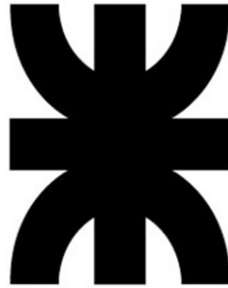


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA



Proyecto final de grado de Ingeniería Química

PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE  
CÁSCARAS DE CÍTRICOS

CONTI, Aldana

HUERTA, Sofía Belén

SALVATICO VIOLA, Pamela Lucia

Año 2019



FIRMA DE LAS ALUMNAS

CONTI, Aldana

Firma: \_\_\_\_\_

DNI: 37.439.414

HUERTA, Sofía

Firma: \_\_\_\_\_

DNI: 37.122.961

SALVATICO VIOLA, Pamela Lucia

Firma: \_\_\_\_\_

DNI: 37.438.290

Aceptado por Facultad Regional Villa María de la UTN, Villa María \_\_\_\_\_

APROBADA POR SU CONTENIDO Y ESTILO

Presidente del Tribunal: \_\_\_\_\_

Primer Miembro Vocal: \_\_\_\_\_

Segundo Miembro Vocal: \_\_\_\_\_

Nota final de aprobación: \_\_\_\_\_

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, queremos expresar nuestro agradecimiento al Ingeniero Rubén Baccifava quien fue nuestro guía y supervisor a lo largo de estos meses. Destacamos la ayuda del Ingeniero Miguel Rosa, quien atendió a nuestras consultas contribuyendo a la realización del proyecto.

De igual forma, agradecemos a la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Villa María por abrirnos sus puertas y darnos la oportunidad de formarnos como profesionales.

Gracias a nuestros padres y hermanos por ser el principal sostén, por creer en nosotras desde el primer día que comenzamos a transitar este camino, por incentivarnos con sus consejos y palabras de aliento a seguir adelante. A nuestros amigos por el cariño y el apoyo incondicional.

Finalmente, expresamos nuestro agradecimiento a todas las instituciones, empresas y personas que, de una forma u otra, fueron participes de nuestra formación durante este período.

## ÍNDICE

1. OBJETIVOS Y GENERALIDADES DEL PROYECTO .....	2
1.1 OBJETIVOS GENERALES DEL PROYECTO .....	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO .....	2
1.3 GENERALIDADES DEL PROYECTO .....	2
1.4 GENERALIDADES DEL PRODUCTO .....	3
1.4.1 Definición .....	3
1.4.2 Ventajas .....	3
1.4.3 Desventajas .....	3
1.4.4 Aplicaciones .....	4
1.5 DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA .....	4
1.5.1 Biomasa lignocelulósica .....	4
1.6 REFERENCIAS .....	7
2. ESTUDIO DE MERCADO .....	9
2.1 INTRODUCCIÓN .....	9
2.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE MERCADO .....	9
2.3 GENERALIDADES DEL PRODUCTO .....	9
2.4 ANÁLISIS DEL MERCADO MUNDIAL DE LA MATERIA PRIMA .....	10
2.4.1 Principales países productores .....	10
2.4.2 Producción mundial .....	10
2.4.3 Exportación mundial .....	11
2.4.4 Industrialización de la materia prima .....	12
2.5 ANÁLISIS DEL MERCADO ARGENTINO DE LA MATERIA PRIMA .....	13
2.5.1 Producción nacional de cítricos .....	13
2.5.2 Industrialización nacional de cítricos .....	14
2.5.2.1 Proyección de jugo concentrado .....	18
2.5.3 Exportación e importación nacional de cítricos .....	18
2.6 ANÁLISIS DEL MERCADO TEXTIL MUNDIAL .....	20
2.6.1 Producción mundial de fibras .....	21
2.6.2 Lyocell .....	24
2.6.3 Mercado mundial de algodón .....	24
2.6.4 Participación de Argentina en el mercado mundial .....	26

2.7 ANÁLISIS DEL MERCADO TEXTIL ARGENTINO .....	27
2.7.1 Cadena textil-indumentaria.....	27
2.7.2 Mercado del algodón .....	29
2.7.3 Distribución territorial: Producción primaria y desmote.....	29
2.7.4 Distribución territorial: Hilanderías y Tejedurías .....	30
2.7.5 Producción de algodón en Argentina .....	34
2.7.5.1 Proyección de la producción de algodón .....	35
2.7.6 Exportaciones de algodón .....	36
2.7.7 Importaciones de algodón.....	37
2.7.8 Evolución del precio del algodón .....	39
2.7.9 Análisis de la demanda insatisfecha.....	40
2.8 INSUMOS .....	41
2.8.1 Insumos de la extracción de celulosa .....	41
2.8.1.1 Hidróxido de sodio.....	42
2.8.1.2 Agua oxigenada .....	42
2.8.2 Insumo para la producción de lyocell.....	42
2.9 ANALISIS FODA .....	43
2.9.1 Conclusión del análisis FODA .....	44
2.10 CONCLUSIONES .....	44
2.11 REFERENCIAS .....	45
3. LOCALIZACIÓN.....	48
3.1 INTRODUCCIÓN.....	48
3.2 MACRO-LOCALIZACIÓN .....	48
3.2.1 Cribado .....	49
3.2.1.1 Disponibilidad de materia prima .....	49
3.2.1.2 Disponibilidad de zonas o mercados de consumo.....	49
3.2.1.3 Disponibilidad de transporte.....	50
3.2.1.4 Disponibilidad de parques industriