
 Retention Time :15.573 min
 Concentration :[1]=99
 Peak Selection :Default(Closest Peak)
 Standard Spectrum :None
 Similarity :0.9000
 Wave Range :190 - 800
 Calculated by :Default(Area)
 Curve Fit Type :Default(Linear)
 Zero :Default(Not Forced)
 Weight :Default(None)
 Window/Band :Default(Window)

Additive :0.000
Correction factor :1.000000
Std Conc Factor :1.000000

<<Column Performance>>

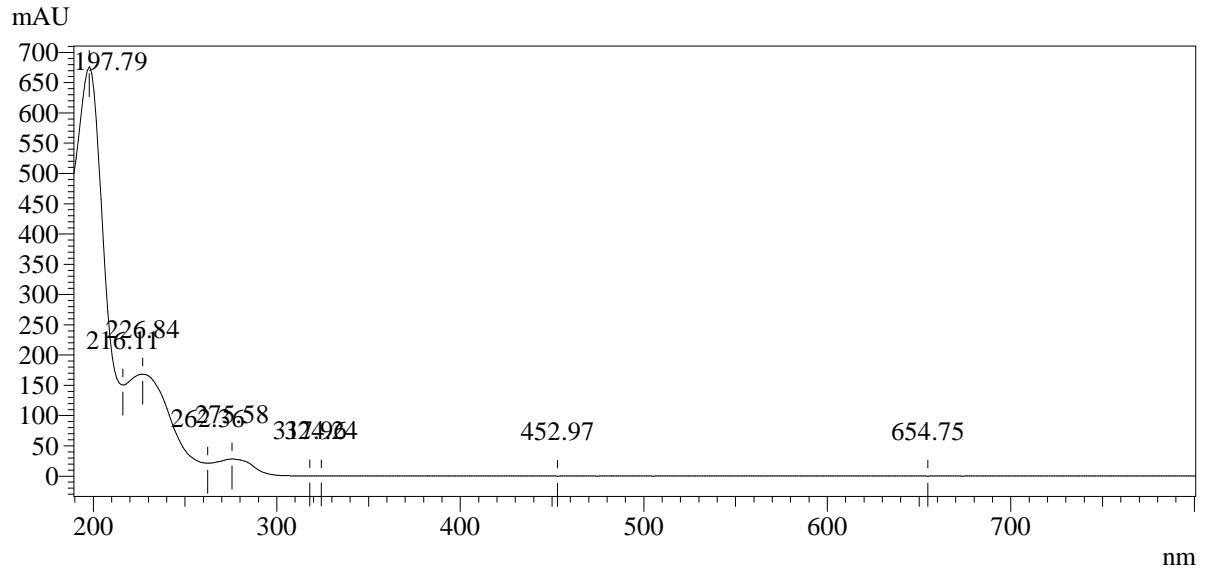
<PDA>

Calculation Method : USP
Unretained Peak : Time at 1st Peak
Column Length : 150 mm
Calculated by Identified Peak only : OFF

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

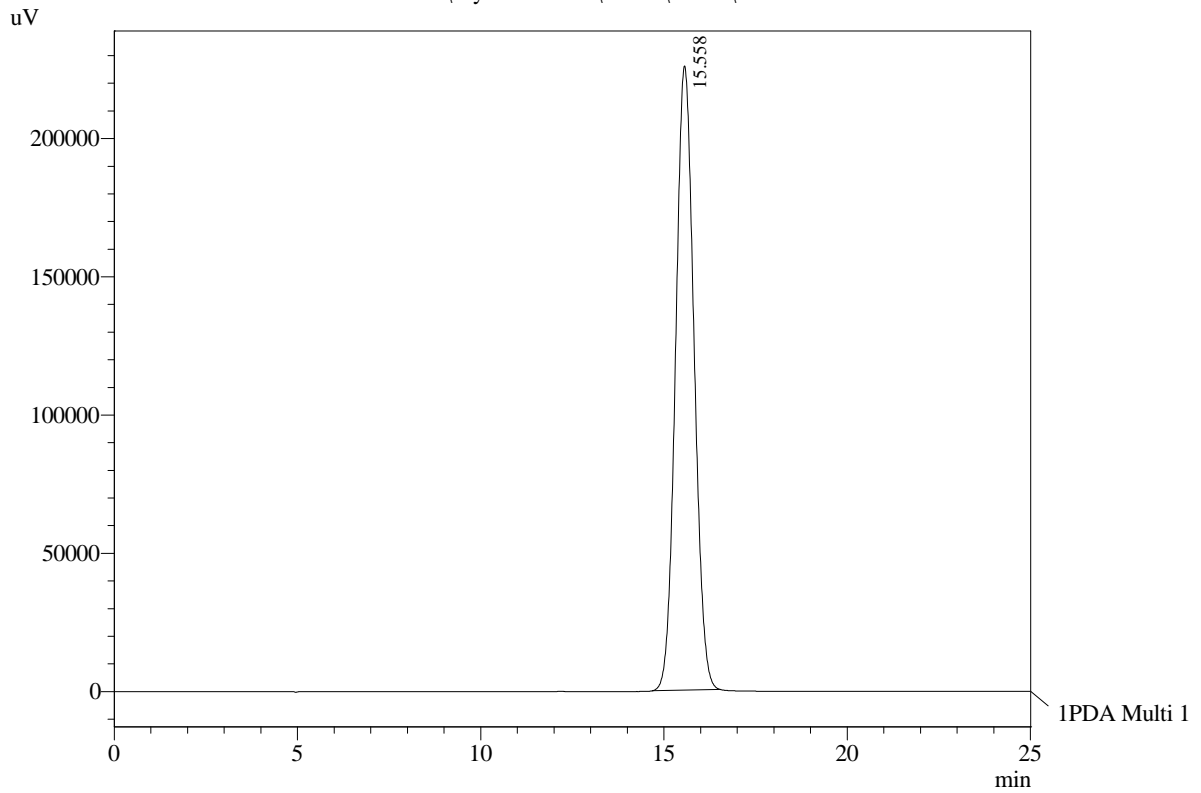
Spectrum

ID# : 1
Retention Time : 15.558
Compound Name : Acido Ftalico
Spectrum Operation : None



Chromatogram

Acido Ftalico Estandar05 D:\My Documents\Juan P\Lote 2\Acido Ftalico Estandar005.lcd

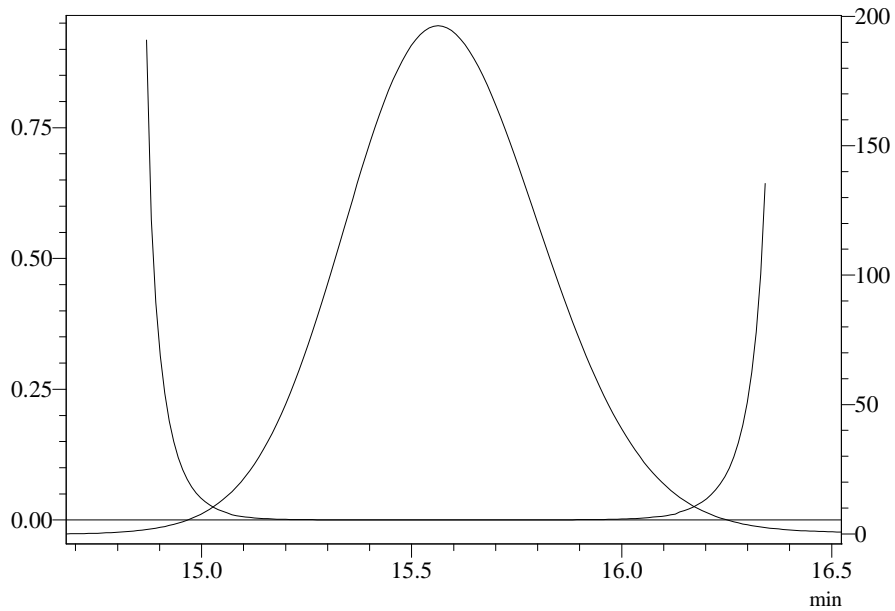


1 PDA Multi 1 / 210nm 4nm

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

Purity

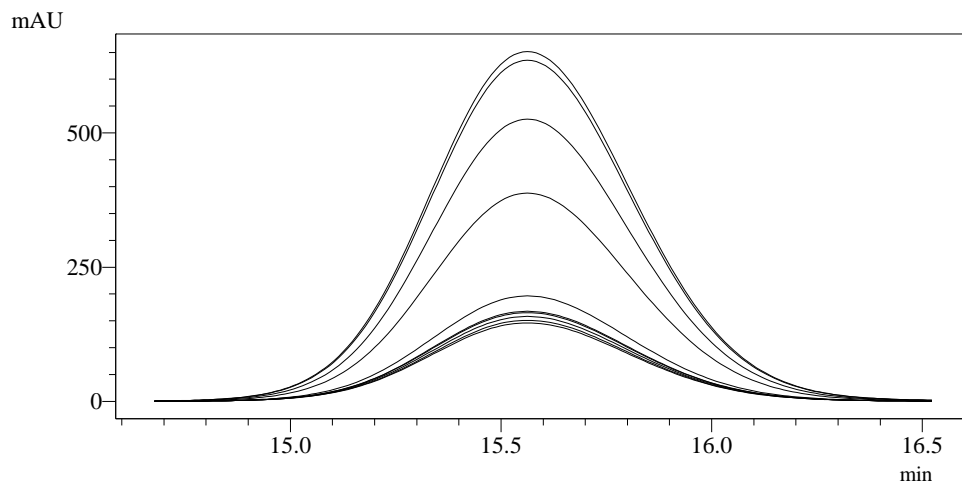
ID# : 1
Retention Time : 15.558
Compound Name : Acido Ftalico



Impurity : Not Detected
Peak purity index : 1.000000
Single point threshold : 0.999833
Minimum peak purity index : 167

Peak Profile

ID# : 1
Retention Time : 15.558
Compound Name : Acido Ftalico
Wavelength Interval : 5nm



Method

<<System Controller>>

SCL Type :CBM-20A
 Power On :ON
 Event1 :OFF
 Event2 :OFF
 Event3 :OFF
 Event4 :OFF

<<Data Acquisition>>

LC Stop Time :25.00 min
 --PDA Detector--
 Name :PDA
 Sampling Frequency :1.5625 Hz
 Start Time :0.00 min
 End Time :25.00 min
 Constant :0.640 sec

<<Pump>>

Pump Mode :Low pressure gradient
 Pump A :LC-20AD
 Total Flow :1.0000 mL/min
 B.Conc :0.0 %
 C.Conc :100.0 %
 D.Conc :0.0 %
 B.Curve :0
 C.Curve :0
 D.Curve :0
 PressMax :1100 psi
 PressMin :0 psi
 LPGE Mode :Auto

<<AutoSampler>>

AutoSampler :SIL-20A
 Use AutoSampler :Use
 Sample Rack :Rack 1.5mL 105 vials
 Rinsing Volume :500 uL
 Needle Stroke :52 mm
 Control Vial Needle Stroke :52 mm
 Rinsing Speed :35 uL/sec
 Sampling Speed :15 uL/sec
 Purge Time :25.0 min
 Rinse Mode :Before/After
 Rinse Dip Time :0 sec

<<Oven>>

Oven :CTO-20AC
 Use Oven :Use
 Temperature :40 C
 T.Max :85 C

<<Compound Table>>

<PDA>

-- ID# 1 --

Name :Acido Ftalico
 Type :Target
 Channel :Ch1 210nm
 Retention Time :15.565 min
 Concentration :[1]=99
 Peak Selection :Default(Closest Peak)
 Standard Spectrum :None
 Similarity :0.9000
 Wave Range :190 - 800
 Calculated by :Default(Area)
 Curve Fit Type :Default(Linear)
 Zero :Default(Not Forced)
 Weight :Default(None)
 Window/Band :Default(Window)

Additive :0.000
Correction factor :1.000000
Std Conc Factor :1.000000

<<Column Performance>>

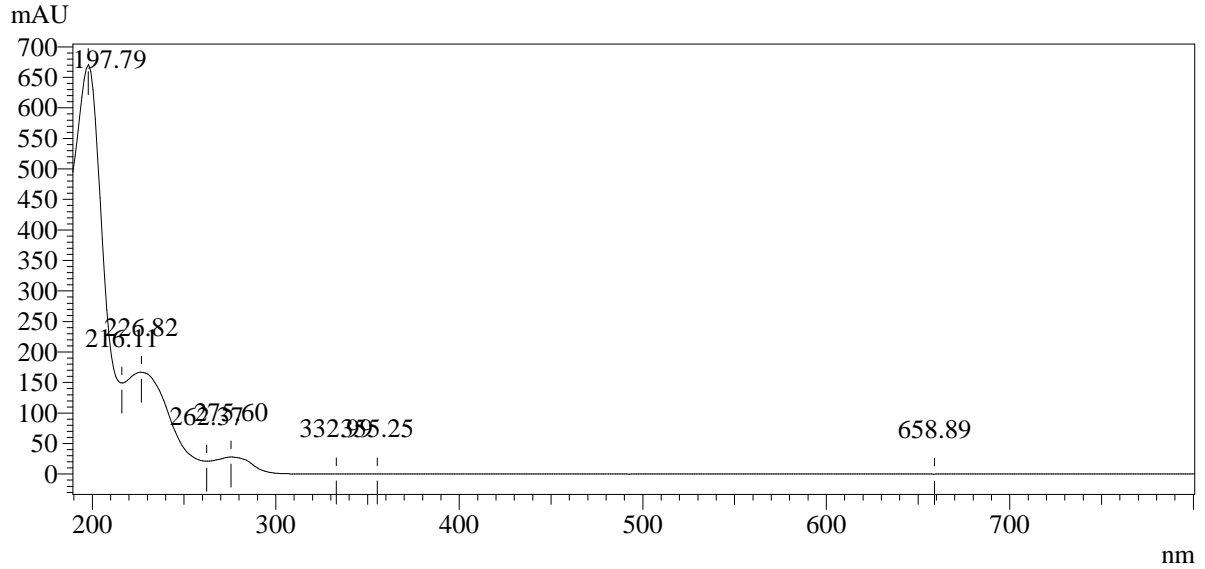
<PDA>

Calculation Method : USP
Unretained Peak : Time at 1st Peak
Column Length : 150 mm
Calculated by Identified Peak only : OFF

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

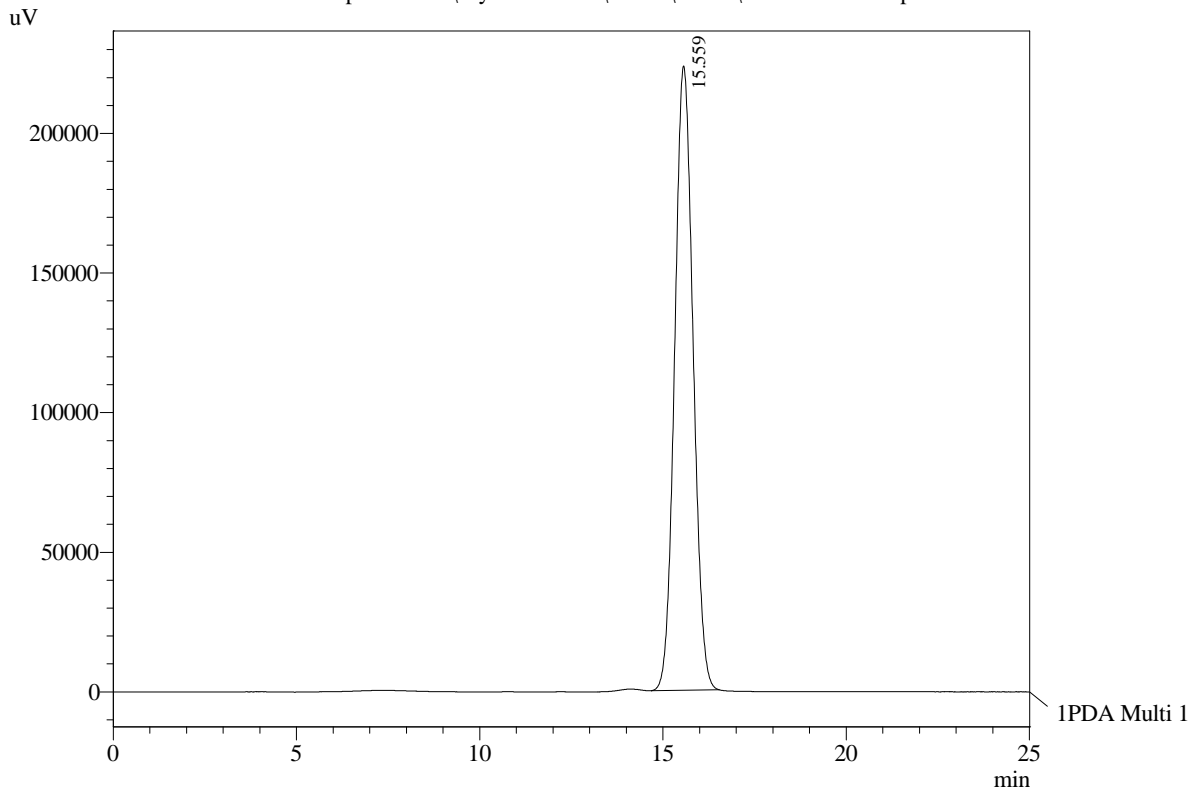
Spectrum

ID# : 1
Retention Time : 15.559
Compound Name : Acido Ftalico
Spectrum Operation : None



Chromatogram

Acido Ftalico Impuro006 D:\My Documents\Juan P\Lote 2\Acido Ftalico Impuro003.lcd

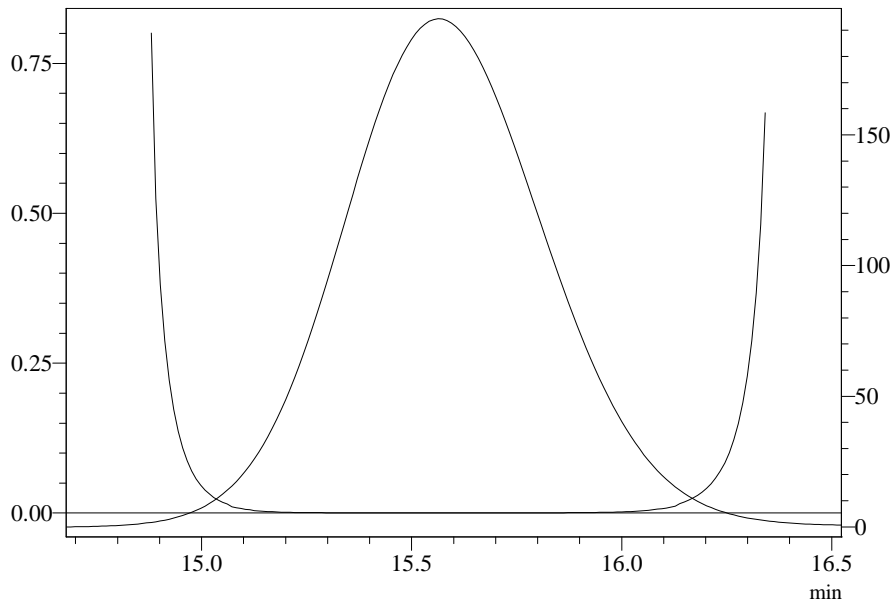


1 PDA Multi 1 / 210nm 4nm

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

Purity

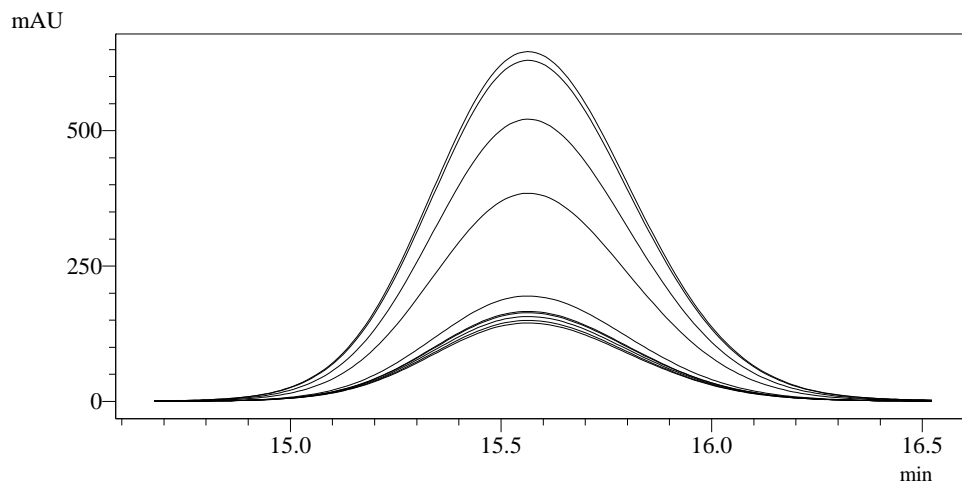
ID# : 1
Retention Time : 15.559
Compound Name : Acido Ftalico



Impurity : Not Detected
Peak purity index : 1.000000
Single point threshold : 0.999830
Minimum peak purity index : 169

Peak Profile

ID# : 1
Retention Time : 15.559
Compound Name : Acido Ftalico
Wavelength Interval : 5nm



Method

<<System Controller>>

SCL Type :CBM-20A
 Power On :ON
 Event1 :OFF
 Event2 :OFF
 Event3 :OFF
 Event4 :OFF

<<Data Acquisition>>

LC Stop Time :25.00 min
 --PDA Detector--
 Name :PDA
 Sampling Frequency :1.5625 Hz
 Start Time :0.00 min
 End Time :25.00 min
 Constant :0.640 sec

<<Pump>>

Pump Mode :Low pressure gradient
 Pump A :LC-20AD
 Total Flow :1.0000 mL/min
 B.Conc :0.0 %
 C.Conc :100.0 %
 D.Conc :0.0 %
 B.Curve :0
 C.Curve :0
 D.Curve :0
 PressMax :1100 psi
 PressMin :0 psi
 LPGE Mode :Auto

<<AutoSampler>>

AutoSampler :SIL-20A
 Use AutoSampler :Use
 Sample Rack :Rack 1.5mL 105 vials
 Rinsing Volume :500 uL
 Needle Stroke :52 mm
 Control Vial Needle Stroke :52 mm
 Rinsing Speed :35 uL/sec
 Sampling Speed :15 uL/sec
 Purge Time :25.0 min
 Rinse Mode :Before/After
 Rinse Dip Time :0 sec

<<Oven>>

Oven :CTO-20AC
 Use Oven :Use
 Temperature :40 C
 T.Max :85 C

<<Compound Table>>

<PDA>

-- ID# 1 --

Name :Acido Ftalico
 Type :Target
 Channel :Ch1 210nm
 Retention Time :15.565 min
 Concentration :[1]=99
 Peak Selection :Default(Closest Peak)
 Standard Spectrum :None
 Similarity :0.9000
 Wave Range :190 - 800
 Calculated by :Default(Area)
 Curve Fit Type :Default(Linear)
 Zero :Default(Not Forced)
 Weight :Default(None)
 Window/Band :Default(Window)

Additive :0.000
Correction factor :1.000000
Std Conc Factor :1.000000

<<Column Performance>>

<PDA>

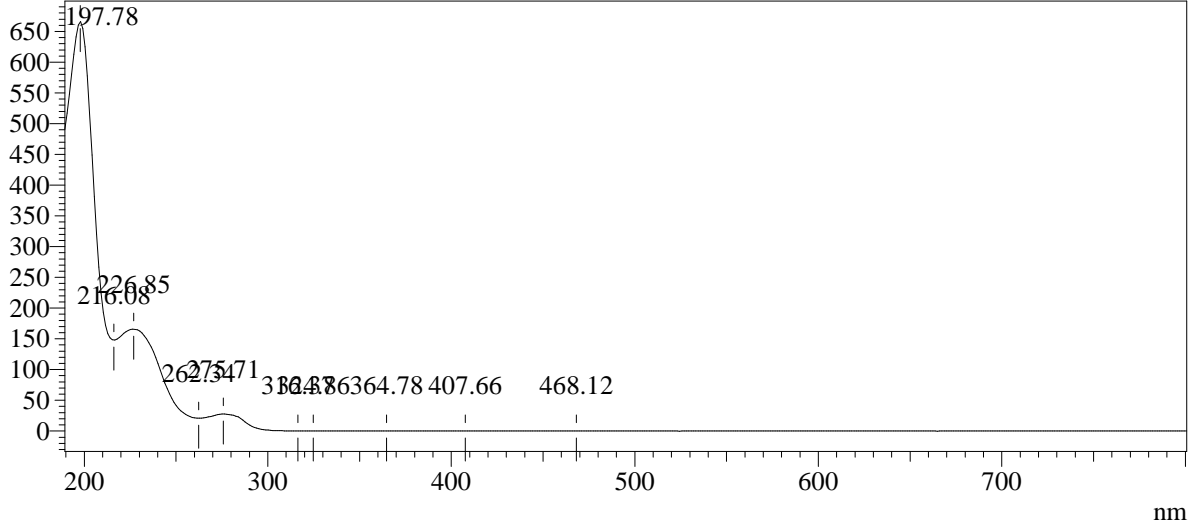
Calculation Method : USP
Unretained Peak : Time at 1st Peak
Column Length : 150 mm
Calculated by Identified Peak only : OFF

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

Spectrum

ID# : 1
Retention Time : 15.559
Compound Name : Acido Ftalico
Spectrum Operation : None

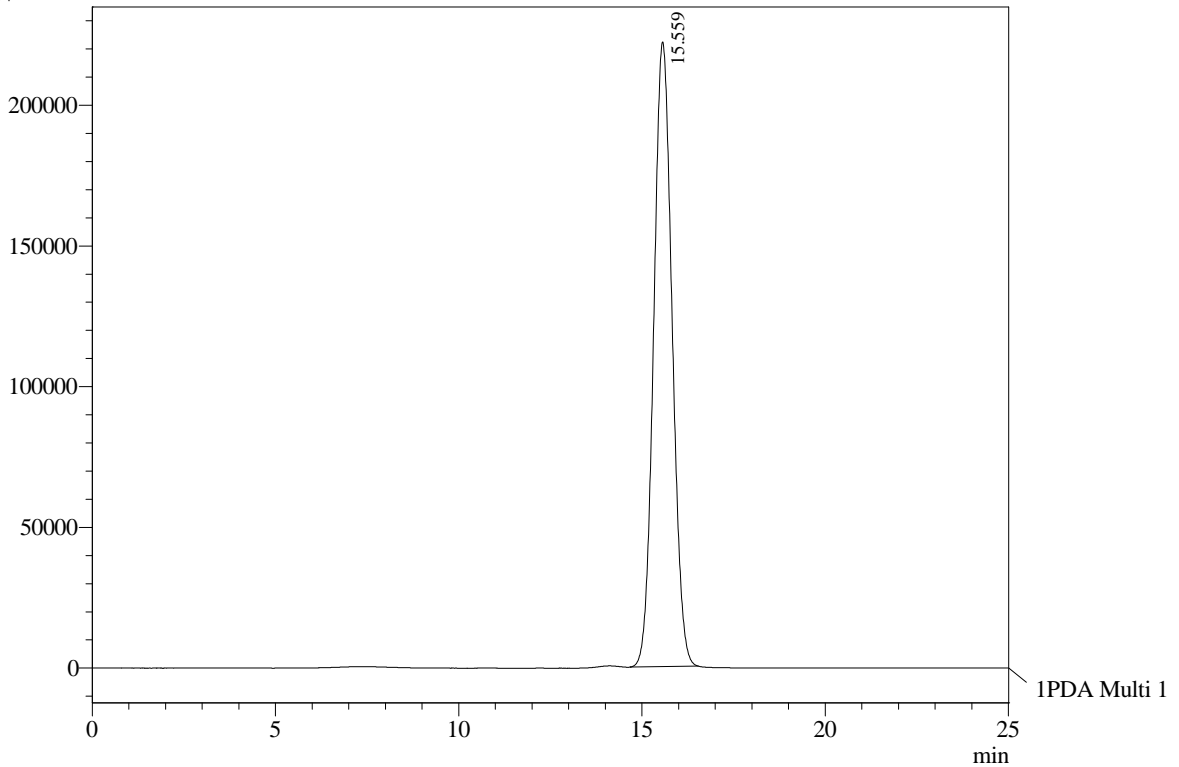
mAU



Chromatogram

Acido Ftalico Impuro007 D:\My Documents\Juan P\Lote 2\Acido Ftalico Impuro004.lcd

uV

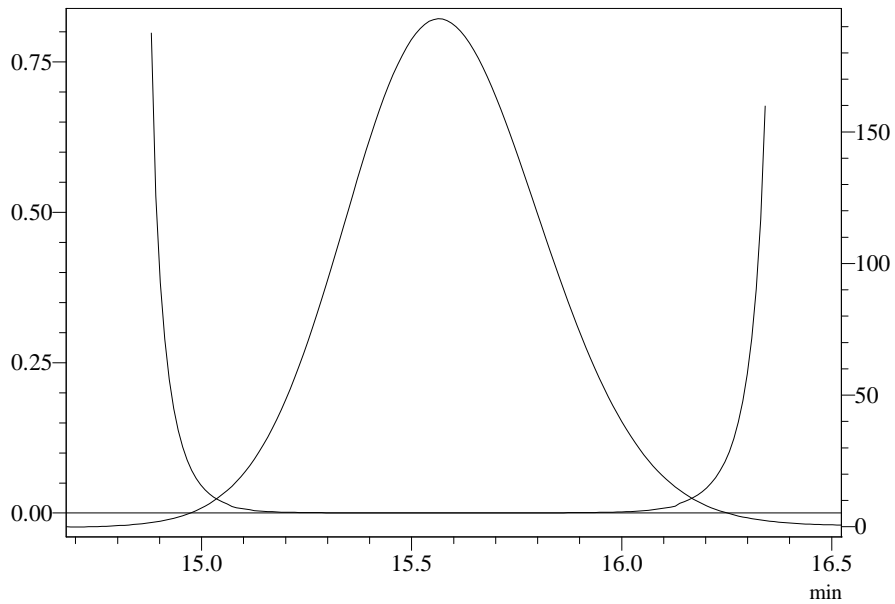


1 PDA Multi 1 / 210nm 4nm

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

Purity

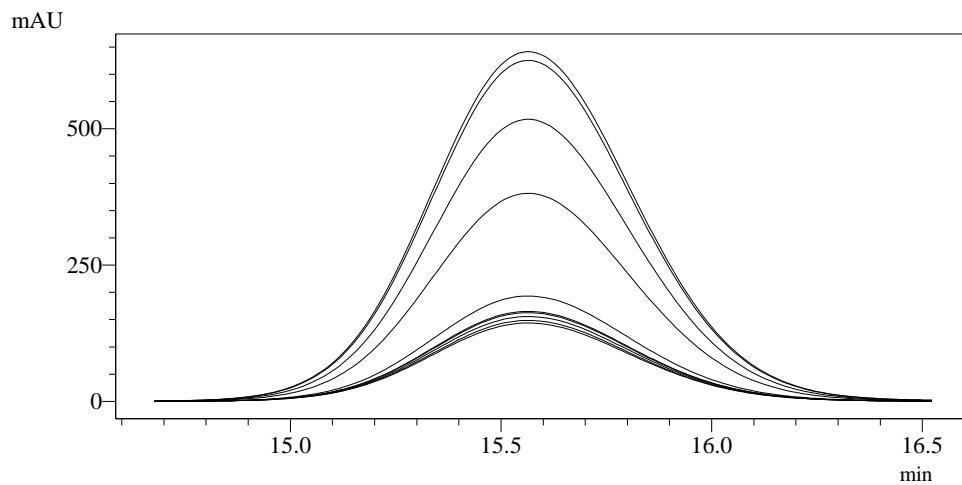
ID# : 1
Retention Time : 15.559
Compound Name : Acido Ftalico



Impurity : Not Detected
Peak purity index : 1.000000
Single point threshold : 0.999828
Minimum peak purity index : 171

Peak Profile

ID# : 1
Retention Time : 15.559
Compound Name : Acido Ftalico
Wavelength Interval : 5nm



Method

<<System Controller>>

SCL Type :CBM-20A
 Power On :ON
 Event1 :OFF
 Event2 :OFF
 Event3 :OFF
 Event4 :OFF

<<Data Acquisition>>

LC Stop Time :25.00 min
 --PDA Detector--
 Name :PDA
 Sampling Frequency :1.5625 Hz
 Start Time :0.00 min
 End Time :25.00 min
 Constant :0.640 sec

<<Pump>>

Pump Mode :Low pressure gradient
 Pump A :LC-20AD
 Total Flow :1.0000 mL/min
 B.Conc :0.0 %
 C.Conc :100.0 %
 D.Conc :0.0 %
 B.Curve :0
 C.Curve :0
 D.Curve :0
 PressMax :1100 psi
 PressMin :0 psi
 LPGE Mode :Auto

<<AutoSampler>>

AutoSampler :SIL-20A
 Use AutoSampler :Use
 Sample Rack :Rack 1.5mL 105 vials
 Rinsing Volume :500 uL
 Needle Stroke :52 mm
 Control Vial Needle Stroke :52 mm
 Rinsing Speed :35 uL/sec
 Sampling Speed :15 uL/sec
 Purge Time :25.0 min
 Rinse Mode :Before/After
 Rinse Dip Time :0 sec

<<Oven>>

Oven :CTO-20AC
 Use Oven :Use
 Temperature :40 C
 T.Max :85 C

<<Compound Table>>

<PDA>

-- ID# 1 --

Name :Acido Ftalico
 Type :Target
 Channel :Ch1 210nm
 Retention Time :15.565 min
 Concentration :[1]=99
 Peak Selection :Default(Closest Peak)
 Standard Spectrum :None
 Similarity :0.9000
 Wave Range :190 - 800
 Calculated by :Default(Area)
 Curve Fit Type :Default(Linear)
 Zero :Default(Not Forced)
 Weight :Default(None)
 Window/Band :Default(Window)

Additive :0.000
Correction factor :1.000000
Std Conc Factor :1.000000

<<Column Performance>>

<PDA>

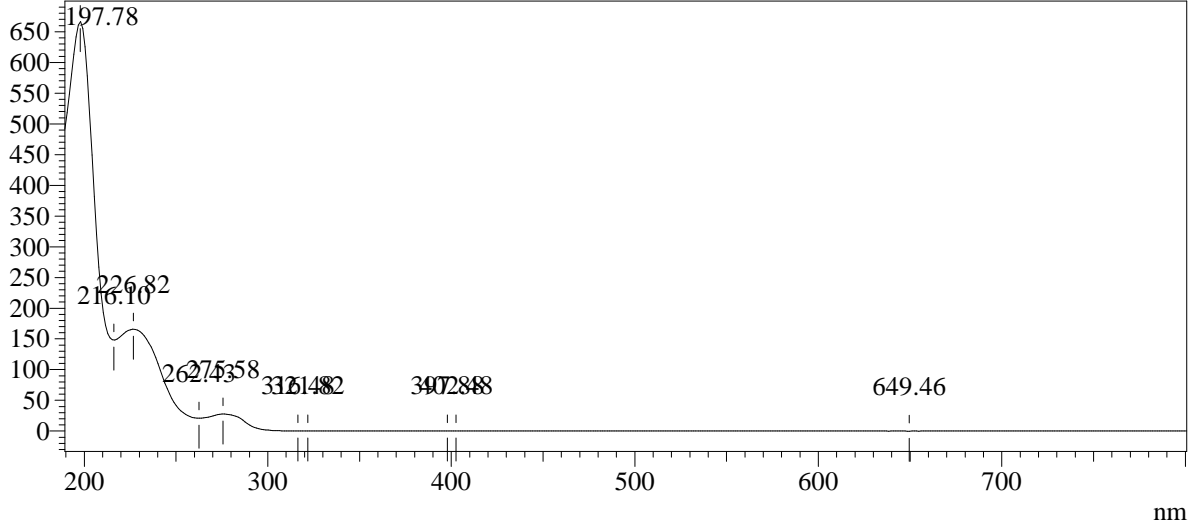
Calculation Method : USP
Unretained Peak : Time at 1st Peak
Column Length : 150 mm
Calculated by Identified Peak only : OFF

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

Spectrum

ID# : 1
Retention Time : 15.563
Compound Name : Acido Ftalico
Spectrum Operation : None

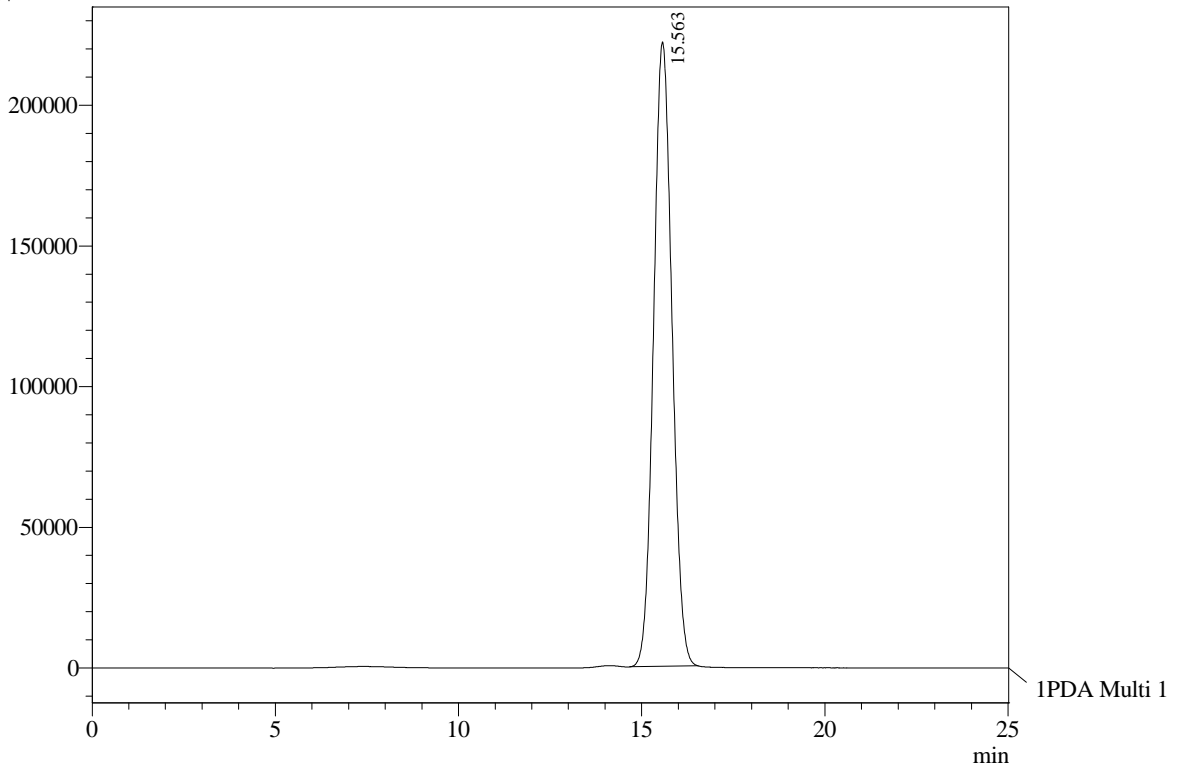
mAU



Chromatogram

Acido Ftalico Impuro008 D:\My Documents\Juan P\Lote 2\Acido Ftalico Impuro005.lcd

uV

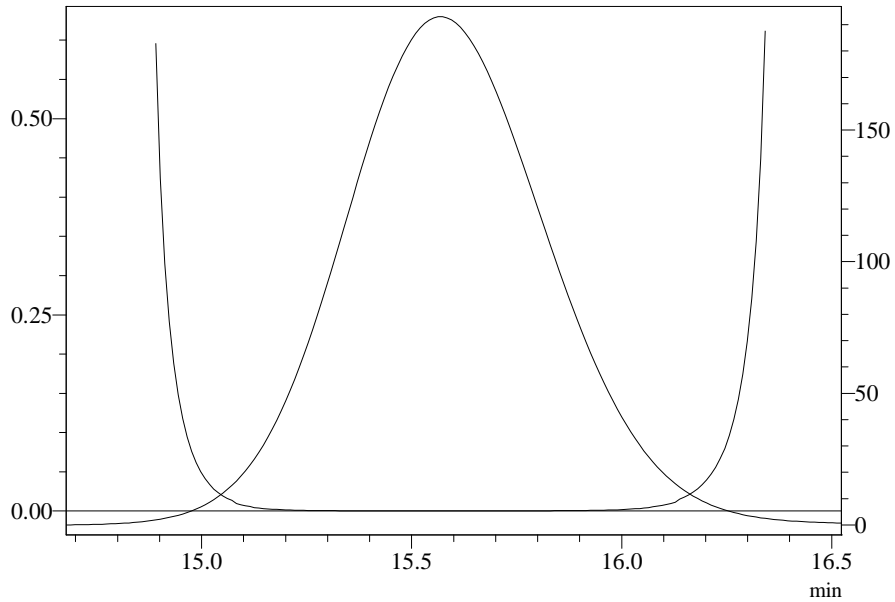


1 PDA Multi 1 / 210nm 4nm

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

Purity

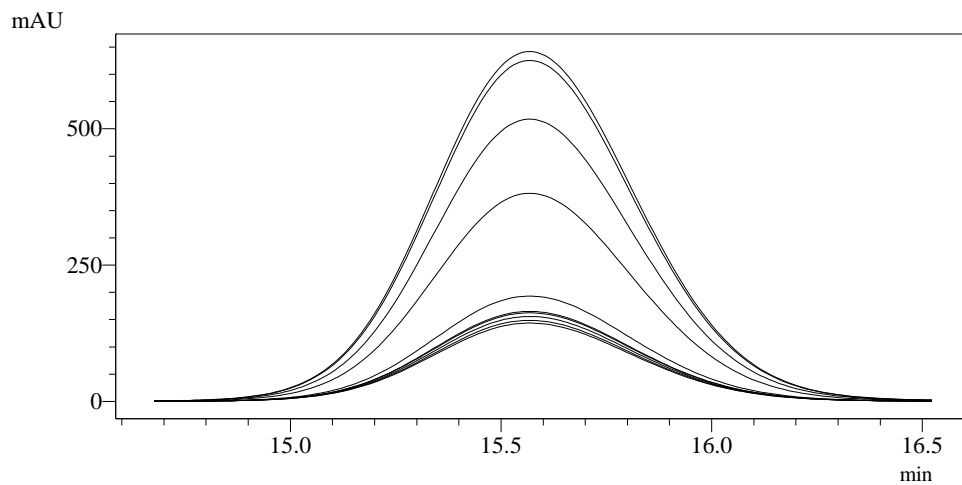
ID# : 1
Retention Time : 15.563
Compound Name : Acido Ftalico



Impurity : Not Detected
Peak purity index : 1.000000
Single point threshold : 0.999828
Minimum peak purity index : 171

Peak Profile

ID# : 1
Retention Time : 15.563
Compound Name : Acido Ftalico
Wavelength Interval : 5nm



Method

<<System Controller>>

SCL Type :CBM-20A
 Power On :ON
 Event1 :OFF
 Event2 :OFF
 Event3 :OFF
 Event4 :OFF

<<Data Acquisition>>

LC Stop Time :25.00 min
 --PDA Detector--
 Name :PDA
 Sampling Frequency :1.5625 Hz
 Start Time :0.00 min
 End Time :25.00 min
 Constant :0.640 sec

<<Pump>>

Pump Mode :Low pressure gradient
 Pump A :LC-20AD
 Total Flow :1.0000 mL/min
 B.Conc :0.0 %
 C.Conc :100.0 %
 D.Conc :0.0 %
 B.Curve :0
 C.Curve :0
 D.Curve :0
 PressMax :1100 psi
 PressMin :0 psi
 LPGE Mode :Auto

<<AutoSampler>>

AutoSampler :SIL-20A
 Use AutoSampler :Use
 Sample Rack :Rack 1.5mL 105 vials
 Rinsing Volume :500 uL
 Needle Stroke :52 mm
 Control Vial Needle Stroke :52 mm
 Rinsing Speed :35 uL/sec
 Sampling Speed :15 uL/sec
 Purge Time :25.0 min
 Rinse Mode :Before/After
 Rinse Dip Time :0 sec

<<Oven>>

Oven :CTO-20AC
 Use Oven :Use
 Temperature :40 C
 T.Max :85 C

<<Compound Table>>

<PDA>

-- ID# 1 --

Name :Acido Ftalico
 Type :Target
 Channel :Ch1 210nm
 Retention Time :15.565 min
 Concentration :[1]=99
 Peak Selection :Default(Closest Peak)
 Standard Spectrum :None
 Similarity :0.9000
 Wave Range :190 - 800
 Calculated by :Default(Area)
 Curve Fit Type :Default(Linear)
 Zero :Default(Not Forced)
 Weight :Default(None)
 Window/Band :Default(Window)

Additive :0.000
Correction factor :1.000000
Std Conc Factor :1.000000

<<Column Performance>>

<PDA>

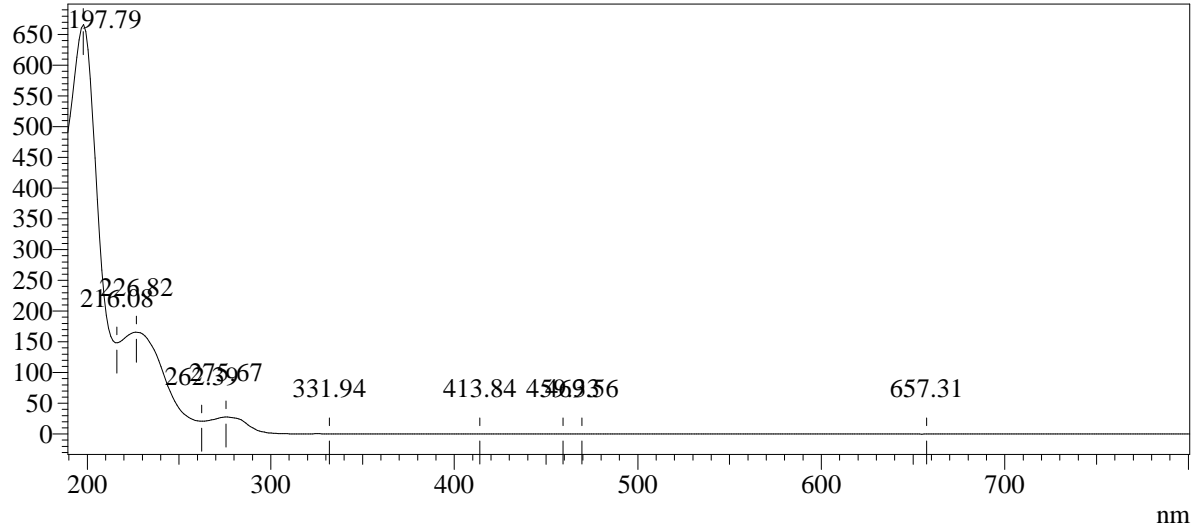
Calculation Method : USP
Unretained Peak : Time at 1st Peak
Column Length : 150 mm
Calculated by Identified Peak only : OFF

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

Spectrum

ID# : 1
Retention Time : 15.557
Compound Name : Acido Ftalico
Spectrum Operation : None

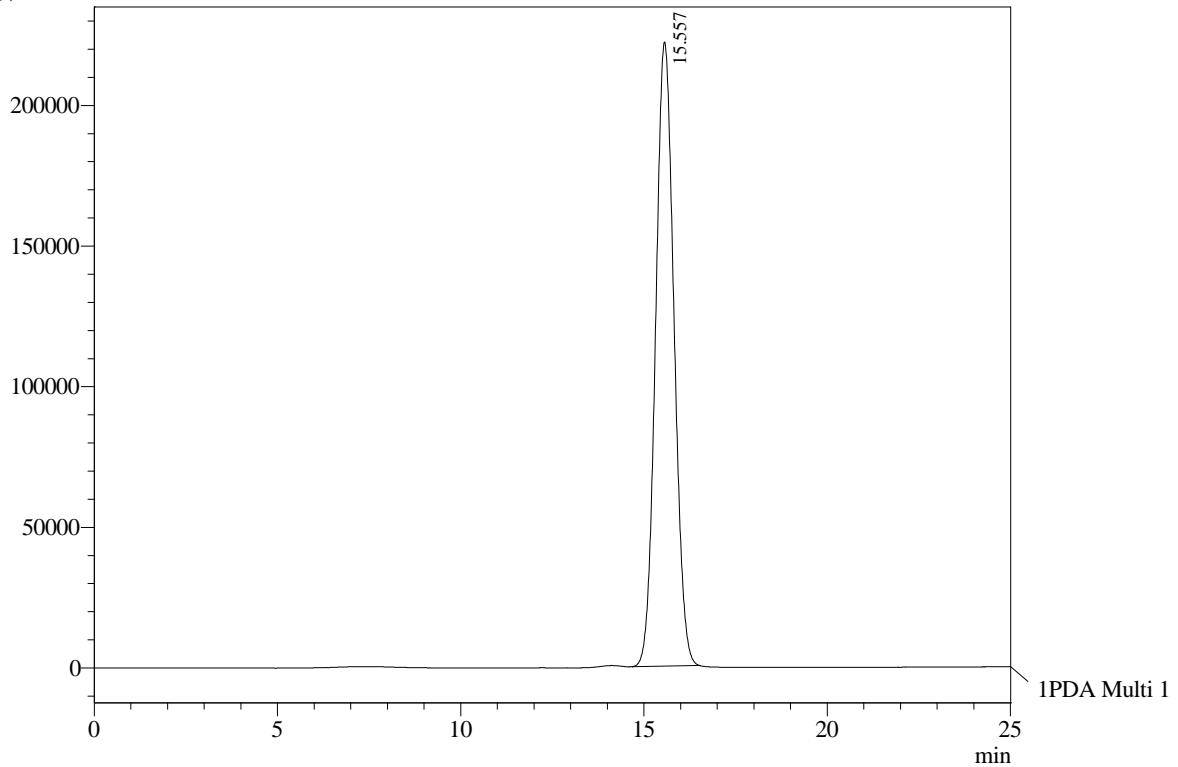
mAU



Chromatogram

Acido Ftalico Impuro009 D:\My Documents\Juan P\Lote 2\Acido Ftalico Impuro006.lcd

uV

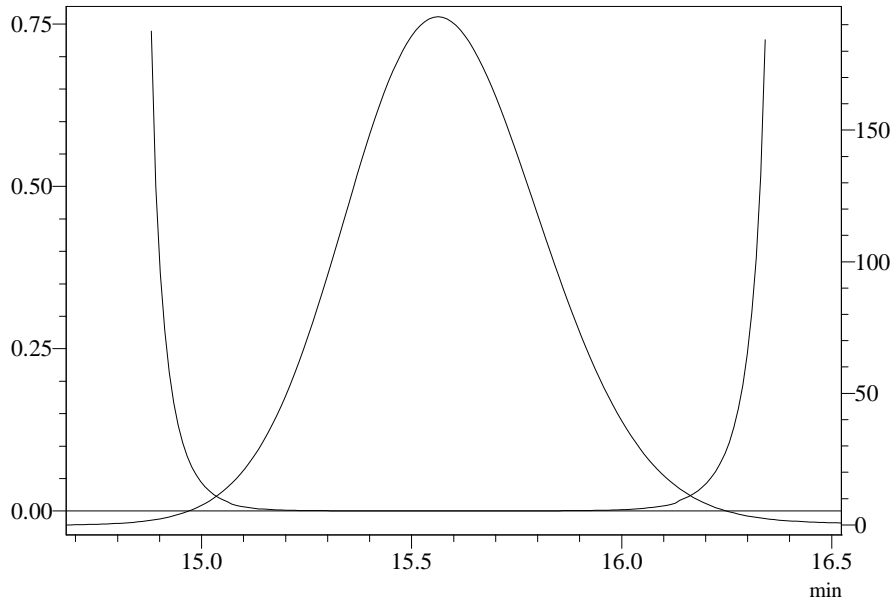


1 PDA Multi 1 / 210nm 4nm

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

Purity

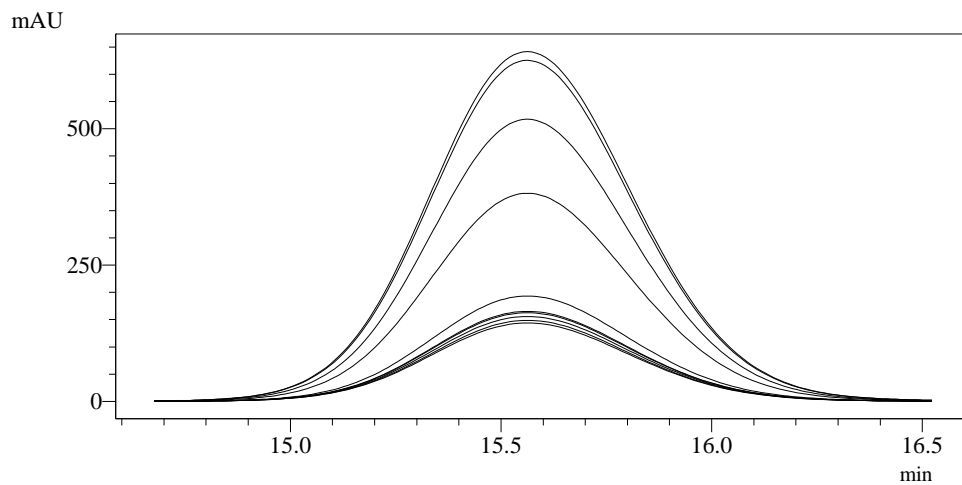
ID# : 1
Retention Time : 15.557
Compound Name : Acido Ftalico



Impurity : Not Detected
Peak purity index : 1.000000
Single point threshold : 0.999828
Minimum peak purity index : 172

Peak Profile

ID# : 1
Retention Time : 15.557
Compound Name : Acido Ftalico
Wavelength Interval : 5nm



Method

<<System Controller>>

SCL Type :CBM-20A
Power On :ON
Event1 :OFF
Event2 :OFF
Event3 :OFF
Event4 :OFF

<<Data Acquisition>>

LC Stop Time :25.00 min
--PDA Detector--
Name :PDA
Sampling Frequency :1.5625 Hz
Start Time :0.00 min
End Time :25.00 min
Constant :0.640 sec

<<Pump>>

Pump Mode :Low pressure gradient
Pump A :LC-20AD
Total Flow :1.0000 mL/min
B.Conc :0.0 %
C.Conc :100.0 %
D.Conc :0.0 %
B.Curve :0
C.Curve :0
D.Curve :0
PressMax :1100 psi
PressMin :0 psi
LPGE Mode :Auto

<<AutoSampler>>

AutoSampler :SIL-20A
Use AutoSampler :Use
Sample Rack :Rack 1.5mL 105 vials
Rinsing Volume :500 uL
Needle Stroke :52 mm
Control Vial Needle Stroke :52 mm
Rinsing Speed :35 uL/sec
Sampling Speed :15 uL/sec
Purge Time :25.0 min
Rinse Mode :Before/After
Rinse Dip Time :0 sec

<<Oven>>

Oven :CTO-20AC
Use Oven :Use
Temperature :40 C
T.Max :85 C

<<Compound Table>>

<PDA>

-- ID# 1 --

Name :Acido Ftalico
Type :Target
Channel :Ch1 210nm
Retention Time :15.565 min
Concentration :[1]=99
Peak Selection :Default(Closest Peak)
Standard Spectrum :None
Similarity :0.9000
Wave Range :190 - 800
Calculated by :Default(Area)
Curve Fit Type :Default(Linear)
Zero :Default(Not Forced)
Weight :Default(None)
Window/Band :Default(Window)

Additive :0.000
Correction factor :1.000000
Std Conc Factor :1.000000

<<Column Performance>>

<PDA>

Calculation Method : USP
Unretained Peak : Time at 1st Peak
Column Length : 150 mm
Calculated by Identified Peak only : OFF



Certificado No
GP-CER339888



Certificado No
CO-SC-CER339881



Certificado No
SC-CER339881



Ministerio de Trabajo
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE
CENTRO DE GESTIÓN INDUSTRIAL
Calle 15 No. 31-42 Torre Occidental 4º Piso – PBX (57 1) 5960100 ext. 15467
www.sena.edu.co - Línea gratuita nacional: 01 8000 9 10 270 GD-F-011 V02

Se realizó el ensayo en un cromatógrafo líquido con un detector UV-VIS con arreglo de diodos, se realizó el barrido espectral para verificar la pureza del pico obtenido y verificar

Ensayo	Método	Muestra	Resultado % de Pureza
Tratamiento preliminar de la muestra, extracción y determinación de pureza del ácido ftálico por HPLC.	Cromatografía líquida de Alta Resolución (HPLC), Columna Shodex, detector UV-VIS con arreglo de diodos	Muestra 1	98.517
		Muestra 2	98.495
		Muestra 3	98.570
		Muestra 4	97.860
		Muestra 5	97.862
		Muestra 6	97.834
Promedio			98.190
Desviación estándar			0.371
%RSD			0.378

De acuerdo a su solicitud, se realizó el análisis del ácido ftálico impuro se realizó la extracción por método sólido-líquido y se determinó la pureza del ácido ftálico. Los resultados del análisis solicitado fue el siguiente:

Asunto: Atención de Servicios Tecnológicos

Señor
JORGE ALBERTO FUENTES ESPITIA
Estudiantes Ing. Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de América, Bogotá
Avda. Circunvalar No. 20-53
Tel: 57 1 3376680/Fax: 57 1 3362941

Nº: 2-2016-001598
18/10/2016 04:51:43 P.M.

Bogotá, D.C. Octubre 18 de 2016



119211



impurezas, se realizó identificación de impurezas espectrales, sin identificarse impurezas significativas.

Se anexa (12) reportes del instrumento HPLC, donde se encontrara las características del método, modo de cuantificación, espectros de pureza, tanto de estándares como de muestras, barrido espectral, datos de estándares y muestras.

Estos se encuentran relacionados en los archivos anexos.

Nota: Nuestros Laboratorios no se encuentran acreditados por lo tanto no son certificados los análisis.

Cordialmente,

FABIO HERNANDEZ RODRIGUEZ
SUBDIRECTOR CENTRO DE GESTION INDUSTRIAL

Proyecto. Juan Carlos Mesa Rincon - Instructor Química



Certificado No. SC-CER339881



Certificado No. CO-SC-CER339881



Certificado No. GP-CER339888



Ministerio de Trabajo
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE
CENTRO DE GESTIÓN INDUSTRIAL

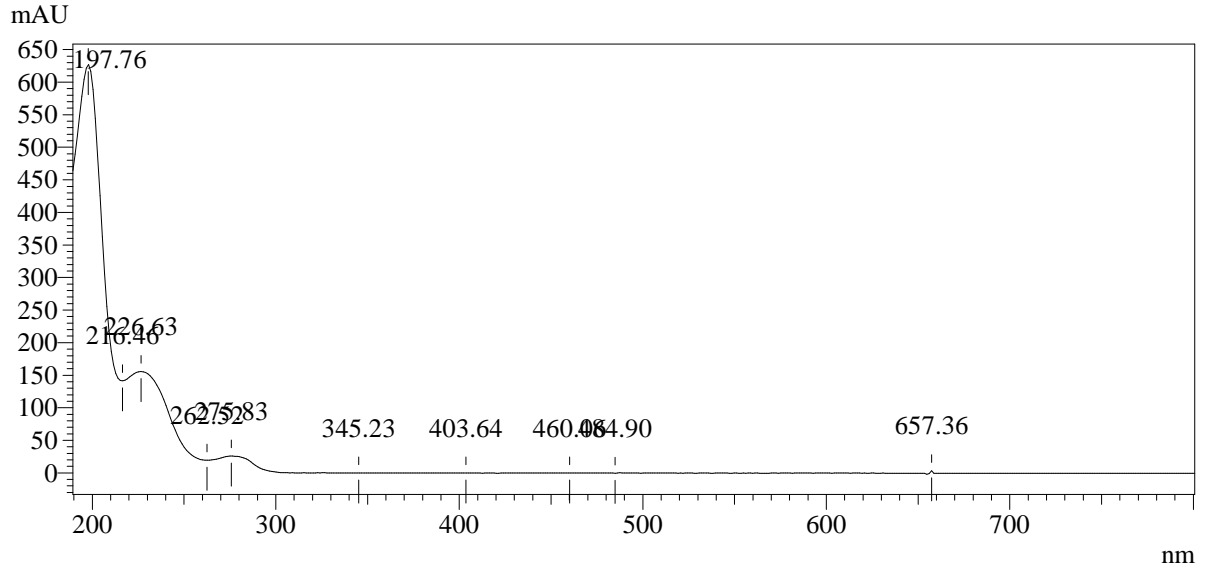
Calle 15 No. 31-42 Torre Occidental 4º Piso – PBX (57 1) 5960100 ext. 15467
www.sena.edu.co - Línea gratuita nacional: 01 8000 9 10 270 GD-F-011 V02

ANEXO C
RESULTADO PRUEBA DE PUREZA PROPUESTA 3

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

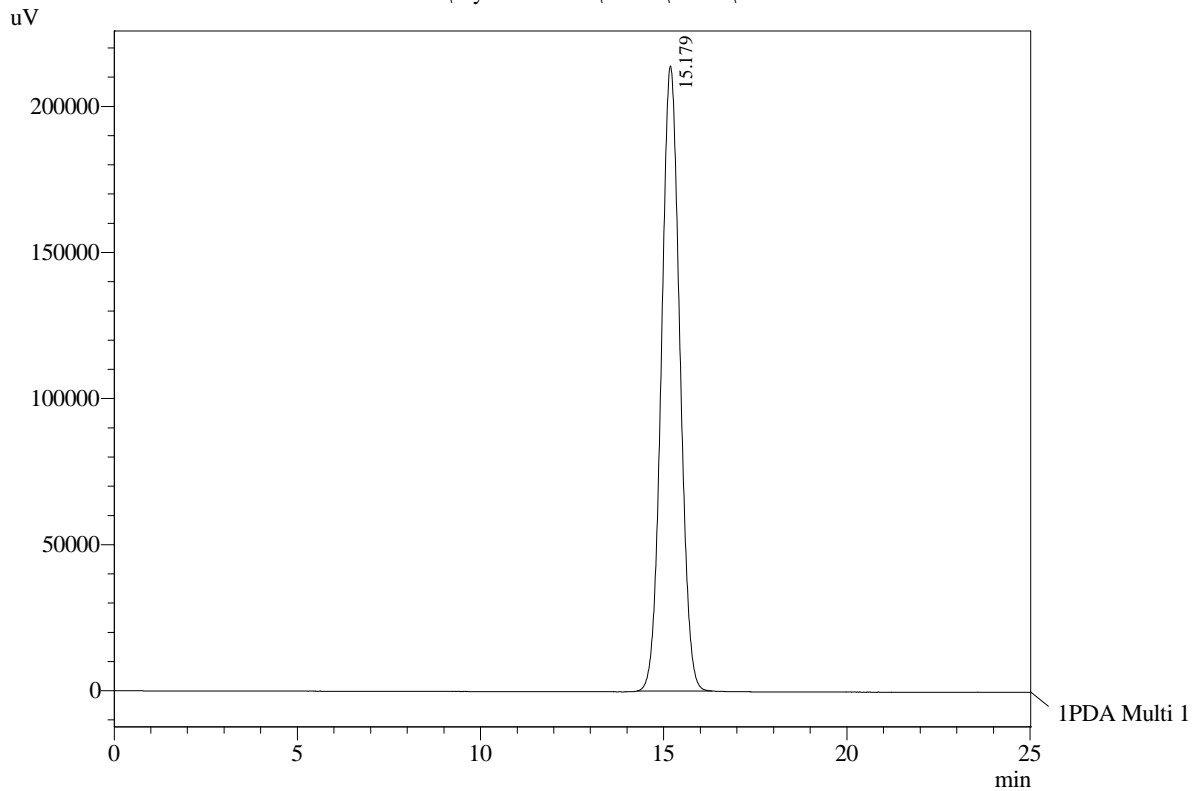
Spectrum

ID# : 1
Retention Time : 15.179
Compound Name : Acido Ftalico
Spectrum Operation : None



Chromatogram

Estandar Acido Ftalico02 D:\My Documents\Juan P\Lote 3\Estandar Acido Ftalico002.lcd

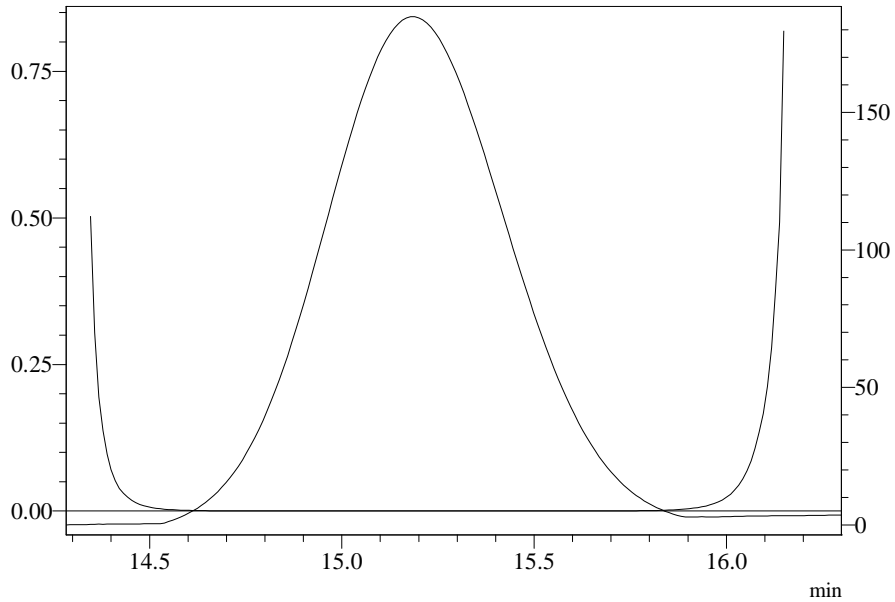


1 PDA Multi 1 / 210nm 4nm

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

Purity

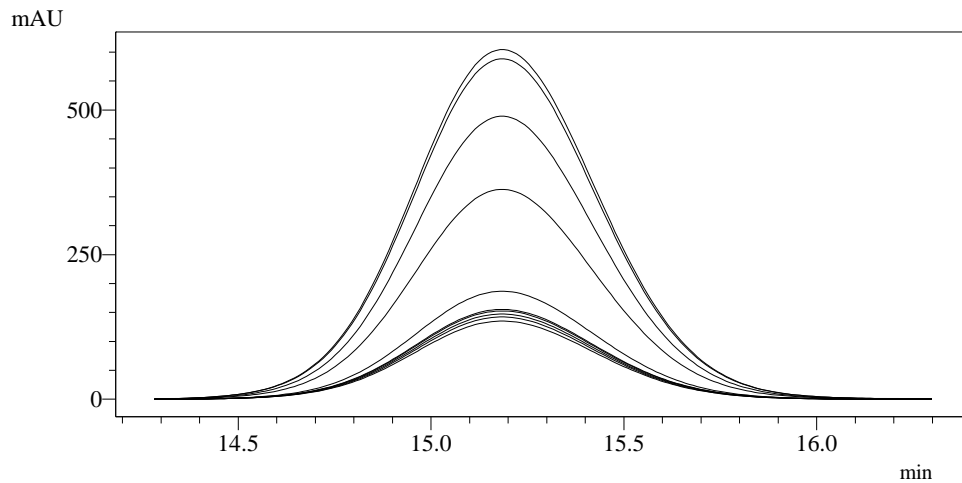
ID# : 1
Retention Time : 15.179
Compound Name : Acido Ftalico



Impurity : Not Detected
Peak purity index : 1.000000
Single point threshold : 0.999996
Minimum peak purity index : 3

Peak Profile

ID# : 1
Retention Time : 15.179
Compound Name : Acido Ftalico
Wavelength Interval : 5nm



Method

<<System Controller>>

SCL Type :CBM-20A
 Power On :ON
 Event1 :OFF
 Event2 :OFF
 Event3 :OFF
 Event4 :OFF

<<Data Acquisition>>

LC Stop Time :25.00 min
 --PDA Detector--
 Name :PDA
 Sampling Frequency :1.5625 Hz
 Start Time :0.00 min
 End Time :25.00 min
 Constant :0.640 sec

<<Pump>>

Pump Mode :Low pressure gradient
 Pump A :LC-20AD
 Total Flow :1.0000 mL/min
 B.Conc :0.0 %
 C.Conc :100.0 %
 D.Conc :0.0 %
 B.Curve :0
 C.Curve :0
 D.Curve :0
 PressMax :1100 psi
 PressMin :0 psi
 LPGE Mode :Auto

<<AutoSampler>>

AutoSampler :SIL-20A
 Use AutoSampler :Use
 Sample Rack :Rack 1.5mL 105 vials
 Rinsing Volume :500 uL
 Needle Stroke :52 mm
 Control Vial Needle Stroke :52 mm
 Rinsing Speed :35 uL/sec
 Sampling Speed :15 uL/sec
 Purge Time :25.0 min
 Rinse Mode :Before/After
 Rinse Dip Time :0 sec

<<Oven>>

Oven :CTO-20AC
 Use Oven :Use
 Temperature :40 C
 T.Max :85 C

<<Compound Table>>

<PDA>

-- ID# 1 --

Name :Acido Ftalico
 Type :Target
 Channel :Ch1 210nm
 Retention Time :15.172 min
 Concentration :[1]=99
 Peak Selection :Default(Closest Peak)
 Standard Spectrum :None
 Similarity :0.9000
 Wave Range :190 - 800
 Calculated by :Default(Area)
 Curve Fit Type :Default(Linear)
 Zero :Default(Not Forced)
 Weight :Default(None)
 Window/Band :Default(Window)

Additive :0.000
Correction factor :1.000000
Std Conc Factor :1.000000

<<Column Performance>>

<PDA>

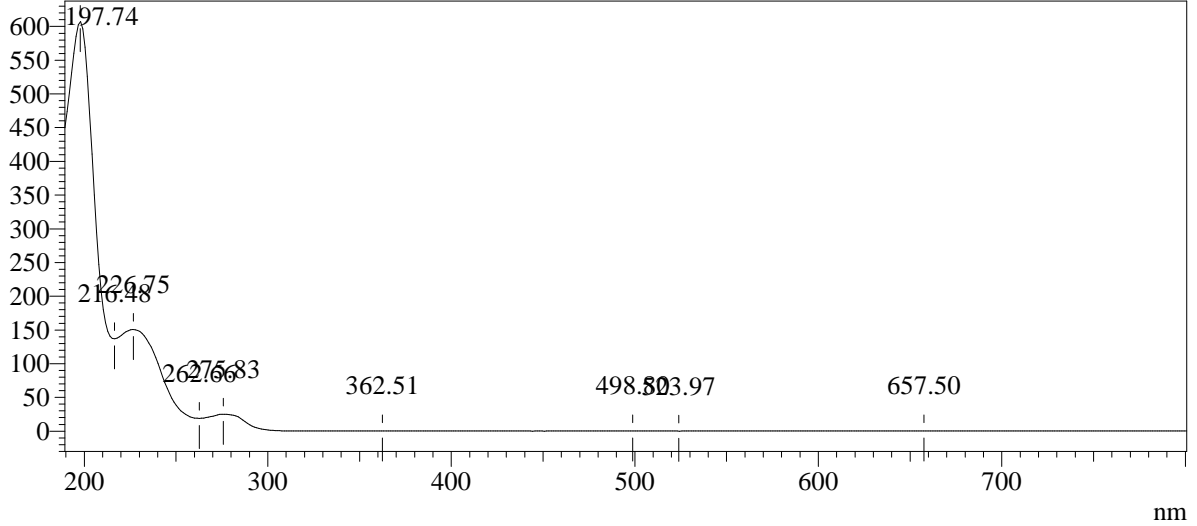
Calculation Method : USP
Unretained Peak : Time at 1st Peak
Column Length : 150 mm
Calculated by Identified Peak only : OFF

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

Spectrum

ID# : 1
Retention Time : 15.170
Compound Name : Acido Ftalico
Spectrum Operation : None

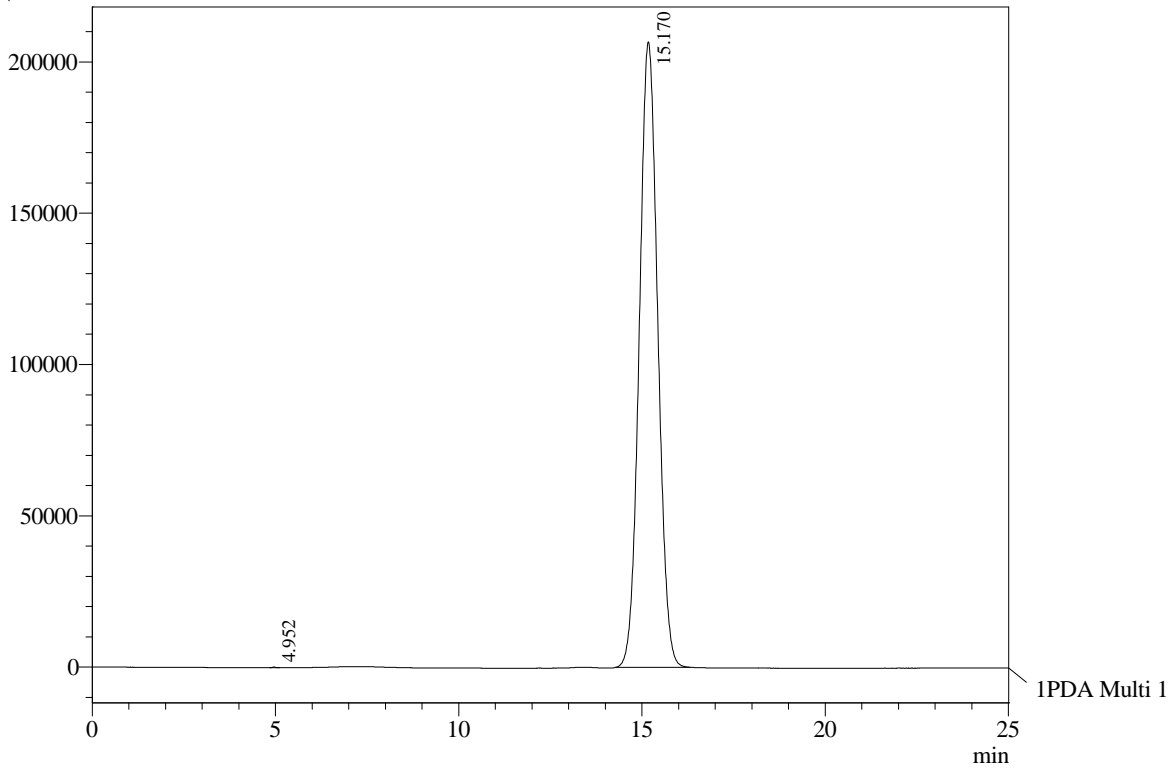
mAU



Chromatogram

Muestra Acido Ftalico Impuro Noviembre003 D:\...\Juan P\Lote 3\Muestra Acido Ftalico Impuro Noviembre003.lcd

uV

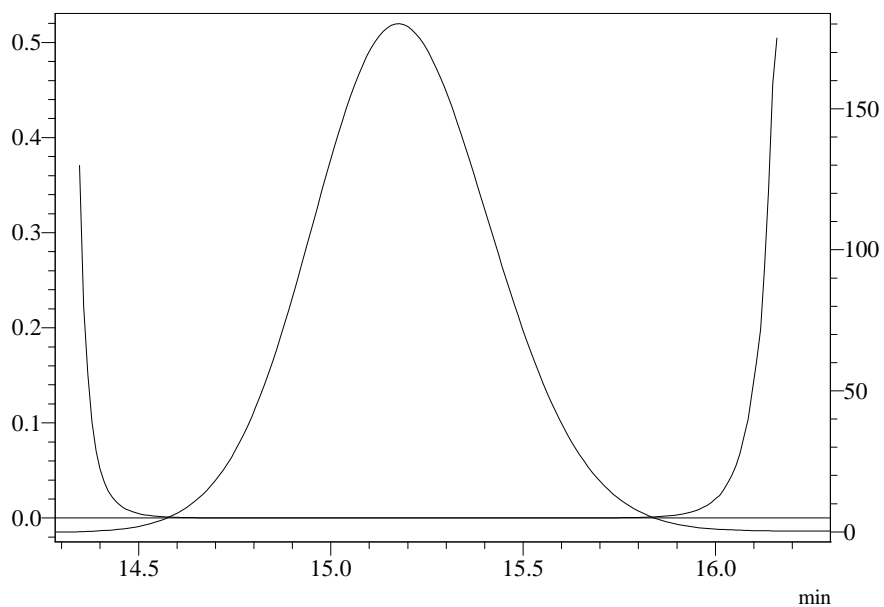


1 PDA Multi 1 / 210nm 4nm

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

Purity

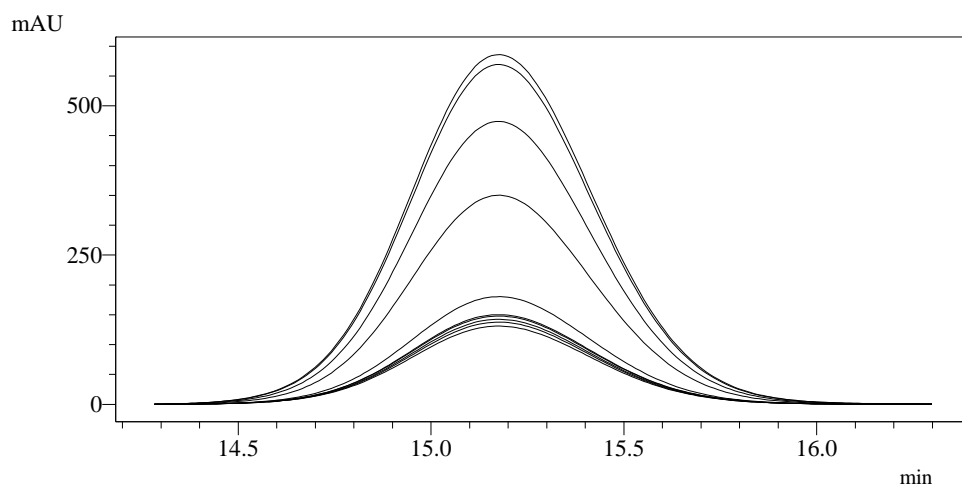
ID# : 1
Retention Time : 15.170
Compound Name : Acido Ftalico



Impurity : Not Detected
Peak purity index : 1.000000
Single point threshold : 0.999997
Minimum peak purity index : 2

Peak Profile

ID# : 1
Retention Time : 15.170
Compound Name : Acido Ftalico
Wavelength Interval : 5nm



Method

<<System Controller>>

SCL Type :CBM-20A
 Power On :ON
 Event1 :OFF
 Event2 :OFF
 Event3 :OFF
 Event4 :OFF

<<Data Acquisition>>

LC Stop Time :25.00 min
 --PDA Detector--
 Name :PDA
 Sampling Frequency :1.5625 Hz
 Start Time :0.00 min
 End Time :25.00 min
 Constant :0.640 sec

<<Pump>>

Pump Mode :Low pressure gradient
 Pump A :LC-20AD
 Total Flow :1.0000 mL/min
 B.Conc :0.0 %
 C.Conc :100.0 %
 D.Conc :0.0 %
 B.Curve :0
 C.Curve :0
 D.Curve :0
 PressMax :1100 psi
 PressMin :0 psi
 LPGE Mode :Auto

<<AutoSampler>>

AutoSampler :SIL-20A
 Use AutoSampler :Use
 Sample Rack :Rack 1.5mL 105 vials
 Rinsing Volume :500 uL
 Needle Stroke :52 mm
 Control Vial Needle Stroke :52 mm
 Rinsing Speed :35 uL/sec
 Sampling Speed :15 uL/sec
 Purge Time :25.0 min
 Rinse Mode :Before/After
 Rinse Dip Time :0 sec

<<Oven>>

Oven :CTO-20AC
 Use Oven :Use
 Temperature :40 C
 T.Max :85 C

<<Compound Table>>

<PDA>

-- ID# 1 --

Name :Acido Ftalico
 Type :Target
 Channel :Ch1 210nm
 Retention Time :15.172 min
 Concentration :[1]=99
 Peak Selection :Default(Closest Peak)
 Standard Spectrum :None
 Similarity :0.9000
 Wave Range :190 - 800
 Calculated by :Default(Area)
 Curve Fit Type :Default(Linear)
 Zero :Default(Not Forced)
 Weight :Default(None)
 Window/Band :Default(Window)

Additive :0.000
Correction factor :1.000000
Std Conc Factor :1.000000

<<Column Performance>>

<PDA>

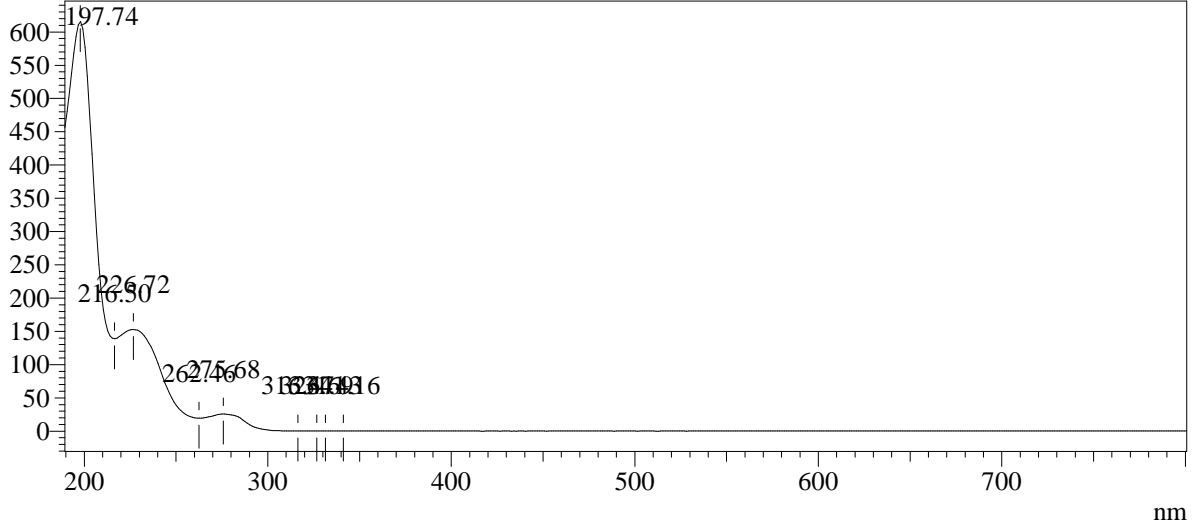
Calculation Method : USP
Unretained Peak : Time at 1st Peak
Column Length : 150 mm
Calculated by Identified Peak only : OFF

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

Spectrum

ID# : 1
Retention Time : 15.179
Compound Name : Acido Ftalico
Spectrum Operation : None

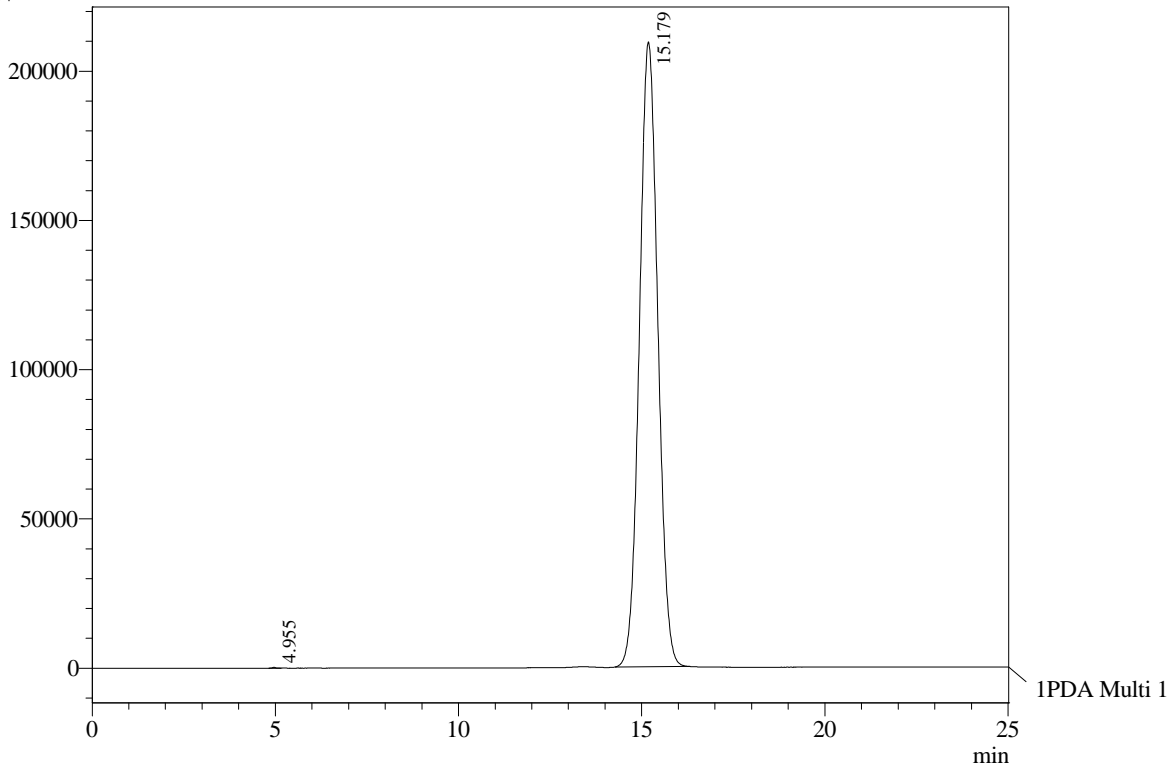
mAU



Chromatogram

Muestra Acido Ftalico Impuro Noviembre002 D:\...\Juan P\Lote 3\Muestra Acido Ftalico Impuro Noviembre002.lcd

uV

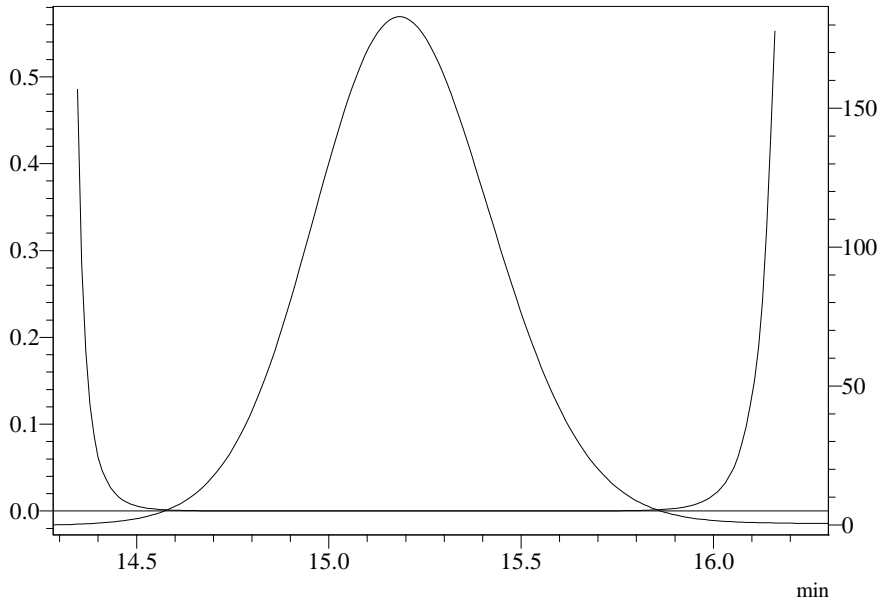


1 PDA Multi 1 / 210nm 4nm

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

Purity

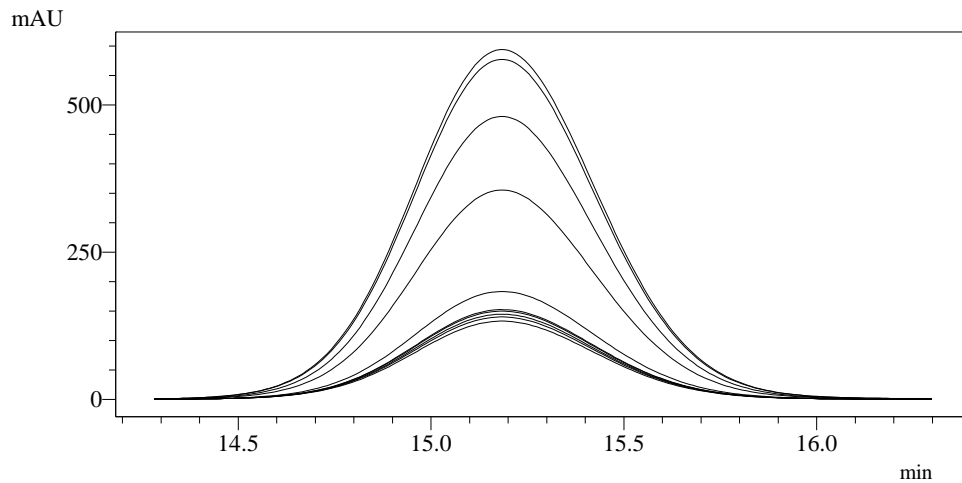
ID# : 1
Retention Time : 15.179
Compound Name : Acido Ftalico



Impurity : Not Detected
Peak purity index : 1.000000
Single point threshold : 0.999997
Minimum peak purity index : 2

Peak Profile

ID# : 1
Retention Time : 15.179
Compound Name : Acido Ftalico
Wavelength Interval : 5nm



Method

<<System Controller>>

SCL Type :CBM-20A
 Power On :ON
 Event1 :OFF
 Event2 :OFF
 Event3 :OFF
 Event4 :OFF

<<Data Acquisition>>

LC Stop Time :25.00 min
 --PDA Detector--
 Name :PDA
 Sampling Frequency :1.5625 Hz
 Start Time :0.00 min
 End Time :25.00 min
 Constant :0.640 sec

<<Pump>>

Pump Mode :Low pressure gradient
 Pump A :LC-20AD
 Total Flow :1.0000 mL/min
 B.Conc :0.0 %
 C.Conc :100.0 %
 D.Conc :0.0 %
 B.Curve :0
 C.Curve :0
 D.Curve :0
 PressMax :1100 psi
 PressMin :0 psi
 LPGE Mode :Auto

<<AutoSampler>>

AutoSampler :SIL-20A
 Use AutoSampler :Use
 Sample Rack :Rack 1.5mL 105 vials
 Rinsing Volume :500 uL
 Needle Stroke :52 mm
 Control Vial Needle Stroke :52 mm
 Rinsing Speed :35 uL/sec
 Sampling Speed :15 uL/sec
 Purge Time :25.0 min
 Rinse Mode :Before/After
 Rinse Dip Time :0 sec

<<Oven>>

Oven :CTO-20AC
 Use Oven :Use
 Temperature :40 C
 T.Max :85 C

<<Compound Table>>

<PDA>

-- ID# 1 --

Name :Acido Ftalico
 Type :Target
 Channel :Ch1 210nm
 Retention Time :15.172 min
 Concentration :[1]=99
 Peak Selection :Default(Closest Peak)
 Standard Spectrum :None
 Similarity :0.9000
 Wave Range :190 - 800
 Calculated by :Default(Area)
 Curve Fit Type :Default(Linear)
 Zero :Default(Not Forced)
 Weight :Default(None)
 Window/Band :Default(Window)

Additive :0.000
Correction factor :1.000000
Std Conc Factor :1.000000

<<Column Performance>>

<PDA>

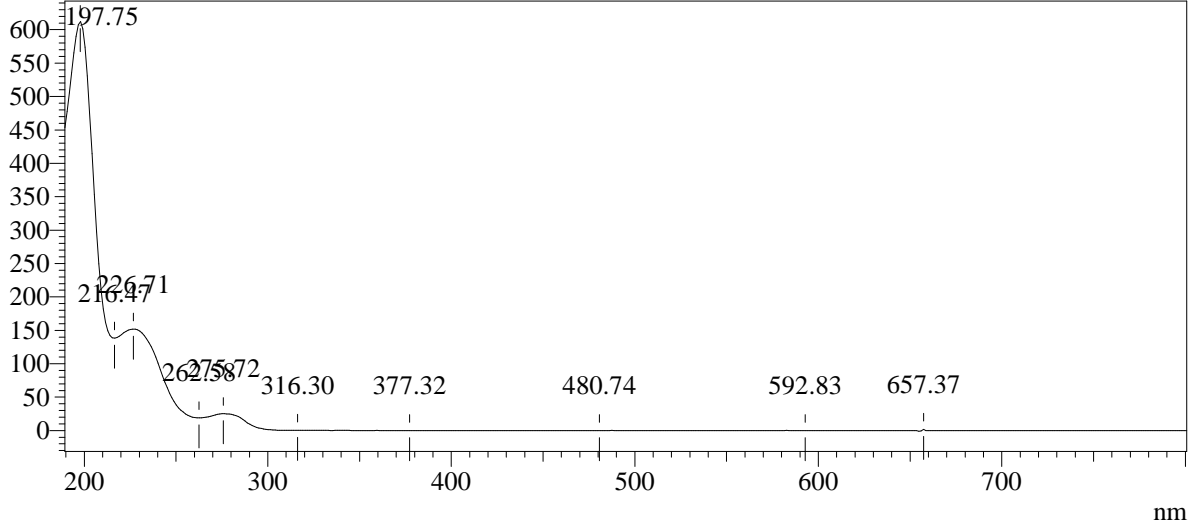
Calculation Method : USP
Unretained Peak : Time at 1st Peak
Column Length : 150 mm
Calculated by Identified Peak only : OFF

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

Spectrum

ID# : 1
Retention Time : 15.174
Compound Name : Acido Ftalico
Spectrum Operation : None

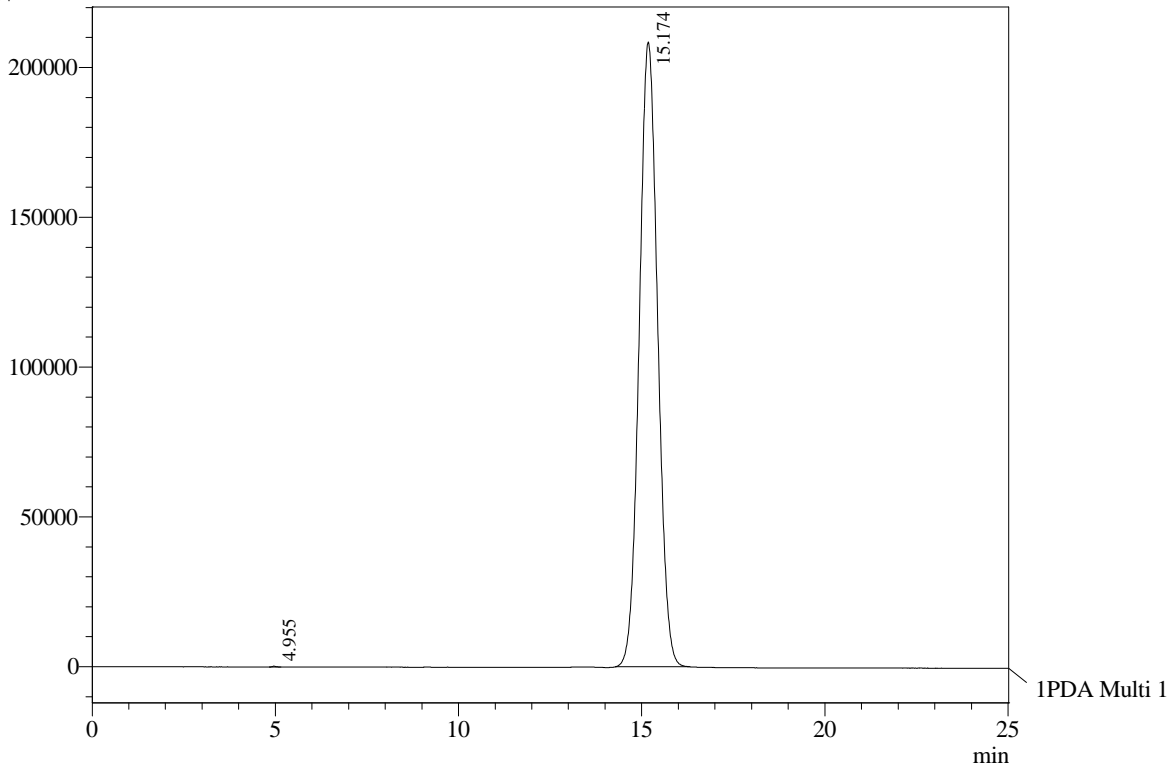
mAU



Chromatogram

Muestra Acido Ftalico Impuro Noviembre001 D:\...\Juan P\Lote 3\Muestra Acido Ftalico Impuro Noviembre001.lcd

uV

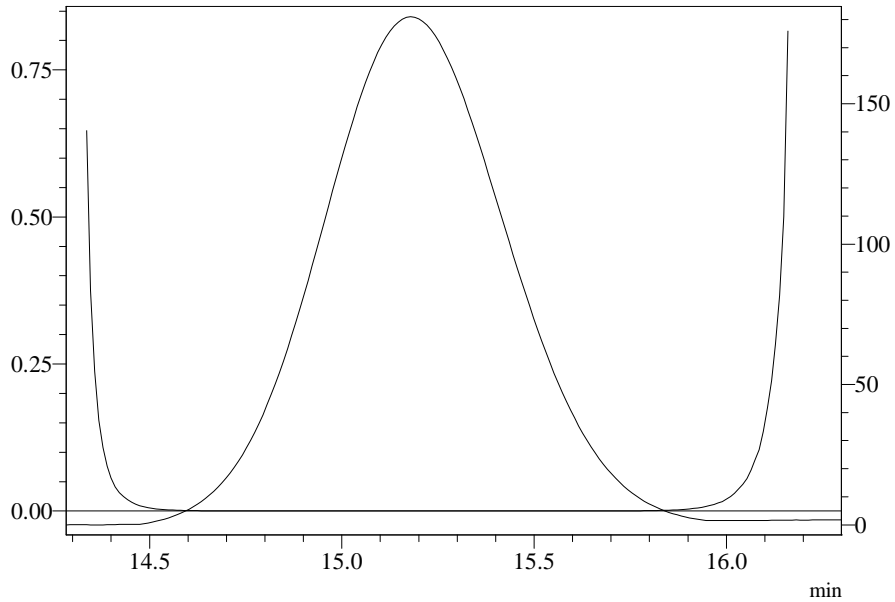


1 PDA Multi 1 / 210nm 4nm

==== Shimadzu LCsolution Analysis Report ====

Purity

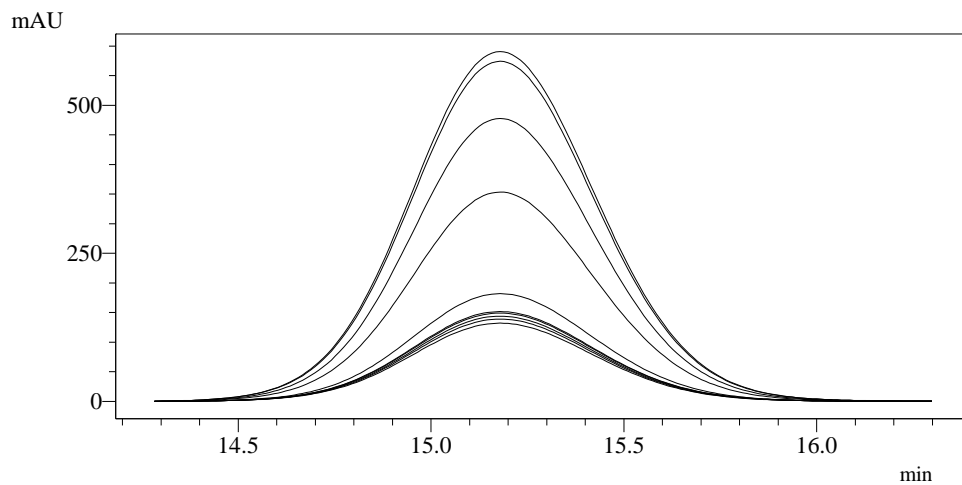
ID# : 1
Retention Time : 15.174
Compound Name : Acido Ftalico



Impurity : Not Detected
Peak purity index : 1.000000
Single point threshold : 0.999997
Minimum peak purity index : 3

Peak Profile

ID# : 1
Retention Time : 15.174
Compound Name : Acido Ftalico
Wavelength Interval : 5nm



Method

<<System Controller>>

SCL Type :CBM-20A
 Power On :ON
 Event1 :OFF
 Event2 :OFF
 Event3 :OFF
 Event4 :OFF

<<Data Acquisition>>

LC Stop Time :25.00 min
 --PDA Detector--
 Name :PDA
 Sampling Frequency :1.5625 Hz
 Start Time :0.00 min
 End Time :25.00 min
 Constant :0.640 sec

<<Pump>>

Pump Mode :Low pressure gradient
 Pump A :LC-20AD
 Total Flow :1.0000 mL/min
 B.Conc :0.0 %
 C.Conc :100.0 %
 D.Conc :0.0 %
 B.Curve :0
 C.Curve :0
 D.Curve :0
 PressMax :1100 psi
 PressMin :0 psi
 LPGE Mode :Auto

<<AutoSampler>>

AutoSampler :SIL-20A
 Use AutoSampler :Use
 Sample Rack :Rack 1.5mL 105 vials
 Rinsing Volume :500 uL
 Needle Stroke :52 mm
 Control Vial Needle Stroke :52 mm
 Rinsing Speed :35 uL/sec
 Sampling Speed :15 uL/sec
 Purge Time :25.0 min
 Rinse Mode :Before/After
 Rinse Dip Time :0 sec

<<Oven>>

Oven :CTO-20AC
 Use Oven :Use
 Temperature :40 C
 T.Max :85 C

<<Compound Table>>

<PDA>

-- ID# 1 --

Name :Acido Ftalico
 Type :Target
 Channel :Ch1 210nm
 Retention Time :15.172 min
 Concentration :[1]=99
 Peak Selection :Default(Closest Peak)
 Standard Spectrum :None
 Similarity :0.9000
 Wave Range :190 - 800
 Calculated by :Default(Area)
 Curve Fit Type :Default(Linear)
 Zero :Default(Not Forced)
 Weight :Default(None)
 Window/Band :Default(Window)

Additive :0.000
Correction factor :1.000000
Std Conc Factor :1.000000

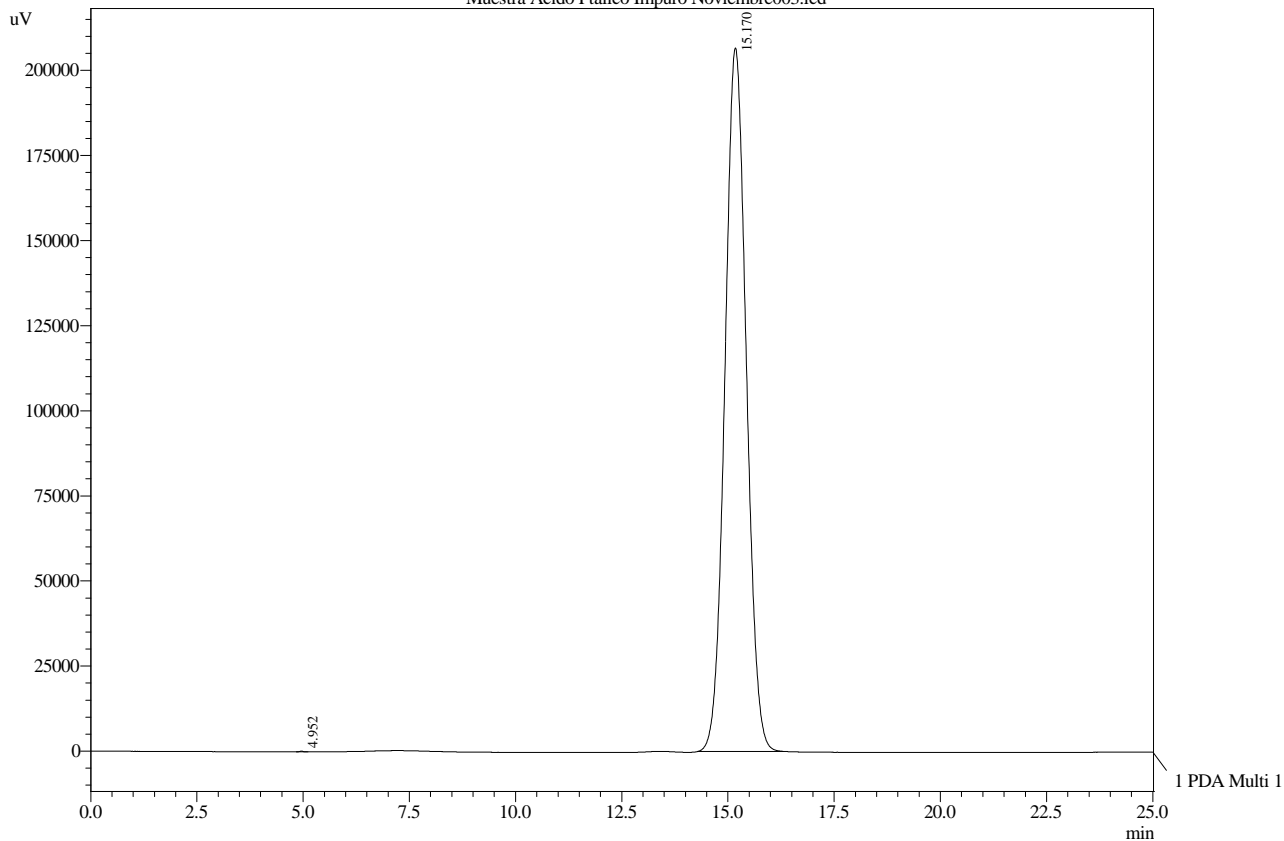
<<Column Performance>>

<PDA>

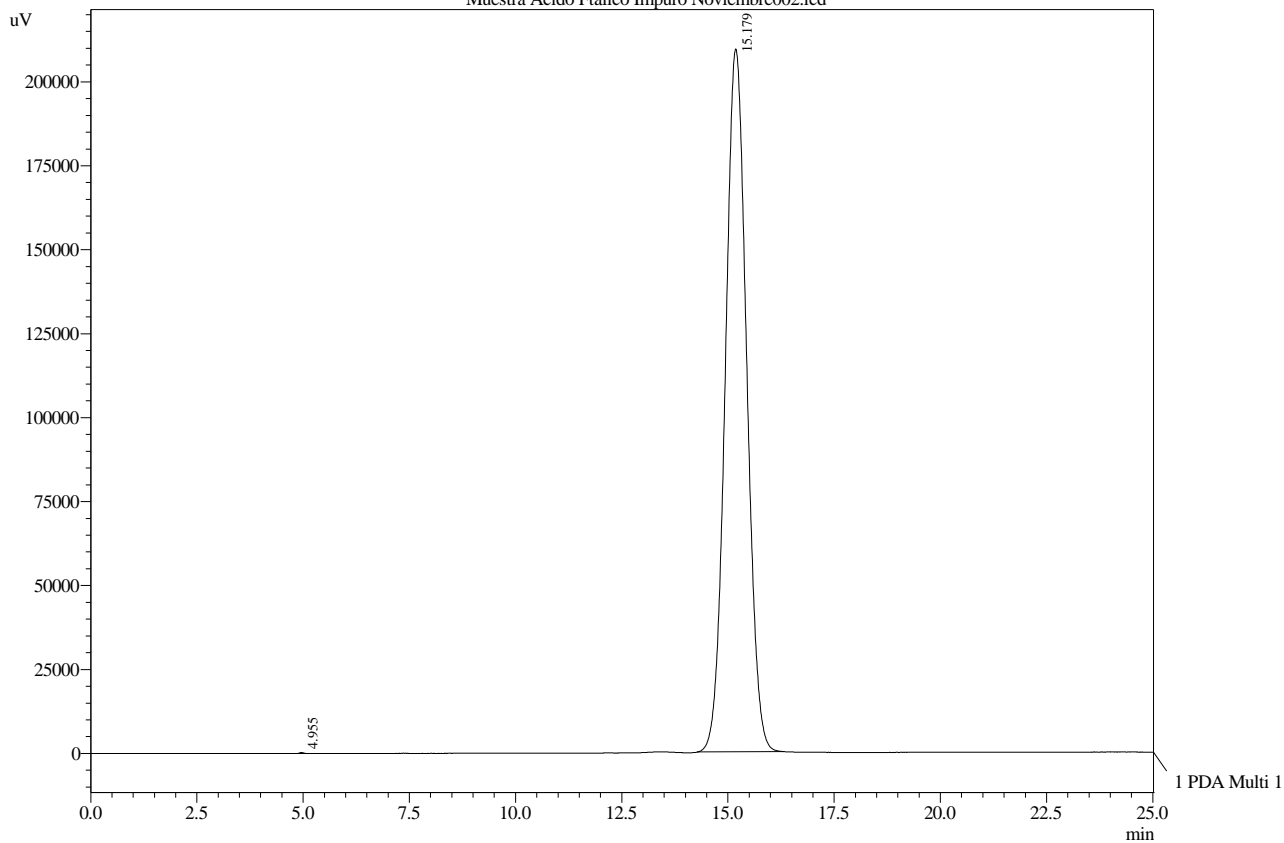
Calculation Method : USP
Unretained Peak : Time at 1st Peak
Column Length : 150 mm
Calculated by Identified Peak only : OFF

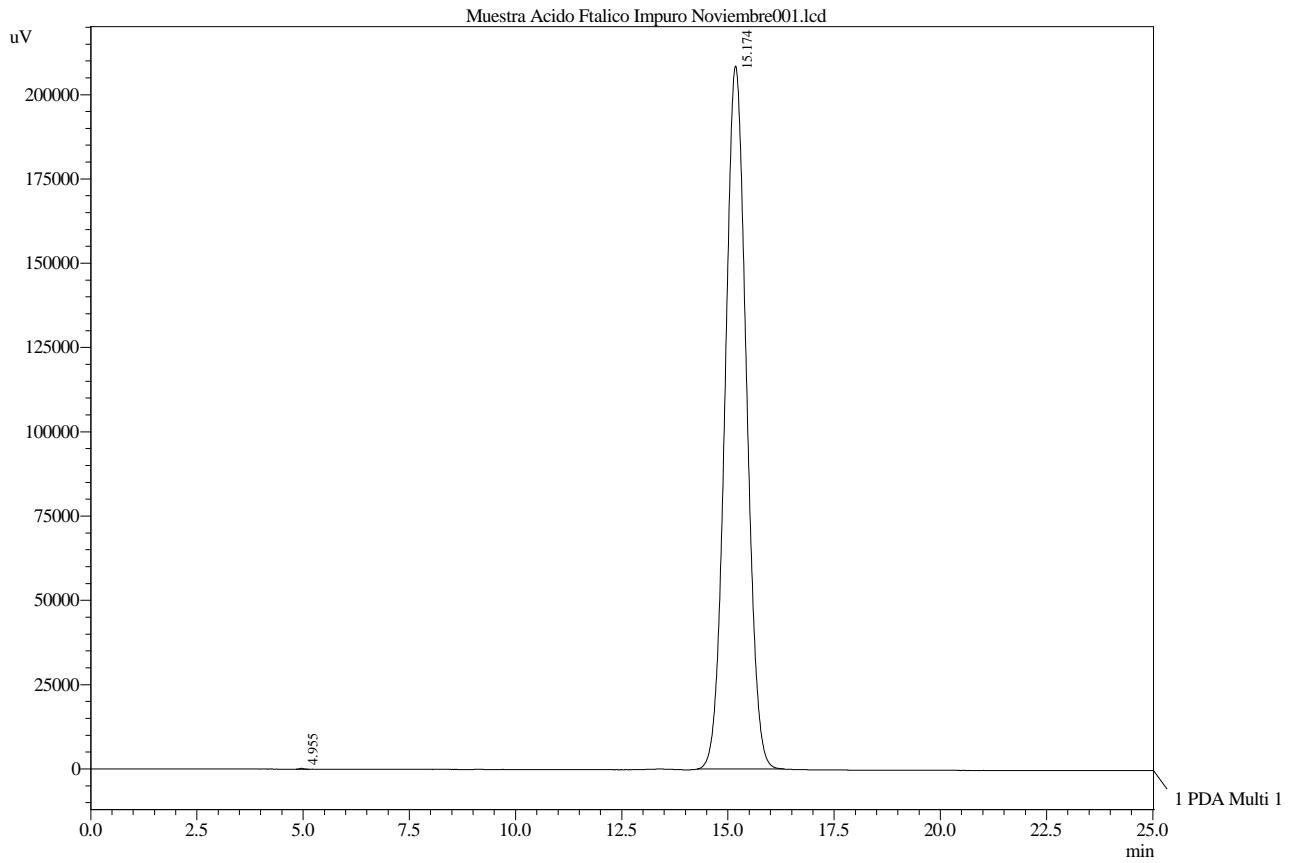
==== Shimadzu LCsolution Browser Report ====

Summary(Compound)
Muestra Acido Ftalico Impuro Noviembre003.lcd



Muestra Acido Ftalico Impuro Noviembre002.lcd





<< PDA >>

ID#1 Compound Name: Acido Ftalico

Title	Sample Name	Sample ID	Ret. Time	Area	Height	Conc.
Muestra Acido Ftalico Impuro Noviembre001.lcd	Muestra Acido F	Muestra Acido F	15.170	7217445	206726	95.848
Muestra Acido Ftalico Impuro Noviembre001.lcd	Muestra Acido F	Muestra Acido F	15.179	7316116	209327	97.158
Muestra Acido Ftalico Impuro Noviembre001.lcd	Muestra Acido F	Muestra Acido F	15.174	7287481	208548	96.778
Average			15.174	7273681	208201	96.595
%RSD			0.028	0.698	0.641	0.698
Maximum			15.179	7316116	209327	97.158
Minimum			15.170	7217445	206726	95.848
Standard Deviation			0.004	50763	1335	0.674



119211

Bogotá, D.C. Noviembre 15 de 2016

No: 2-2016-001813
21/11/2016 04:02:57 P.M.

Señor
JORGE ALBERTO FUENTES ESPITIA
Estudiantes Ing. Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de América, Bogotá
Avda. Circunvalar No. 20-53
Tel: 57 1 3376680/Fax. 57 1 3362941

Asunto: Atención de Servicios Tecnológicos

De acuerdo a su solicitud, se determinó la pureza del ácido fólico por triplicado, Los resultados del análisis solicitado fue el siguiente:

Ensayo	Método	Muestra	Resultado % de Pureza
Determinación de pureza del ácido fólico por HPLC.	Cromatografía líquida de Alta Resolución (HPLC), Columna Shodex, detector UV-VIS con arreglo de diodos	Muestra 1-1	95.848 %
		Muestra 1-2	97.158 %
		Muestra 1-3	96.778 %
Promedio			96.595 %
Desviación estándar			0.674
%RSD			0,698%

Se realizó el ensayo en un cromatografía líquido con un detector UV-VIS con arreglo de diodos, se realizó el barrido espectral para verificar la pureza del pico obtenido y verificar impurezas.

Ministerio de Trabajo
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE
CENTRO DE GESTIÓN INDUSTRIAL

Calle 15 No. 31-42 Torre Occidental 4° Piso – PBX (57 1) 5960100 ext. 15467
www.sena.edu.co - Línea gratuita nacional: 01 8000 9 10 270 GD-F-011 V02



Certificado No
GP-CER339688



Certificado No
CO-SC-CER339681



Certificado No
SC-CER339681





Se realizó identificación de impurezas espectrales, sin identificarse impurezas significativas. Se anexa (5) reportes del instrumento utilizado:

Anexo 1: Cromatograma de uno de los estándares, con condiciones del método cromatográfico.

Anexo 2 al 4: Reportes obtenidos del cromatografo Shimadzu de cada una de las muestras con cromatograma, barrido espectral, detección de purezas espectrales.

Anexo 5: Informe browser con el análisis cuantitativo y estadístico del análisis de la muestra por triplicado.

-  Anexo 1. Etandar Acido Ftalico.pdf
-  Anexo 2 Muestra 1.pdf
-  Anexo 3 Muestra 2.pdf
-  Anexo 4 Muestra 3.pdf
-  Anexo 5 Analisis cuantitativo y estadis

Nota: Nuestros Laboratorios no se encuentran acreditados por lo tanto no son certificados los análisis.

Cordialmente,

FABIO HERNANDEZ RODRIGUEZ
SUBDIRECTOR CENTRO DE GESTION INDUSTRIAL

[Signature]
Vo. Bo. Edilma Sandoval Mojica
Coordinadora de formación Profesional
[Signature]
Proyecto. Juan Pablo Medina - Instructor Química SENAE
Juan Carlos Mesa Rincón

Ministerio de Trabajo
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE
CENTRO DE GESTIÓN INDUSTRIAL

Calle 15 No. 31-42 Torre Occidental 4º Piso – PBX (57 1) 5960100 ext. 15467
www.sena.edu.co - Línea gratuita nacional: 01 8000 9 10 270 GD-F-011 V02



Certificado No
SC-CER339681



Certificado No
CO-SC-CER339681



Certificado No
GP-CER339688





119211

Bogotá, D.C. Octubre 18 de 2016

Nº: 2-2016-001598
18/10/2016 04:51:43 p.m.

Señor
JORGE ALBERTO FUENTES ESPITIA
Estudiantes Ing. Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de América, Bogotá
Avda. Circunvalar No. 20-53
Tel: 57 1 3376680/Fax. 57 1 3362941

Asunto: Atención de Servicios Tecnológicos

De acuerdo a su solicitud, se realizó el análisis del ácido ftálico impuro se realizó la extracción por método sólido-líquido y se determinó la pureza del ácido ftálico. Los resultados del análisis solicitado fue el siguiente:

Ensayo	Método	Muestra	Resultado % de Pureza
Tratamiento preliminar de la muestra, extracción y determinación de pureza del ácido ftálico por HPLC.	Cromatografía líquida de Alta Resolución (HPLC), Columna Shodex, detector UV-VIS con arreglo de diodos	Muestra 1	98.517
		Muestra 2	98.495
		Muestra 3	98.570
		Muestra 4	97.860
		Muestra 5	97.862
		Muestra 6	97.834
Promedio			98.190
Desviación estándar			0.371
%RSD			0.378

Se realizó el ensayo en un cromatógrafo líquido con un detector UV-VIS con arreglo de diodos, se realizó el barrido espectral para verificar la pureza del pico obtenido y verificar

Ministerio de Trabajo
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE
CENTRO DE GESTIÓN INDUSTRIAL

Calle 15 No. 31-42 Torre Occidental 4º Piso – PBX (57 1) 5960100 ext. 15467
www.sena.edu.co - Línea gratuita nacional: 01 8000 9 10 270 GD-F-011 V02



Certificado No
GP-CER339688



Certificado No
CO-SC-CER3396881



Certificado No
SC-CER3396881





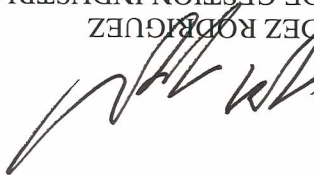
impurezas, se realizó identificación de impurezas espectrales, sin identificarse impurezas significativas.

Se anexa (12) reportes del instrumento HPLC, donde se encontrara las características del método, modo de cuantificación, espectros de pureza, tanto de estándares como de muestras, barrido espectral, datos de estándares y muestras.


Estos se encuentran relacionados en los archivos anexos.

Nota: Nuestros Laboratorios no se encuentran acreditados por lo tanto no son certificados los análisis.

Cordialmente,


FABIO HERNANDEZ RODRIGUEZ

SUBDIRECTOR CENTRO DE GESTION INDUSTRIAL


Proyecto. Juan Carlos Mesa Rincón - Instructor Química



Certificado No
SC-CER339681



Certificado No
CO-SC-CER339681



Certificado No
GP-CER339688



Ministerio de Trabajo
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE
CENTRO DE GESTIÓN INDUSTRIAL

Calle 15 No. 31-42 Torre Occidental 4º Piso – PBX (57 1) 5960100 ext. 15467
www.sena.edu.co - Línea gratuita nacional: 01 8000 9 10 270 GD-F-011 V02

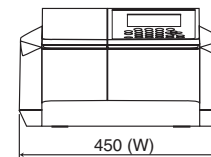
ANEXO D
RESULTADOS CINÉTICA DE REACCIÓN

UV-1800 UV-VIS Spectrophotometer

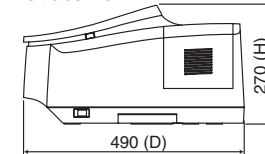
Item	Specifications
Wavelength range	190 to 1100nm
Spectral bandwidth	1nm (190 to 1100nm)
Wavelength display	0.1-nm increments
Wavelength setting	0.1-nm increments (1-nm increments when setting scanning range)
Wavelength accuracy	±0.1nm @ 656.1nm D2 ±0.3nm (190 to 1100nm)
Wavelength repeatability	±0.1nm
Stray light	less than 0.02% NaI @ 220nm, NaNO ₂ @ 340nm less than 1.0% KCl @ 198nm
Photometric system	Double Beam
Photometric range	Absorbance: -4to4 Abs Transmittance: 0% to 400%
Photometric accuracy	±0.002 Abs (0.5Abs) ±0.004 Abs (1.0Abs) ±0.006 Abs (2.0Abs)

Item	Specifications
Photometric repeatability	less than ±0.001 Abs (0.5Abs) less than ±0.001 Abs (1Abs) less than ±0.003 Abs (2.0Abs)
Baseline stability	less than 0.0003 Abs/Hr. @700nm (one hour after light source turned ON)
Baseline flatness	within ±0.0006 Abs (190 to 1100nm, one hour after light source turned ON)
Noise level	within 0.00005 Abs RMS value (@ 700nm)
Dimensions (WxDxH)	450Wx490Dx270H
Weight	15kg
Memory	USB memory (option); Saved as text and UVPC file
Performance for PC	USB memory+UVProbe (standard); Win XP

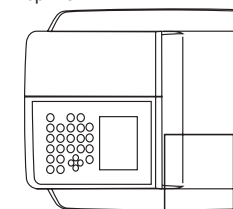
Front View



Left side View



Top View



JQA-0376

Founded in 1875, Shimadzu Corporation, a leader in the development of advanced technologies, has a distinguished history of innovation built on the foundation of contributing to society through science and technology. We maintain a global network of sales, service, technical support and applications centers on six continents, and have established long-term relationships with a host of highly trained distributors located in over 100 countries. For information about Shimadzu, and to contact your local office, please visit our Web site at www.shimadzu.com

SHIMADZU

SHIMADZU CORPORATION, International Marketing Division
3, Kanda-Nishikicho 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8448, Japan
Phone: 81(3)3219-5641 Fax: 81(3)3219-5710
URL <http://www.shimadzu.com>

Printed in Japan 3295-01813-50ANS

The contents of this brochure are subject to change without notice.

SHIMADZU



High resolution — the highest in its class : 1nm*

User friendly — USB port is standard

Compact design — 450W×490D

The UV-1800 uses the Czerny-Turner mounting for its monochromator, and boasts the highest resolution in its class, a bright optical system, and a compact design.

The UV-1800 can be used either as a stand-alone instrument or as a PC-controlled instrument.

USB memory can be connected directly to the UV-1800, enabling data for spectra and time-course curves to be displayed and saved with commercial spreadsheet software on a PC. In addition, printing is possible to printers that support PCL control codes.

*As of August 2007, according to Shimadzu research.

www.shimadzu.com
Please access our website !!

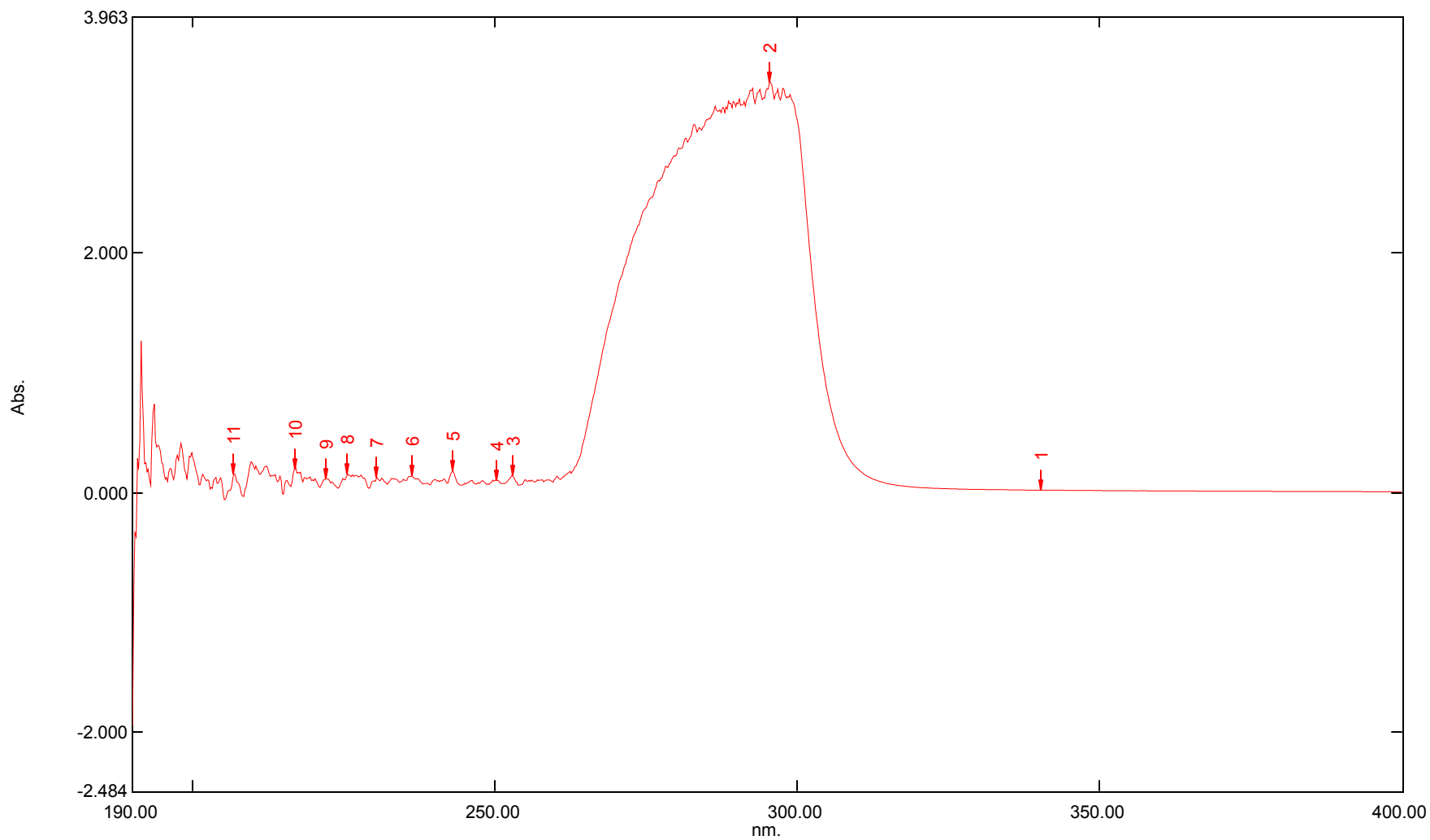
UV-1800

SHIMADZU
UV-VIS Spectrophotometer

Active Spectrum Graph Report

10/12/2016 07:25:32 PM

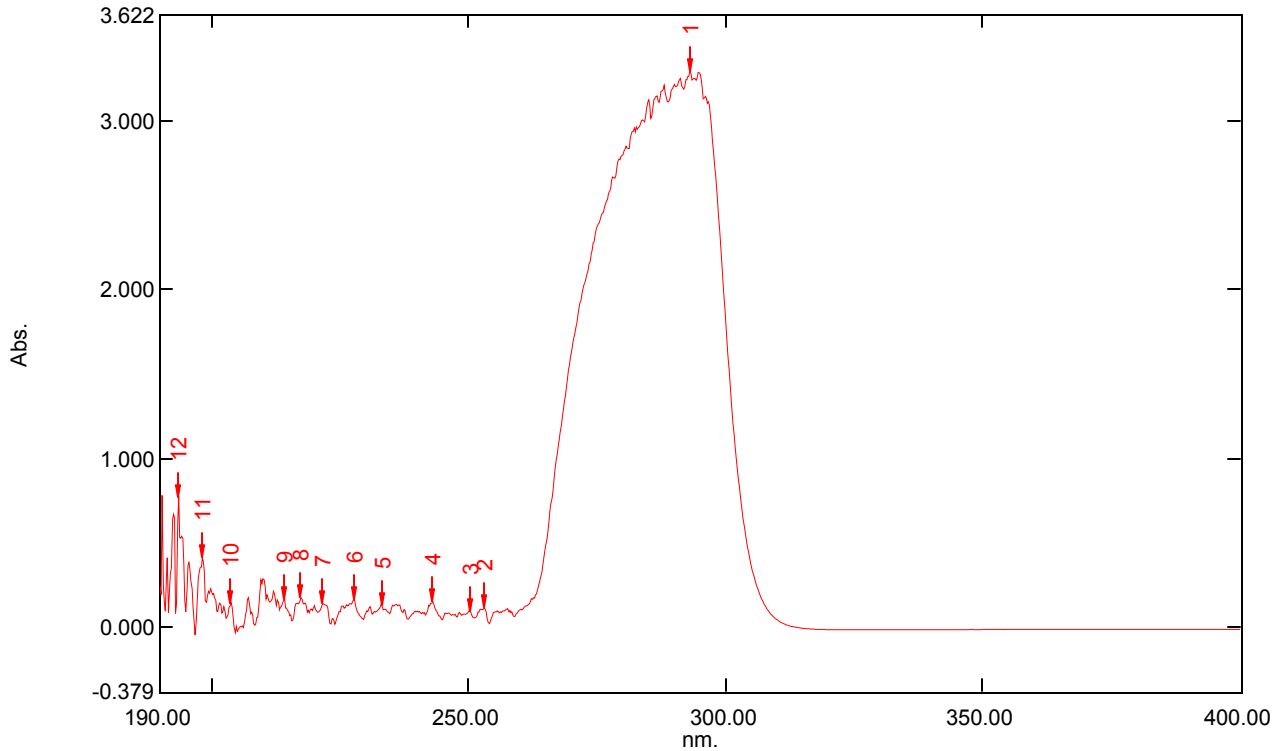
Data Set: Acido ftalico impuro - RawData-002



Spectrum Peak Pick Report

10/12/2016 07:22:53 PM

Data Set: Ftalatos_Acido ftalico patron - RawData-002



[Measurement Properties]
 Wavelength Range (nm.): 190.00 to 400.00
 Scan Speed: Medium
 Sampling Interval: 0.2
 Auto Sampling Interval: Disabled
 Scan Mode: Repeat

[Instrument Properties]
 Instrument Type: UV-1800 Series
 Measuring Mode: Absorbance
 Slit Width: 1.0 nm
 Light Source Change Wavelength: 340.0 nm
 S/R Exchange: Normal

[Attachment Properties]
 Attachment: None

[Operation]
 Threshold: 0.0010000
 Points: 4
 InterPolate: Disabled
 Average: Disabled

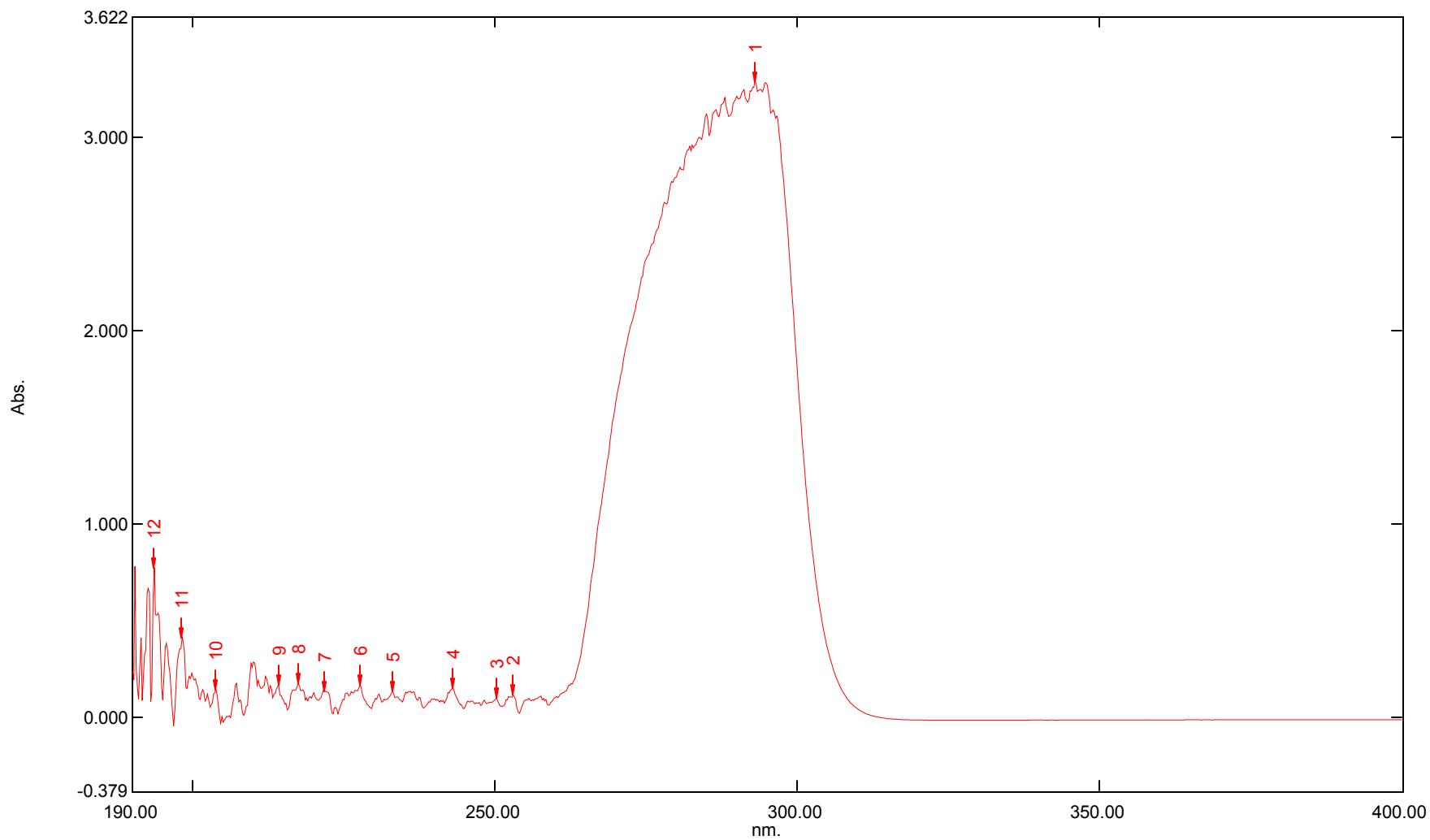
[Sample Preparation Properties]
 Weight:
 Volume:
 Dilution: 0.5/10mL
 Path Length:
 Additional Information: Romero deshidratado 25
 Agosto de 2016

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	⬆	293.00	3.289	
2	⬆	253.00	0.114	
3	⬆	250.20	0.100	
4	⬆	243.00	0.151	
5	⬆	233.00	0.136	
6	⬆	227.60	0.163	
7	⬆	221.60	0.138	
8	⬆	217.40	0.173	
9	⬆	214.20	0.166	
10	⬆	203.80	0.143	
11	⬆	198.20	0.413	
12	⬆	193.60	0.774	

Active Spectrum Graph Report

10/12/2016 07:23:11 PM

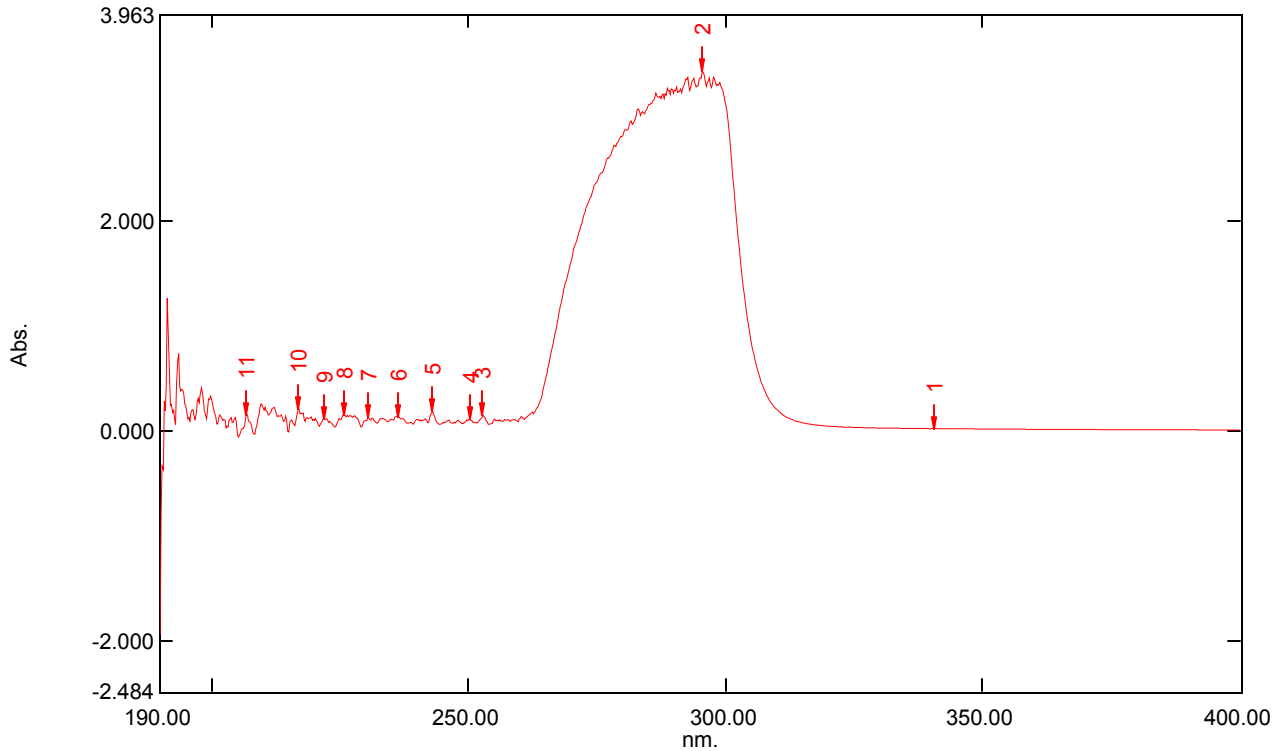
Data Set: Ftalatos_Acido ftalico patron - RawData-002



Spectrum Peak Pick Report

10/12/2016 07:21:14 PM

Data Set: Acido ftalico impuro - RawData-002



[Measurement Properties]
 Wavelength Range (nm.): 190.00 to 400.00
 Scan Speed: Medium
 Sampling Interval: 0.2
 Auto Sampling Interval: Disabled
 Scan Mode: Repeat

[Instrument Properties]
 Instrument Type: UV-1800 Series
 Measuring Mode: Absorbance
 Slit Width: 1.0 nm
 Light Source Change Wavelength: 340.0 nm
 S/R Exchange: Normal

[Attachment Properties]
 Attachment: None

[Operation]
 Threshold: 0.0010000
 Points: 4
 InterPolate: Disabled
 Average: Disabled

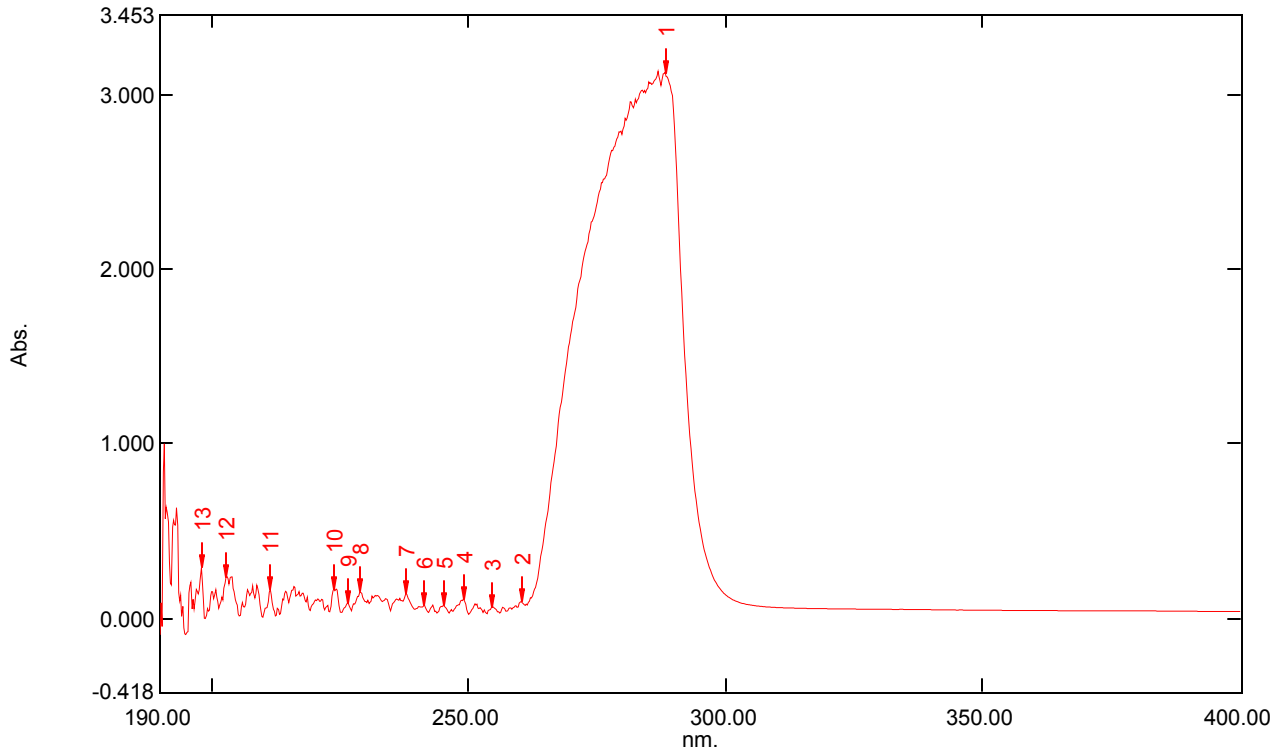
[Sample Preparation Properties]
 Weight:
 Volume:
 Dilution: 0.5/10mL
 Path Length:
 Additional Information: Romero deshidratado 25
 Agosto de 2016

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	⬆	340.40	0.020	
2	⬆	295.40	3.426	
3	⬆	252.80	0.146	
4	⬆	250.20	0.108	
5	⬆	243.00	0.179	
6	⬆	236.20	0.138	
7	⬆	230.40	0.127	
8	⬆	225.60	0.153	
9	⬆	222.00	0.113	
10	⬆	217.00	0.205	
11	⬆	206.80	0.155	

Spectrum Peak Pick Report

10/12/2016 07:23:58 PM

Data Set: Ftalatos_Residuos - RawData-002



[Measurement Properties]
 Wavelength Range (nm.): 190.00 to 400.00
 Scan Speed: Medium
 Sampling Interval: 0.2
 Auto Sampling Interval: Disabled
 Scan Mode: Repeat

[Instrument Properties]
 Instrument Type: UV-1800 Series
 Measuring Mode: Absorbance
 Slit Width: 1.0 nm
 Light Source Change Wavelength: 340.0 nm
 S/R Exchange: Normal

[Attachment Properties]
 Attachment: None

[Operation]
 Threshold: 0.0010000
 Points: 4
 InterPolate: Disabled
 Average: Disabled

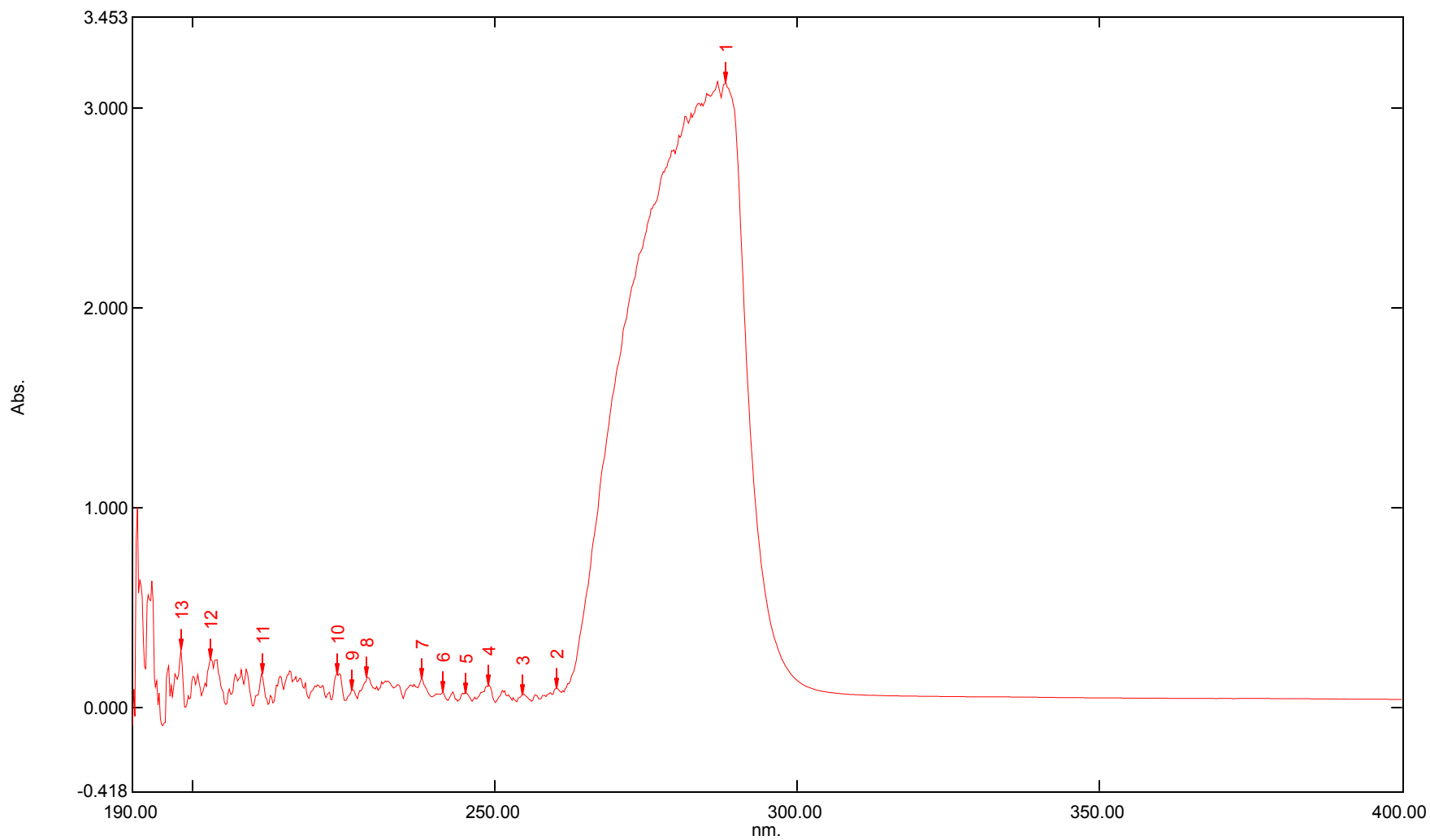
[Sample Preparation Properties]
 Weight:
 Volume:
 Dilution: 0.5/10mL
 Path Length:
 Additional Information: Romero deshidratado 25
 Agosto de 2016

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	⬆	288.20	3.126	
2	⬆	260.20	0.095	
3	⬆	254.60	0.064	
4	⬆	249.00	0.111	
5	⬆	245.20	0.072	
6	⬆	241.40	0.075	
7	⬆	237.80	0.143	
8	⬆	228.80	0.149	
9	⬆	226.40	0.085	
10	⬆	223.80	0.168	
11	⬆	211.40	0.167	
12	⬆	203.00	0.238	
13	⬆	198.00	0.289	

Active Spectrum Graph Report

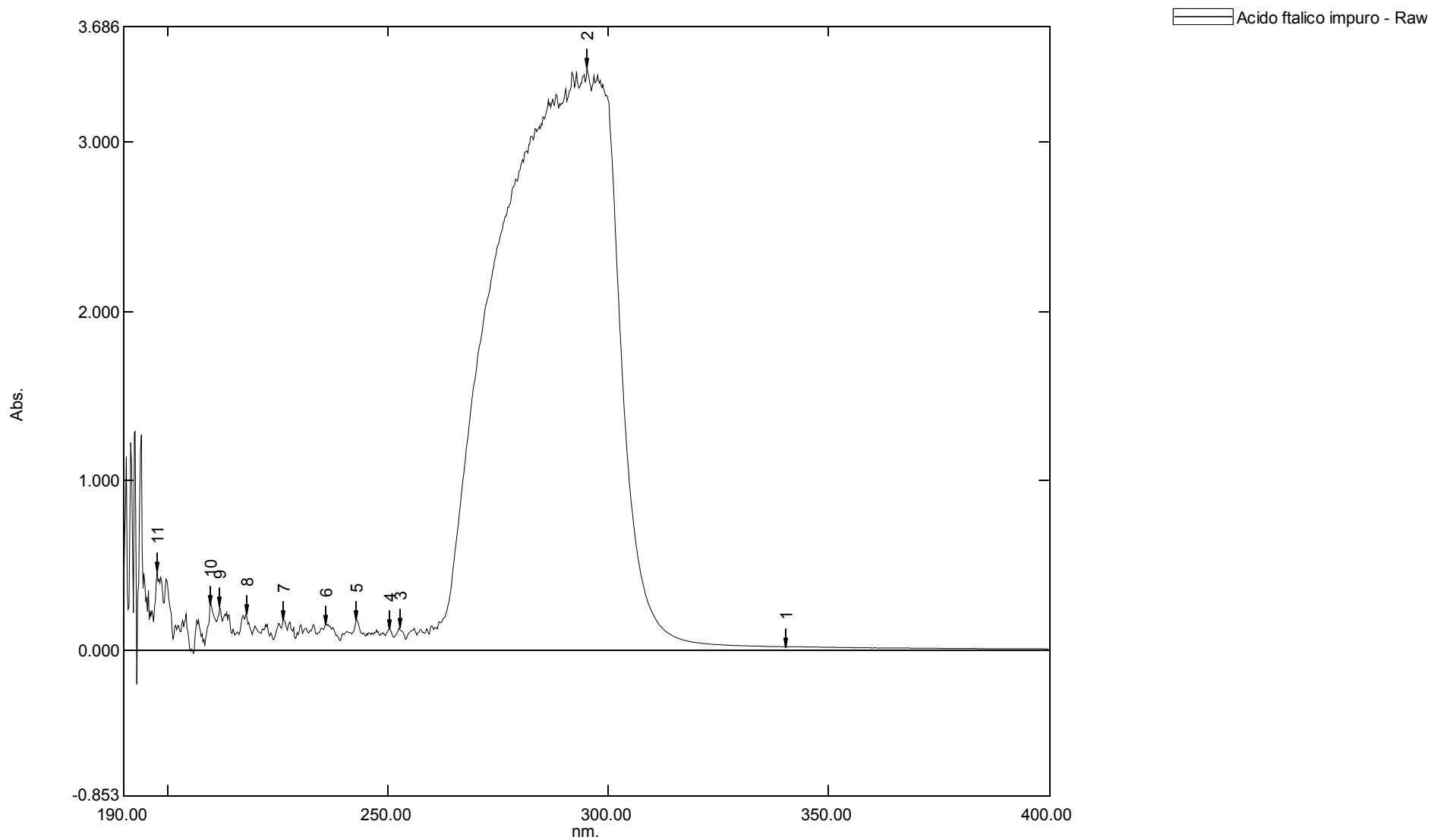
10/12/2016 07:24:13 PM

Data Set: Ftalatos_Residuos - RawData-002



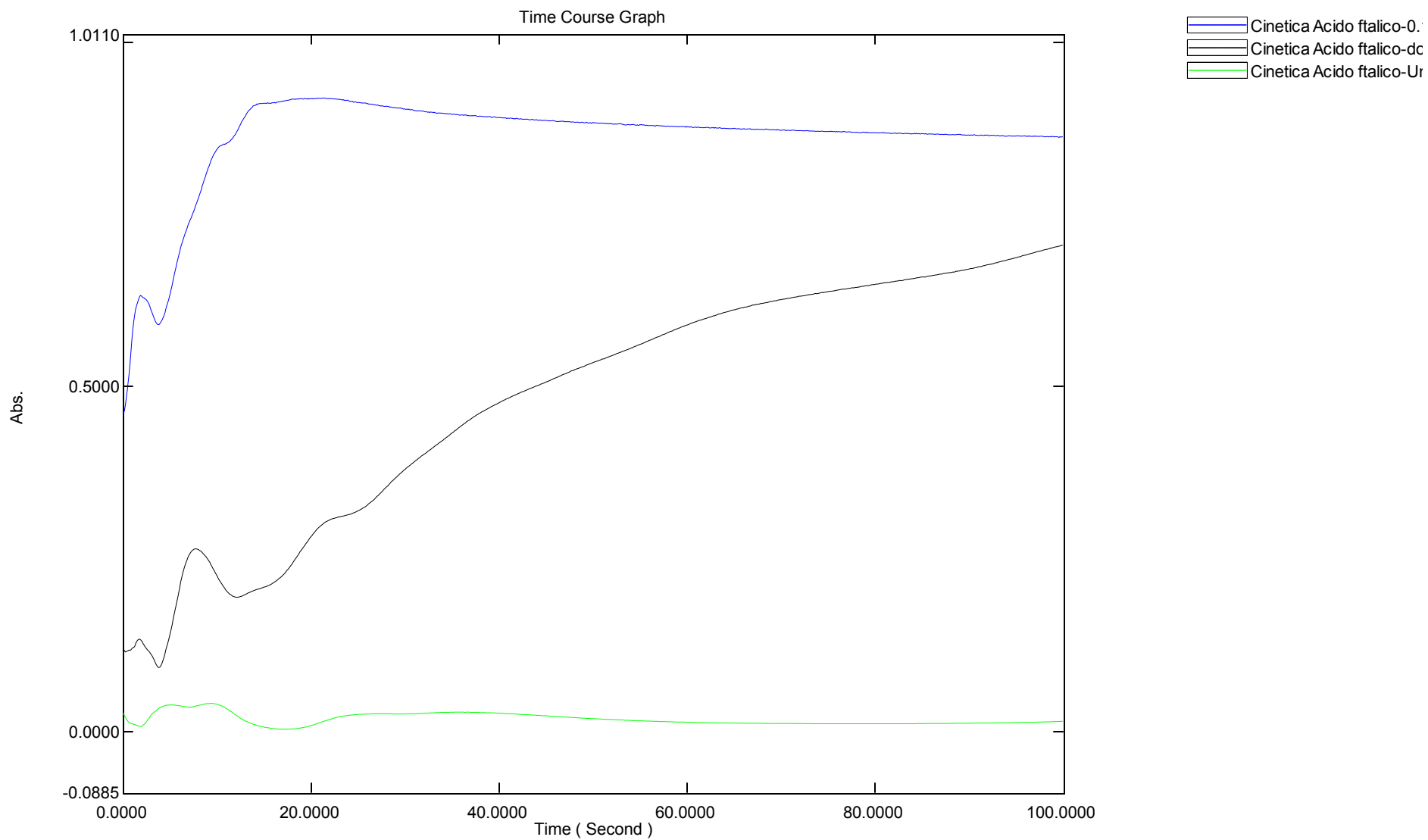
Overlay Spectrum Graph Report

10/12/2016 07:21:35 PM



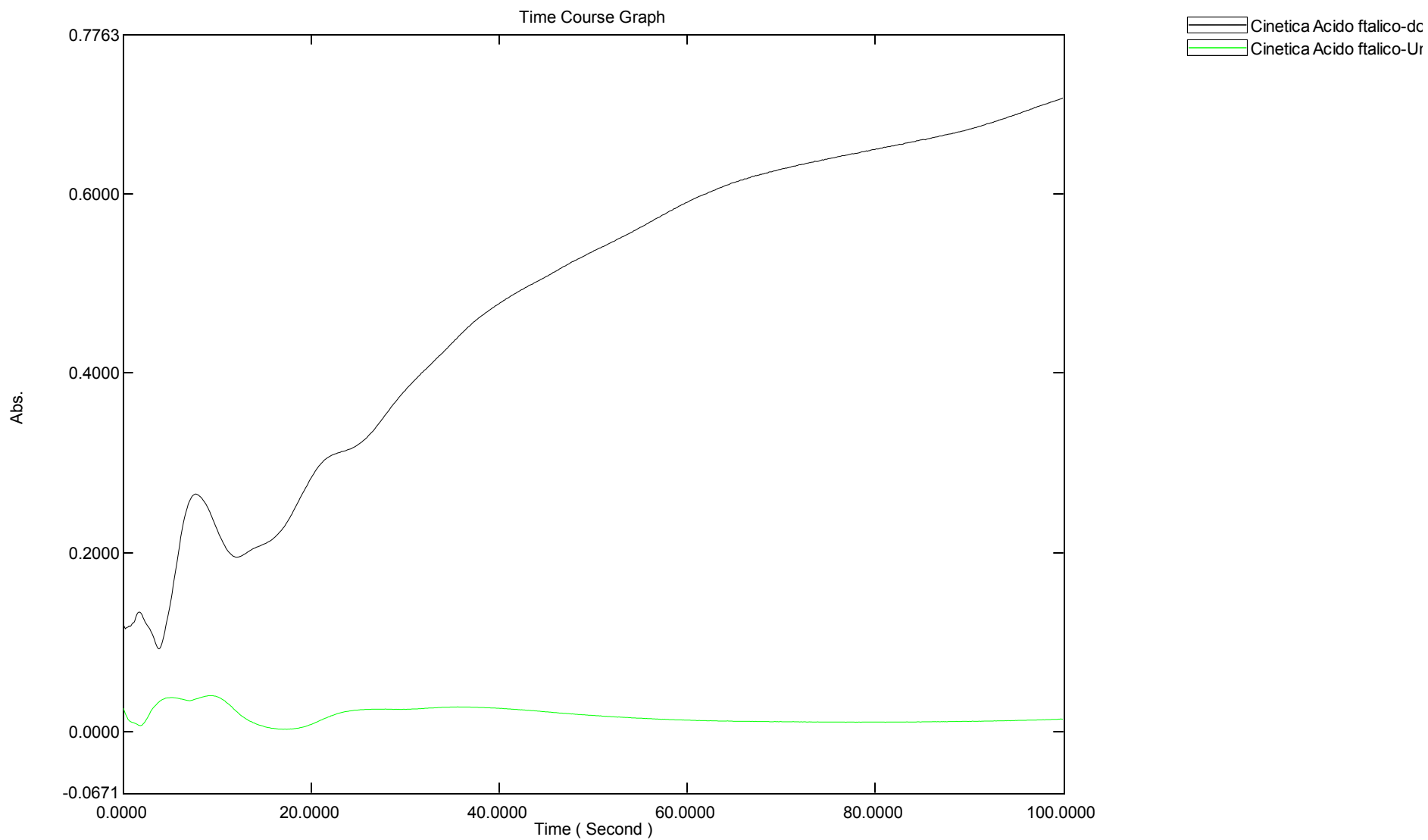
Overlay Time Course Graph Report

10/11/2016 07:52:39 PM



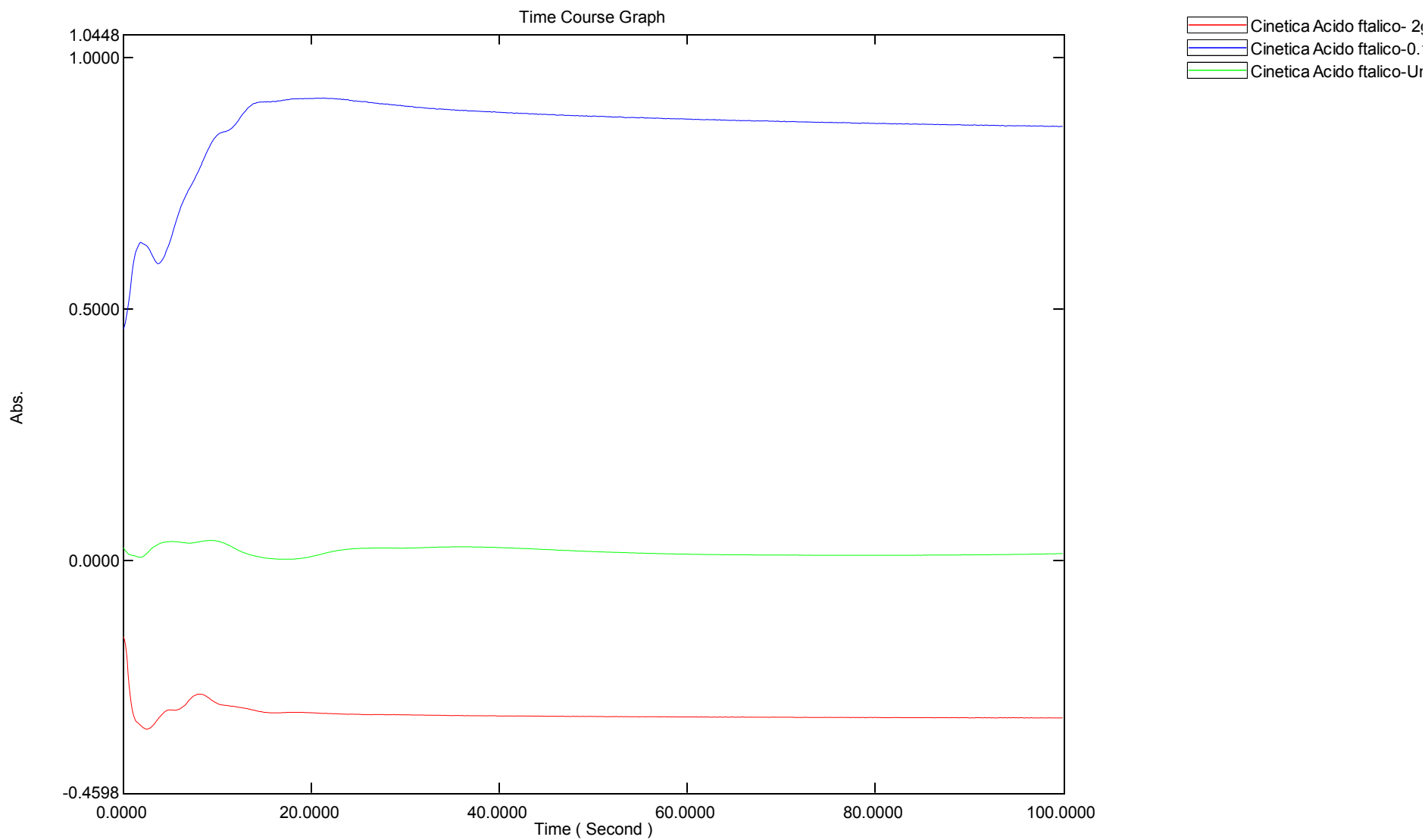
Overlay Time Course Graph Report

10/11/2016 07:54:23 PM



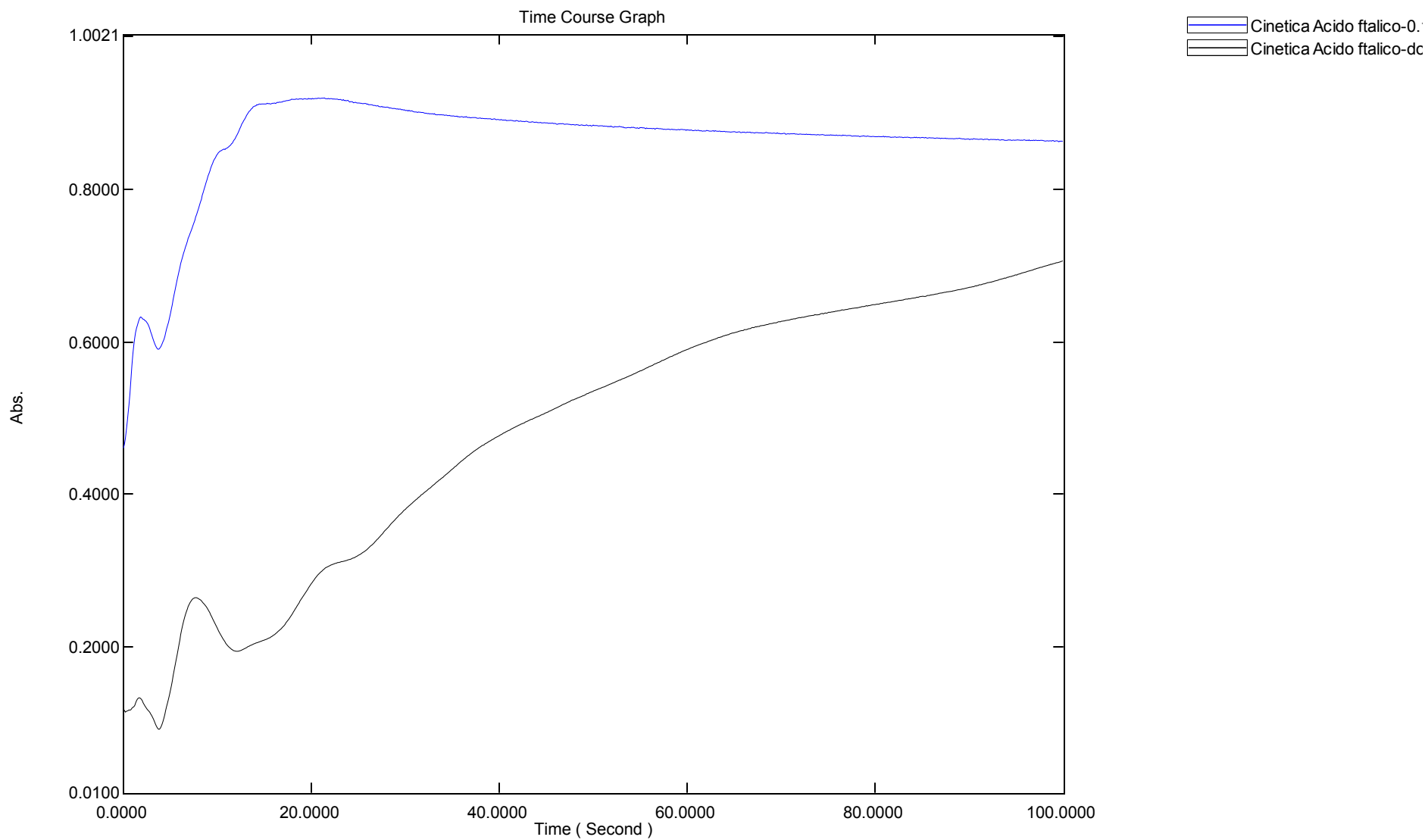
Overlay Time Course Graph Report

10/11/2016 07:56:58 PM



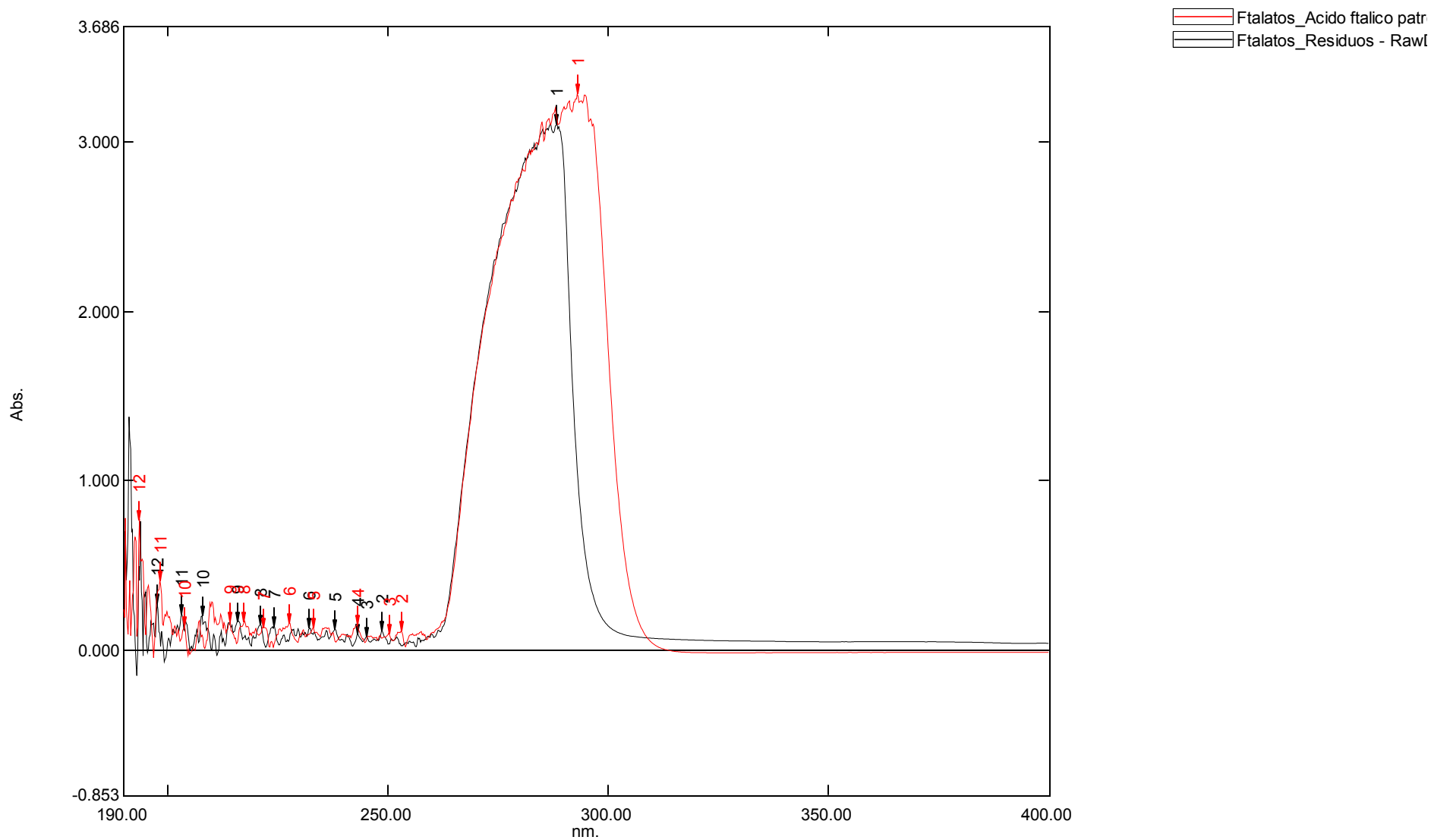
Overlay Time Course Graph Report

10/11/2016 07:55:46 PM



Overlay Spectrum Graph Report

10/12/2016 07:27:01 PM



Kinetics Method Report

10/11/2016 08:04:11 PM

Data Set: Cinetica Acido ftalico-0.1mL - RawData

[Measurement Properties]

Data Acquisition: Auto
Total Time: 100.000
Time Unit: Second
Cycle Time: 0.1
Number of Readings: 1001
Enable Delay: Off
Activity Start: 10.000
Activity End: 90.000
Record Events: Off
Wavelength mode: Single Wavelength
Wavelength 1: 295.0nm
Factor: 1.000
Correction Factor: 1.000

[File Option Properties]

Auto increment of filename: On
Save multi cell data in same file: Off

[Instrument Properties]

Instrument Type: UV-1800 Series
Measuring Mode: Absorbance
Slit Width: 1.0 nm
Light Source Change Wavelength: 295.0 nm
S/R Exchange: Normal

[Attachment Properties]

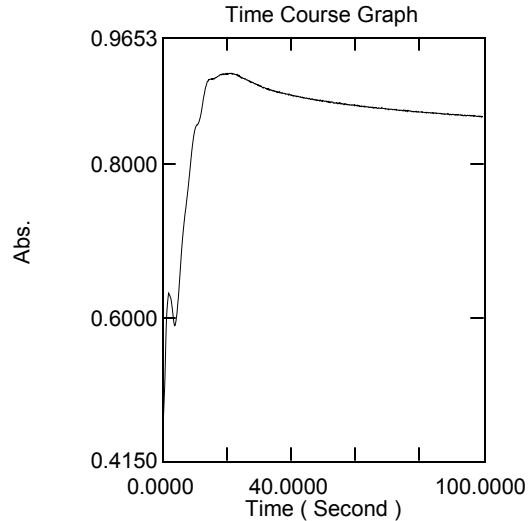
Attachment: None

[Acquisition Parameters]

Start Time: 0.00 Second
End Time: 100.00 Second
Data Points: 1001
Acquisition Rate: 0.10 Second

[Sample Preparation Properties]

Weight: 0.1 g
Volume: 100 mL
Dilution:
Path Length:
Additional information: Se transfiere aproximadamente 25 cm 3, celda de paso optico de 5 cm



Software Information

Software Name: UVProbe
Version: 2.43
Mode: Normal Mode

Data Information

Data is: Original
Analyst:
Date/Time: 09/30/2016 04:51:11 PM
Comments: Concentracion del acido 5 % v/v se adiciono 1 gota inicialmente, y el segundo ensayo con 0,1 mL

Instrument Information

Instrument Name: UV1800-SENA
Instrument Type: UV-1800 Series
Model (S/N): UV1800 (A11455150399)

Kinetics Method Report

10/11/2016 08:04:40 PM

Data Set: Cinetica Acido ftalico-Una gota - RawData

[Measurement Properties]

Data Acquisition: Auto
Total Time: 100.000
Time Unit: Second
Cycle Time: 0.1
Number of Readings: 1001
Enable Delay: Off
Activity Start: 10.000
Activity End: 90.000
Record Events: Off
Wavelength mode: Single Wavelength
Wavelength 1: 295.0nm
Factor: 1.000
Correction Factor: 1.000

[File Option Properties]

Auto increment of filename: On
Save multi cell data in same file: Off

[Instrument Properties]

Instrument Type: UV-1800 Series
Measuring Mode: Absorbance
Slit Width: 1.0 nm
Light Source Change Wavelength: 295.0 nm
S/R Exchange: Normal

[Attachment Properties]

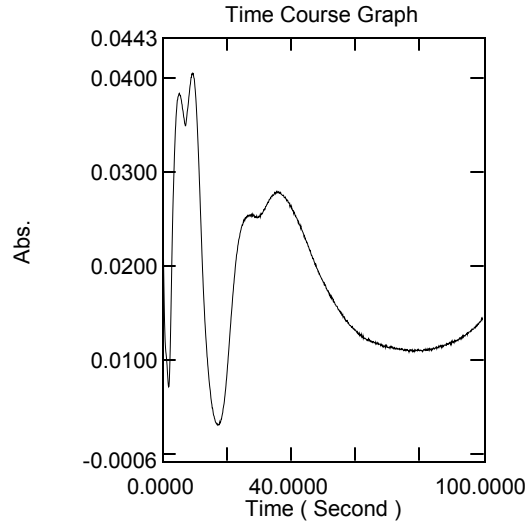
Attachment: None

[Acquisition Parameters]

Start Time: 0.00 Second
End Time: 100.00 Second
Data Points: 1001
Acquisition Rate: 0.10 Second

[Sample Preparation Properties]

Weight: 0.1 g
Volume: 100 mL
Dilution:
Path Length:
Additional information: Se transfiere aproximadamente 25 cm 3, celda de paso optico de 5 cm



Software Information

Software Name: UVProbe
Version: 2.43
Mode: Normal Mode

Data Information

Data is: Original
Analyst:
Date/Time: 09/30/2016 04:48:30 PM
Comments: Concentracion del acido 5 % v/v se adiciono 1 gota inicialmente, y el segundo ensayo con 0,1 mL

Instrument Information

Instrument Name: UV1800-SENA
Instrument Type: UV-1800 Series
Model (S/N): UV1800 (A11455150399)

Kinetics Method Report

10/11/2016 08:01:29 PM

Data Set: Cinetica Acido ftalico-dos gotas - RawData

[Measurement Properties]

Data Acquisition: Auto
Total Time: 100.000
Time Unit: Second
Cycle Time: 0.1
Number of Readings: 1001
Enable Delay: Off
Activity Start: 10.000
Activity End: 90.000
Record Events: Off
Wavelength mode: Single Wavelength
Wavelength 1: 295.0nm
Factor: 1.000
Correction Factor: 1.000

[File Option Properties]

Auto increment of filename: On
Save multi cell data in same file: Off

[Instrument Properties]

Instrument Type: UV-1800 Series
Measuring Mode: Absorbance
Slit Width: 1.0 nm
Light Source Change Wavelength: 295.0 nm
S/R Exchange: Normal

[Attachment Properties]

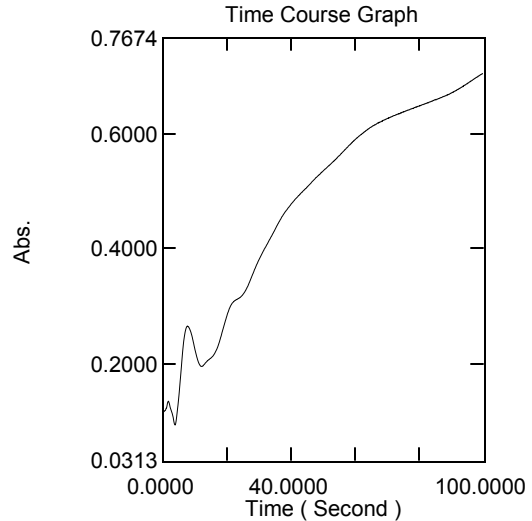
Attachment: None

[Acquisition Parameters]

Start Time: 0.00 Second
End Time: 100.00 Second
Data Points: 1001
Acquisition Rate: 0.10 Second

[Sample Preparation Properties]

Weight: 0.1 g
Volume: 100 mL
Dilution:
Path Length:
Additional information: Se transfiere aproximadamente 25 cm 3, celda de paso optico de 5 cm



Software Information

Software Name: UVProbe
Version: 2.43
Mode: Normal Mode

Data Information

Data is: Original
Analyst:
Date/Time: 09/30/2016 05:03:19 PM
Comments: Concentracion del acido 5 % v/v se adiciono 1 gota inicialmente, y el segundo ensayo con 0,1 mL

Instrument Information

Instrument Name: UV1800-SENA
Instrument Type: UV-1800 Series
Model (S/N): UV1800 (A11455150399)

Kinetics Method Report

10/11/2016 08:03:19 PM

Data Set: Cinetica Acido ftalico- 2gotas despues de 0,1 mL - RawData

[Measurement Properties]

Data Acquisition: Auto
Total Time: 100.000
Time Unit: Second
Cycle Time: 0.1
Number of Readings: 1001
Enable Delay: Off
Activity Start: 10.000
Activity End: 90.000
Record Events: Off
Wavelength mode: Single Wavelength
Wavelength 1: 295.0nm
Factor: 1.000
Correction Factor: 1.000

[File Option Properties]

Auto increment of filename: On
Save multi cell data in same file: Off

[Instrument Properties]

Instrument Type: UV-1800 Series
Measuring Mode: Absorbance
Slit Width: 1.0 nm
Light Source Change Wavelength: 295.0 nm
S/R Exchange: Normal

[Attachment Properties]

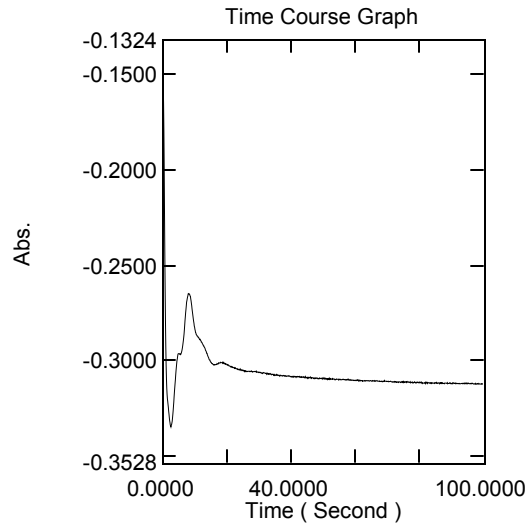
Attachment: None

[Acquisition Parameters]

Start Time: 0.00 Second
End Time: 100.00 Second
Data Points: 1001
Acquisition Rate: 0.10 Second

[Sample Preparation Properties]

Weight: 0.1 g
Volume: 100 mL
Dilution:
Path Length:
Additional information: Se transfiere aproximadamente 25 cm 3, celda de paso optico de 5 cm



Software Information

Software Name: UVProbe
Version: 2.43
Mode: Normal Mode

Data Information

Data is: Original
Analyst:
Date/Time: 09/30/2016 04:58:56 PM
Comments: Concentracion del acido 5 % v/v se adiciono 1 gota inicialmente, y el segundo ensayo con 0,1 mL

Instrument Information

Instrument Name: UV1800-SENA
Instrument Type: UV-1800 Series
Model (S/N): UV1800 (A11455150399)

Kinetics Method Report

10/11/2016 08:05:12 PM

Data Set: Cinetica Acido ftalico-Blanco - RawData

[Measurement Properties]

Data Acquisition: Auto
Total Time: 100.000
Time Unit: Second
Cycle Time: 0.1
Number of Readings: 1001
Enable Delay: Off
Activity Start: 10.000
Activity End: 90.000
Record Events: Off
Wavelength mode: Single Wavelength
Wavelength 1: 295.0nm
Factor: 1.000
Correction Factor: 1.000

[File Option Properties]

Auto increment of filename: On
Save multi cell data in same file: Off

[Instrument Properties]

Instrument Type: UV-1800 Series
Measuring Mode: Absorbance
Slit Width: 1.0 nm
Light Source Change Wavelength: 295.0 nm
S/R Exchange: Normal

[Attachment Properties]

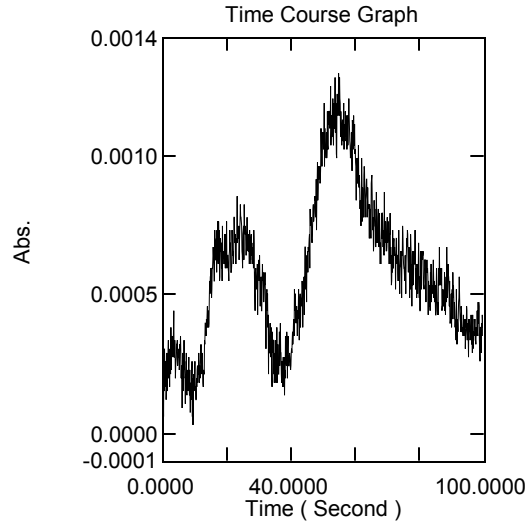
Attachment: None

[Acquisition Parameters]

Start Time: 0.00 Second
End Time: 100.00 Second
Data Points: 1001
Acquisition Rate: 0.10 Second

[Sample Preparation Properties]

Weight: 0.1 g
Volume: 100 mL
Dilution:
Path Length:
Additional information: Se transfiere aproximadamente 25 cm 3, celda de paso optico de 5 cm



Software Information

Software Name: UVProbe
Version: 2.43
Mode: Normal Mode

Data Information

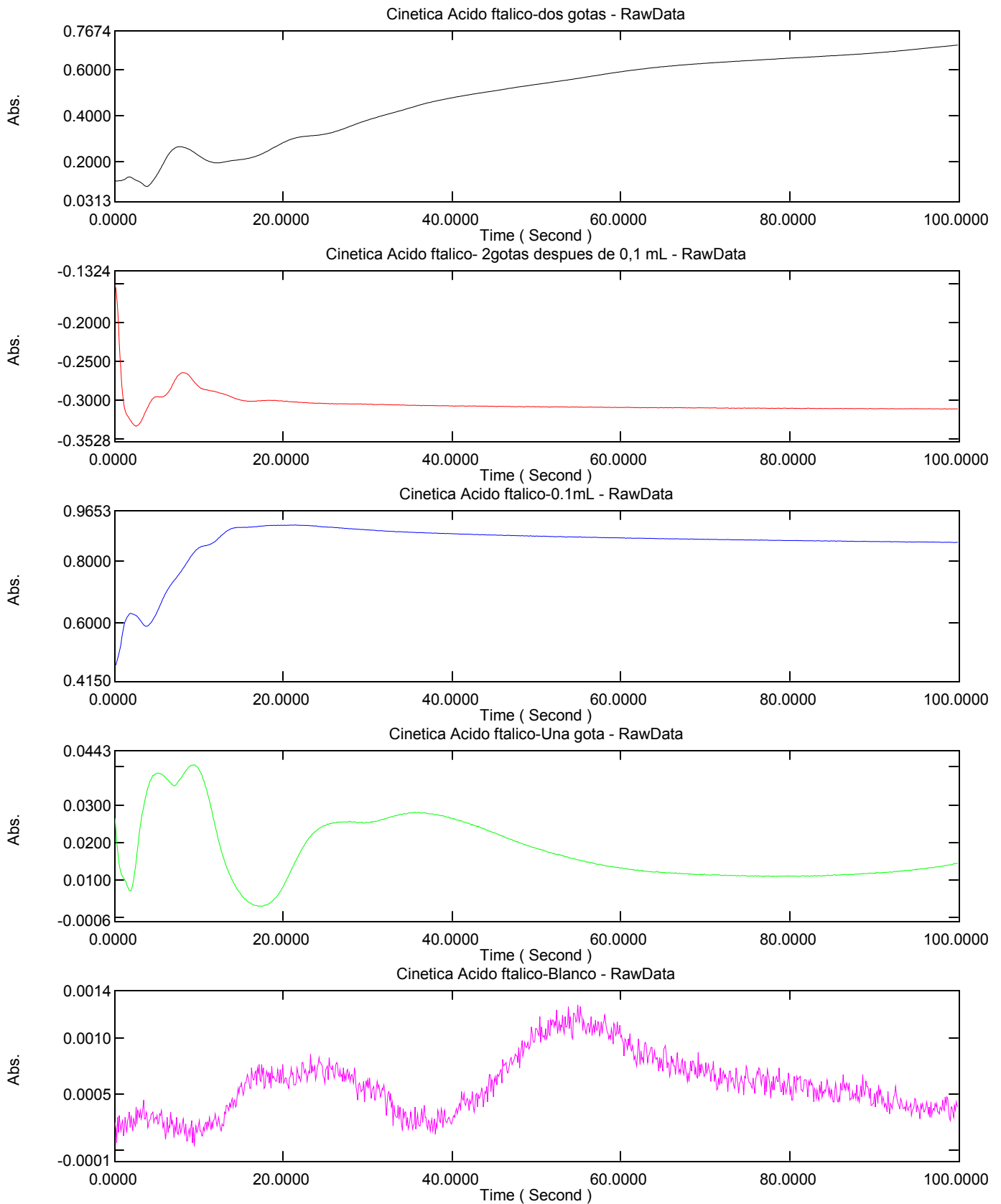
Data is: Original
Analyst:
Date/Time: 09/30/2016 04:39:31 PM
Comments: Concentracion del acido 5 % v/v se adiciono 1 gota inicialmente, y el segundo ensayo con 0,1 mL

Instrument Information

Instrument Name: UV1800-SENA
Instrument Type: UV-1800 Series
Model (S/N): UV1800 (A11455150399)

Stacked Time Course Graph Report

10/11/2016 07:57:57 PM



ANEXO E
COTIZACIONES EQUIPOS INDUSTRIALES



SURTI FILTROS Y MECANIZADOS LTDA

Filtros y Lubricantes Nacionales e Importados Para
Maquinaria Pesada, Automotores y Petroleras
• Filtros Especiales y Separadores
Servicio de Torno y Fresadora
NIT. 900.341.579-1 RÉGIMEN COMÚN

FECHA: Marzo 11/2013 TEL: 310 721 5547 **COTIZACIÓN N° 3188**
 SEÑORES: David Jimenez NIT: 1030636525
 DIRECCION: Diagonal 40H # 75-05 CIUDAD: Bogota

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VR UNITARIO	VR TOTAL
02	Filtros prensa. base con tolva. Para 2400000 Recirculado	\$48.000.000	\$96.000.000
40	Fanales en Acero inoxidable 40x45 s/medida con mesh inox s/microraje	\$146.000	\$5.840.000
<p>Nota: Para posible fabricación es necesario nuestra física o planos bien definidos y acotados.</p>			
<p>SURTI FILTROS Y MECANIZADOS Ltda. NIT. 900.341.579-1 Cra. 23 No. 11-75 Tel.: 201 8418</p>		<p>ABONO: <u>20%</u> anticipo 20% a entrega FORMA DE PAGO: <u>Contado</u> VALIDEZ DE LA COTIZACION:</p>	<p>SUB-TOTAL \$106.400.000 I.V.A. \$20.216.000 TOTAL \$126.616.000</p>

Cra 23 No. 11-75 • Teléfono: 270 7865 • Telefax: 201 8418 • Cel.: 311 272 5945 • E-mail: surtifiltrosy mecanizados@gmail.com • BOGOTA, D.C.

Bogotá, D.C – Marzo 9 de 2017

Señores

IQN SAS

Atn. Sr. David Jimenez Trujillo

E-mail: edjt1214@hotmail.com

Cel. 3107215547

Bogota.

COT 17-0444

Estimados señores

Atendiendo a su solicitud con la presente cotizamos filtro prensa fabricado por nuestros representados **TEFSA** de Barcelona, España

Nuestra empresa **HIGH-TECH FILTRACION INDUSTRIAL SAS**, les ofrece a sus clientes un sólido respaldo técnico en soluciones de ingeniería para el tratamiento de fluidos, con el aval de empresas reconocidas internacionalmente.

Es de nuestro interés ofrecerle la mejor solución tecnológica para atender sus necesidades y establecer relaciones de confianza y acompañamiento para prestarle un eficiente soporte técnico.

FITRO PRENSA HPL-470 /6

Consideraciones:

Filtro prensa para trabajar a presión de 6 bar

Las placas con interior hueco y reforzado.

Dos Filtro prensa manuales, tipo HPL-470/6 equipado con 20 cámaras (21 placas y 20 marcos de acero inoxidable 316) de tamaño 470 x 470 mm con 30 mm de grosor. Se ofertan por separado las telas y los forrados del equipo en acero inoxidable 316. Suministro completo de acuerdo a las especificaciones adjuntas.

Para la Filtración de:

Filtración de ácido ftálico. Temperaturas de 40 °C y 90 °C. pH entre 0 y 1. Material de las placas y cantidad de estas seleccionado por el cliente: 20 placas de 0.45 x 0.45 m

1. DIMENSIONES Y DATOS TECNICOS

A. Información General:

- Tamaño de las placas y marcos	: 470 x 470 mm
- Número de cámaras	: 20
- Número de placas filtrantes	: 21
- Número de marcos	: 20
- Espesor de la torta	: 30 mm
- Volumen por cámara	: 4.3 L
- Volumen total	: 86 L
- Material	: Acero inoxidable 316



Imagen orientativa del equipo ofertado

B.- Bastidor:

- Construcción	: Soldada
- Material de construcción	: Acero al carbono
- Ejecución	: Cerrada
- Salida de filtrado	: 4 x DN-32 PN-16
- Conexión alimentación de fangos	: 1 x DN-65 PN-16
- Lavado/Soplado de torta	: Opcional/Opcional

- Soplado colector : Preparado
- Material tubuladuras : Acero al carbono
- Número de largueros inferiores : 2 en posición lateral
- Diámetro de largueros inferiores : 100 mm
- Material largueros : Acero al carbono

Protección anticorrosiva

- Partes exteriores y partes húmedas : Standard (pintura Epoxy)
- Tubuladuras : Standard (pintura Epoxy)
- Largueros : PVC
- Forrado en polipropileno : Incluido

C.- Dispositivo de Cierre y Apertura:

- Diseño : TEFSA
- Tipo cilindro : Simple efecto
- Material cilindro : ST-52.3
- Acabado/Acabo interior : Rectificado y lapeado
- Retroceso vástago : Por muelle
- Diámetro pistón/vástago : Ø 140/100 mm
- Acabado vástago : Cromado
- Carrera pistón : 100 mm
- Material vástago : F-114 cromado duro
- Material del pistón : Acero/banda guía
- Número de collarines : 2
- Presión máxima de cierre : 233 bar
- Apertura del paquete filtrante : Manual

D.- Grupo Hidráulico:

- Diseño : TEFSA
- Componentes hidráulicos : Larzep
- Funcionamiento : Manual
- Caudal : 6,50 l/min.
- Construcción : B-5
- Conexiones al cilindro : Tubo hidráulico
- Montaje : Sobre bancada y soldado al cabezal hidráulico

E.- Telas Filtrantes (opcionales):

- Fabricante : MF (Grupo TEFSA)
- Ejecución : Dobles
- Número de telas dobles : 21
- Fijación de telas sobre placa : Ojales de latón/cierre rápido
- Material tela filtrante : Polipropileno
- Permeabilidad : 160 litros
- Tratamiento : Termofijado
- Suministro : Totalmente confeccionado
- Telas de soporte : No se requieren

2. DESCRIPCIÓN CONSTRUCTIVA

Los filtros prensa de la serie HPL de funcionamiento totalmente manual son unidades sencillas, de fácil manejo y muy adecuadas para la filtración de pequeñas cantidades de fangos o productos químicos. Admiten un lavado de la torta en contracorriente, así como un secado final con aire comprimido.

Constan de:

Un cabezal hidráulico con cilindro incorporado de forma desmontable para facilitar eventuales cambios de los collarines. Mediante un muelle situado dentro del cilindro se realiza el retroceso del vástago, permitiendo así la abertura del filtro.

Un grupo hidráulico compuesto por:

- Bomba hidráulica de accionamiento manual.
- Válvula antirretorno y de maniobra para el cierre y la abertura del filtro.
- Depósito de aceite con niveles y tapón.
- Manómetro para el control de la presión de cierre.
- La tubería de interconexión entre el grupo hidráulico y el pistón.
- Todo el conjunto montado sobre una pequeña bancada y atornillado al bastidor.

Una pieza móvil de presión que se desliza mediante ruedas de soporte sobre los largueros laterales. Lleva además para permitir un movimiento sin balanceo un yugo que en sus extremos se apoya igualmente sobre ambos largueros. Está unido a la pieza móvil de presión mediante 2 espárragos con tuercas de ajuste y bloqueo y una pieza intermedia de acero, que quitándola puede servir para una futura ampliación del paquete filtrante.

En el lado del cilindro el yugo lleva una pieza de acero abatible que en su posición de cierre conecta con un pivote previsto en su extremo directamente con el vástago del cilindro hidráulico.

Para la abertura del filtro prensa y una vez retrocedido el vástago, esta pieza abatible se gira hacia abajo creando así el necesario espacio para la descarga de la torta.

Un cabezal frontal provisto de la tubuladura central para la entrada de la suspensión y 4 laterales para la salida del filtrado. En los modelos previstos con un lavado y/o soplado de la torta 2 de éstos sirven para la entrada del líquido de lavado o aire de presión para el soplado/secado de la torta. Irán protegidas según el producto a filtrar, cuyas características se indican.

Los modelos fabricados en "ejecución abierta" llevan para la salida de filtrado en cada placa un grifo y/o tubo curvado, así como una canaleta prevista a lo largo del filtro para el drenaje del filtrado.

Dos largueros laterales de secciones redondas con sus dispositivos correspondientes de fijación, que unen el cabezal frontal y el cabezal hidráulico y sirven como apoyo para la pieza móvil de presión y de los elementos filtrantes.

Un paquete filtrante que consta de medidas de número determinado de elementos filtrantes con las características indicadas en la Parte I e incluye una placa de entrada y otra final. Las placas se suministran completas con asas laterales para su soporte, con o sin tetones de apoyo dependientes de su tamaño y la presión de filtración.

Llevan sus orificios de entrada para la suspensión a filtrar y los de salida para el filtrado. La disposición para cada caso se refleja en el plano de conjunto del filtro prensa que forma parte de este presupuesto.

Para lograr una perfecta formación del paquete filtrante la superficie de contacto de cada placa está mecanizada con una máxima tolerancia de 0,2 mm.

Un juego de telas filtrantes con el fin de retener los sólidos contenidos en la suspensión a filtrar; cada placa filtrante de cámara irá provista con una tela filtrante doble unida por un collarín de tejido impermeable. Según el producto a filtrar se realiza una selección de la calidad y del acabado. Las telas previstas en sus extremos laterales y superiores con ojales, que permiten mediante tirantes de cierre rápido de plástico una perfecta fijación de la tela sobre la placa filtrante.

3. PRECIOS

Los siguientes precios se basan en los costes de materiales y mano de obra vigentes en la fecha de presentación de la oferta.

Los precios se entienden excluyendo el IVA, así como embalajes. El montaje y la puesta en marcha no están incluidos en el precio; si estos servicios son requeridos el coste correspondiente se facturará de acuerdo con las tarifas vigentes.

A. Precio de la maquinaria ofertada:

A1- Dos (2) Filtros Prensa TEFSA manuales, tipo HPL-470/6 equipado con 20 cámaras (21 placas y 20 marcos de acero inoxidable 316) de tamaño 470 x 470 mm con 30 mm de grosor.

PRECIO unitario : EUR 40.565
PRECIO dos unidades : EUR 81.130.

B. Opcionales

B1- Juego completo de telas filtrantes

PRECIO unitario : EUR 695.
PRECIO dos unidades : EUR 1.390.

B2- Forrado en acero inoxidable 316 de todas las partes del filtro en contacto con el producto.

PRECIO unitario : EUR 1.390.
PRECIO dos unidades : EUR 2.780.

4. RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

El Cliente es responsable de hacer llegar hasta el lugar de emplazamiento de la planta, los elementos necesarios para la conexión del sistema.

- Cálculos y planos estructurales necesarios en las obras civiles (en caso de requerirse)
- Obras civiles tales como, fundaciones, estructuras de soporte y modificaciones o construcciones de acceso al área de emplazamiento de la planta.
- Cualquier modificación que se realice sobre el diseño del sistema y que no esté contemplada en esta oferta, estarán a cargo del cliente
- Descargue y ubicación de los equipos en el sitio de la obra
- Conexiones eléctricas requeridas
- Todo aquello no descrito en esta oferta o trabajos adicionales no contemplados dentro del servicio.
- Instalación e interconexión del equipo con el tablero eléctrico. No obstante, HIGH-TECH FILTRACION INDUSTRIAL SAS dispondrá de una persona para el acompañamiento, soporte y/o asesoría que se requiera durante el montaje de los equipos suministrados.
- Instalación mecánica del equipo
- Suministro de conexiones eléctrica a 0 metros del equipo tanto entrada como en la salida.
- Consumibles y repuestos del equipo en caso de requerirse.

5. Garantía Standard del Equipo:

Garantía mecánica y de calidad: un (1) año después de la fecha de puesta en marcha del equipo o máximo dieciocho (18) meses desde la fecha de entrega del equipo.

En caso de haber defectos, HTFI SAS procederá con las reparaciones y/o sustituciones necesarias correspondientes sin ningún cargo adicional para el cliente.

Quedan excluidos de esta garantía: efectos de desgastes normales, daños causados por un funcionamiento inadecuado y/o maltrato del equipo, negligencia del operador, falta de mantenimiento, así como la corrosión debida a razones no previstas en las especificaciones del pedido y las condiciones de planta fijadas de antemano.

Garantía de proceso: HTFI SAS no se hace responsable de los resultados de filtración inadecuados no derivados de la operación nuestro equipo (unidad de filtración y eventuales auxiliares incluidos en la orden de compra), o para cualquier operación del proceso y/o ingeniería relacionada si esta no ha sido contratada, aprobada e incluida en el alcance del suministro de HTFI SAS y según orden de compra.

En caso de tener que presentar garantías de proceso, cualquier proceso presentado, o lodos a tratar por los equipos de HTFI SAS, deberán de ser sometidos previamente a un trabajo exhaustivo de pruebas, definiendo en base a estas pruebas los requisitos de acondicionamiento de lodos, dimensionado del equipo y otras necesidades de la instalación con el fin de garantizarse como un proceso adecuado.

NOTAS:

Acorde a la oferta presentada, indicamos:

- El precio cotizado incluye tres (3) juegos de manuales de operación y mantenimiento del equipo cotizado. Los manuales se suministran en idioma Castellano acorde al standard de TEFSA.
- Montajes, instalación y/o puesta en marcha de los equipos cotizados, así como otros servicios no especificados en la presente oferta, están excluidos o deben de estar especificados y cotizados por HTFI SAS por separado para su consideración y aprobación.

6. CONDICIONES COMERCIALES

TIEMPO DE ENTREGA	: 8-10 semanas desde fecha de pedido y recibo de anticipo a HTFI SAS
FORMA DE PAGO	: 50% Como anticipo a la firma del pedido, el cual será facturado posteriormente contra la entrega del equipo 50% Antes del despacho de los equipos, el cual será facturado.
VALIDEZ DE LA OFERTA	: Los precios cotizados son válidos para su aceptación por un período de 90 días desde la fecha de la propuesta.
SITIO DE ENTREGA MERCANCIA	: EXW-Barcelona», excluyendo impuestos y tasas locales en destino

Sin otro particular, por el momento nos suscribimos,

Cordialmente:

C. Forero

Ing. Carlos Forero
Gerente Comercial

C. Castilla

Claudia Castillo
Ing. Comercial y de Soporte.

Bogotá, D.C – Marzo 2 de 2017

Señores

IQN SAS

Atn. Sr. David Jimenez Trujillo

E-mail: edjt1214@hotmail.com

Cel. 3107215547

Bogota.

COT 17-0398

Estimados señores

Atendiendo a su solicitud con la presente cotizamos filtro prensa fabricado por nuestros representados **TEFSA** de Barcelona, España

Nuestra empresa **HIGH-TECH FILTRACION INDUSTRIAL SAS**, les ofrece a sus clientes un sólido respaldo técnico en soluciones de ingeniería para el tratamiento de fluidos, con el aval de empresas reconocidas internacionalmente.

Es de nuestro interés ofrecerle la mejor solución tecnológica para atender sus necesidades y establecer relaciones de confianza y acompañamiento para prestarle un eficiente soporte técnico.

FITRO PRENSA HPL-470/16

Dos Filtro prensa manuales, tipo HPL-470/16 equipado con 20 cámaras (21 placas y 20 marcos de acero inoxidable 316) de tamaño 470 x 470 mm con 30 mm de grosor. Se ofertan por separado las telas y los forrados del equipo en acero inoxidable 316. Suministro completo de acuerdo a las especificaciones adjuntas.

Para la Filtración de:

Filtración de ácido ftálico. Temperaturas de 40 °C y 90 °C. pH entre 0 y 1. Material de las placas y cantidad de estas seleccionado por el cliente: 20 placas de 0.45 x 0.45 m

1. DIMENSIONES Y DATOS TECNICOS

A. Información General:

- Tamaño de las placas y marcos	: 470 x 470 mm
- Número de cámaras	: 20
- Número de placas filtrantes	: 21
- Número de marcos	: 20
- Espesor de la torta	: 30 mm
- Volumen por cámara	: 4.3 L
- Volumen total	: 86 L
- Material	: Acero inoxidable 316



Imagen orientativa del equipo ofertado

B.- Bastidor:

- Construcción	: Soldada
- Material de construcción	: Acero al carbono
- Ejecución	: Cerrada
- Salida de filtrado	: 4 x DN-32 PN-16
- Conexión alimentación de fangos	: 1 x DN-65 PN-16
- Lavado/Soplado de torta	: Opcional/Opcional
- Soplado colector	: Preparado
- Material tubuladuras	: Acero al carbono
- Número de largueros inferiores	: 2 en posición lateral
- Diámetro de largueros inferiores	: 100 mm
- Material largueros	: Acero al carbono

Protección anticorrosiva

- Partes exteriores y partes húmedas : Standard (pintura Epoxy)
- Tubuladuras : Standard (pintura Epoxy)
- Largueros : PVC
- Forrado en polipropileno : Incluido

C.- Dispositivo de Cierre y Apertura:

- Diseño : TEFSA
- Tipo cilindro : Simple efecto
- Material cilindro : ST-52.3
- Acabado/Acabo interior : Rectificado y lapeado
- Retroceso vástago : Por muelle
- Diámetro pistón/vástago : Ø 140/100 mm
- Acabado vástago : Cromado
- Carrera pistón : 100 mm
- Material vástago : F-114 cromado duro
- Material del pistón : Acero/banda guía
- Número de collarines : 2
- Presión máxima de cierre : 233 bar
- Apertura del paquete filtrante : Manual

D.- Grupo Hidráulico:

- Diseño : TEFSA
- Componentes hidráulicos : Larzep
- Funcionamiento : Manual
- Caudal : 6,50 l/min.
- Construcción : B-5
- Conexiones al cilindro : Tubo hidráulico
- Montaje : Sobre bancada y soldado al cabezal hidráulico

E.- Telas Filtrantes (opcionales):

- Fabricante : MF (Grupo TEFSA)
- Ejecución : Dobles
- Número de telas dobles : 21
- Fijación de telas sobre placa : Ojales de latón/cierre rápido
- Material tela filtrante : Polipropileno
- Permeabilidad : 160 litros
- Tratamiento : Termofijado
- Suministro : Totalmente confeccionado
- Telas de soporte : No se requieren



Imagen aproximada del tipo de marco y placa ofertado

2. DESCRIPCIÓN CONSTRUCTIVA

Los filtros prensa de la serie HPL de funcionamiento totalmente manual son unidades sencillas, de fácil manejo y muy adecuadas para la filtración de pequeñas cantidades de fangos o productos químicos. Admiten un lavado de la torta en contracorriente, así como un secado final con aire comprimido.

Constan de:

Un cabezal hidráulico con cilindro incorporado de forma desmontable para facilitar eventuales cambios de los collarines. Mediante un muelle situado dentro del cilindro se realiza el retroceso del vástago, permitiendo así la abertura del filtro.

Un grupo hidráulico compuesto por:

- Bomba hidráulica de accionamiento manual.
- Válvula antirretorno y de maniobra para el cierre y la abertura del filtro.
- Depósito de aceite con niveles y tapón.
- Manómetro para el control de la presión de cierre.
- La tubería de interconexión entre el grupo hidráulico y el pistón.
- Todo el conjunto montado sobre una pequeña bancada y atornillado al bastidor.

Una pieza móvil de presión que se desliza mediante ruedas de soporte sobre los largueros laterales. Lleva además para permitir un movimiento sin balanceo un yugo que en sus extremos se apoya igualmente sobre ambos largueros. Está unido a la pieza móvil de presión mediante 2 espárragos con tuercas de ajuste y bloqueo y una pieza intermedia de acero, que quitándola puede servir para una futura ampliación del paquete filtrante.

En el lado del cilindro el yugo lleva una pieza de acero abatible que en su posición de cierre conecta con un pivote previsto en su extremo directamente con el vástago del cilindro hidráulico.

Para la abertura del filtro prensa y una vez retrocedido el vástago, esta pieza abatible se gira hacia abajo creando así el necesario espacio para la descarga de la torta.

Un cabezal frontal provisto de la tubuladura central para la entrada de la suspensión y 4 laterales para la salida del filtrado. En los modelos previstos con un lavado y/o soplado de la torta 2 de éstos sirven para la entrada del líquido de lavado o aire de presión para el soplado/secado de la torta. Irán protegidas según el producto a filtrar, cuyas características se indican.

Los modelos fabricados en "ejecución abierta" llevan para la salida de filtrado en cada placa un grifo y/o tubo curvado, así como una canaleta prevista a lo largo del filtro para el drenaje del filtrado.

Dos largueros laterales de secciones redondas con sus dispositivos correspondientes de fijación, que unen el cabezal frontal y el cabezal hidráulico y sirven como apoyo para la pieza móvil de presión y de los elementos filtrantes.

Un paquete filtrante que consta de medidas de número determinado de elementos filtrantes con las características indicadas en la Parte I e incluye una placa de entrada y otra final. Las placas se suministran completas con asas laterales para su soporte, con o sin tetones de apoyo dependientes de su tamaño y la presión de filtración.

Llevan sus orificios de entrada para la suspensión a filtrar y los de salida para el filtrado. La disposición para cada caso se refleja en el plano de conjunto del filtro prensa que forma parte de este presupuesto.

Para lograr una perfecta formación del paquete filtrante la superficie de contacto de cada placa está mecanizada con una máxima tolerancia de 0,2 mm.

Un juego de telas filtrantes con el fin de retener los sólidos contenidos en la suspensión a filtrar; cada placa filtrante de cámara irá provista con una tela filtrante doble unida por un collarín de tejido impermeable. Según el producto a filtrar se realiza una selección de la calidad y del acabado.

Las telas previstas en sus extremos laterales y superiores con ojales, que permiten mediante tirantes de cierre rápido de plástico una perfecta fijación de la tela sobre la placa filtrante.

3. PRECIOS

Los siguientes precios se basan en los costes de materiales y mano de obra vigentes en la fecha de presentación de la oferta.

Los precios se entienden excluyendo el IVA, así como embalajes. El montaje y la puesta en marcha no están incluidos en el precio; si estos servicios son requeridos el coste correspondiente se facturará de acuerdo con las tarifas vigentes.

A. Precio de la maquinaria ofertada:

A1- Dos (2) Filtros Prensa TEFSA manuales, tipo HPL-470/16 equipado con 20 cámaras (21 placas y 20 marcos de acero inoxidable 316) de tamaño 470 x 470 mm con 30 mm de grosor.

PRECIO unitario : EUR 53.345.
PRECIO dos unidades : EUR 106.690.

B. Opcionales

B1- Juego completo de telas filtrantes

PRECIO unitario : EUR 695.
PRECIO dos unidades : EUR 1.390.

B2- Forrado en acero inoxidable 316 de todas las partes del filtro en contacto con el producto.

PRECIO unitario : EUR 1.390.
PRECIO dos unidades : EUR 2.780.

4. RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

El Cliente es responsable de hacer llegar hasta el lugar de emplazamiento de la planta, los elementos necesarios para la conexión del sistema.

- Cálculos y planos estructurales necesarios en las obras civiles (en caso de requerirse)
- Obras civiles tales como, fundaciones, estructuras de soporte y modificaciones o construcciones de acceso al área de emplazamiento de la planta.
- Cualquier modificación que se realice sobre el diseño del sistema y que no esté contemplada en esta oferta, estarán a cargo del cliente
- Descargue y ubicación de los equipos en el sitio de la obra
- Conexiones eléctricas requeridas
- Todo aquello no descrito en esta oferta o trabajos adicionales no contemplados dentro del servicio.
- Instalación e interconexión del equipo con el tablero eléctrico. No obstante, HIGH-TECH FILTRACION INDUSTRIAL SAS dispondrá de una persona para el acompañamiento, soporte y/o asesoría que se requiera durante el montaje de los equipos suministrados.
- Instalación mecánica del equipo
- Suministro de conexiones eléctrica a 0 metros del equipo tanto entrada como en la salida.
- Consumibles y repuestos del equipo en caso de requerirse.

5. Garantía Standard del Equipo:

Garantía mecánica y de calidad: un (1) año después de la fecha de puesta en marcha del equipo o máximo dieciocho (18) meses desde la fecha de entrega del equipo.

En caso de haber defectos, HTFI SAS procederá con las reparaciones y/o sustituciones necesarias correspondientes sin ningún cargo adicional para el cliente.

Quedan excluidos de esta garantía: efectos de desgastes normales, daños causados por un funcionamiento inadecuado y/o maltrato del equipo, negligencia del operador, falta de mantenimiento, así como la corrosión debida a razones no previstas en las especificaciones del pedido y las condiciones de planta fijadas de antemano.

Garantía de proceso: HTFI SAS no se hace responsable de los resultados de filtración inadecuados no derivados de la operación nuestro equipo (unidad de filtración y eventuales auxiliares incluidos en la orden de compra), o para cualquier operación del proceso y/o ingeniería relacionada si esta no ha sido contratada, aprobada e incluida en el alcance del suministro de HTFI SAS y según orden de compra.

En caso de tener que presentar garantías de proceso, cualquier proceso presentado, o lodos a tratar por los equipos de HTFI SAS, deberán de ser sometidos previamente a un trabajo exhaustivo de pruebas, definiendo en base a estas pruebas los requisitos de acondicionamiento de lodos, dimensionado del equipo y otras necesidades de la instalación con el fin de garantizarse como un proceso adecuado.

NOTAS:

Acorde a la oferta presentada, indicamos:

- El precio cotizado incluye tres (3) juegos de manuales de operación y mantenimiento del equipo cotizado. Los manuales se suministran en idioma Castellano acorde al standard de TEFSA.
- Montajes, instalación y/o puesta en marcha de los equipos cotizados, así como otros servicios no especificados en la presente oferta, están excluidos o deben de estar especificados y cotizados por HTFI SAS por separado para su consideración y aprobación.

6. CONDICIONES COMERCIALES

TIEMPO DE ENTREGA	: 8-10 semanas desde fecha de pedido y recibo de anticipo a HTFI SAS
FORMA DE PAGO	: 50% Como anticipo a la firma del pedido, el cual será facturado posteriormente contra la entrega del equipo 50% Antes del despacho de los equipos, el cual será facturado.
VALIDEZ DE LA OFERTA	: Los precios cotizados son válidos para su aceptación por un período de 90 días desde la fecha de la propuesta.
SITIO DE ENTREGA MERCANCIA	: EXW-Barcelona», excluyendo impuestos y tasas locales en destino

Sin otro particular, por el momento nos suscribimos,

Cordialmente:

C. Forero
Ing. Carlos Forero
Gerente Comercial

C. Castillo
Claudia Castillo
Ing. Comercial y de Soporte.

FERREINOXIDABLES JADS

JHONATAN MAURICIO MONTEJO - NIT: 79.573.178
REGIMÉN SIMPLIFICADO
Carrera 26 No 12 A - 15 Ricaurte – TEL: 3057046509 - 3208534392
BOGOTA D.C. - COLOMBIA

Equipos para panadería, Estufas en diferentes estilos, Carros de Comidas Rápidas, Campanas y Cubiertas. TODO EN MUEBLES SOBRE MEDIDAS Y TODO LO RELACIONADO EN ACERO INOXIDABLE

Bogotá D.C, Marzo 09 de 2.017

Señores:

DAVID JIMENEZ y/o JORGE FUENTES

Teléfono: 3107215547 - 3008648716

Correo: edjt1214@hotmail.com / jorgefuentes4422@gmail.com

A continuación tenemos el gusto de cotizar los siguientes productos:

ELABORACION DE TANQUE TIPO MARMITA. MEDIDAS 250 DIAMETRO X 220 DE ALTURA, CONO INFERIOR SEGÚN MEDIDAS PLANO CON CAMISA, MANJOL DE INGRESO PARA MANTENIMIENTO MEDIDA DE 55 DE DIAMETRO CON TAPA DE SEGURIDAD, ELABORADA EN LAMINA DE 1/8" REF:304.

VALOR... ..\$27.000.000

FORMA DE PAGO: 50% ANTICPO – 50% CONTRA ENTREGA

TIEMPO DE FABRICACION: 15 DIAS HABLES UNA VEZ SEA RECIBIDO EL ANTICIPO

VALIDEZ DE LA OFERTA: 20 DIAS

GARANTIA: DE UN (1) AÑO POR DEFECTOS DE FABRICACION

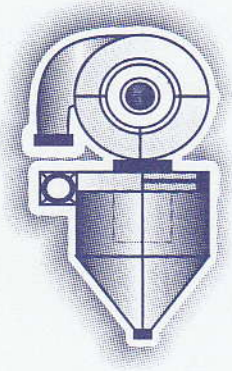
LA GARANTIA NO CUBRE DAÑOS OCASIONADOS POR EL MAL USO DEL PRODUCTO.

Cordialmente

JHONATAN MAURICIO MONTEJO

C.C. No. 79.573.178

TEL: 3057046509



SMB

SERVIMETALICAS BASTIDAS S.A.S

Estudio - Calculo - Diseño - Fabricación

Bogotá, Marzo 13 de 2017

Señores:
JORGE FUENTES
Ciudad

COTIZACION

Respetados Señores:
De acuerdo con su solicitud, tengo el gusto de cotizarle los siguientes implementos:

CANT	DESCRIPCION	VALOR UNIDAD
1	TANQUE AGITADOR SEGÚN ESPECIFICACIONES Y PLANOS DE DIAMETRO 1,90 X 5 MTS DE ALTO CON 6 PATAS EN HR MOTOREDUCTOR DE 9 HP A 90 RPM MARCA WEG ACOPLADO AL AGITADOR BASE EN HR CANAL DE 4" TANQUE EN AC INOX 3/16, CILINDRO Y CONO CHAQUETA EN LAM, CAL 12 O 14 AC INOX	63.000.000

CONDICIONES COMERCIALES: PRECIO MAS IVA DEL 19%

FORMA DE PAGO: 50% ANTICIPO
50% CONTRAENTREGA


ENTREGA: 60 DIAS HABILES

Se entrega en nuestras instalaciones, verificado y/o revisado por el cliente, a satisfacción

No incluye montajes, transporte ni envíos

Cordialmente,


MARCO TULIO BASTIDAS BASTIDAS
VENTAS

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016


AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES




Nosotros **Jorge Alberto Fuentes Espitia** y **Edgar David Jiménez Trujillo** en calidad de titulares de la obra **Propuesta de pretratamiento de Ftalato de Sodio en la empresa IQN S.A.S.**, elaborada en el año **2016**, autorizamos al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que nos corresponden y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autores manifestamos conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autores establecemos las siguientes condiciones de uso de nuestra obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

	Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial – compartir igual: permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	<input type="checkbox"/>

Licencias completas: http://co.creativecommons.org/?page_id=13

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a sus autores.

De igual forma como autores autorizamos la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

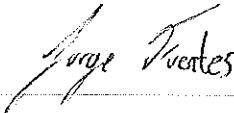
AUTORIZAMOS	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	X	
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación	X	

Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicaremos, en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO
		X

Para constancia se firma el presente documento en Bogotá D.C., a los 8 días del mes de Marzo del año 2017.

LOS AUTORES:

Autor 1

Nombres	Apellidos
Jorge Alberto	Fuentes Espitia
Documento de identificación No	Firma
1.022.389.235	

Autor 2

Nombres	Apellidos
Edgar David	Jiménez Trujillo
Documento de identificación No	Firma
1.030.636.525	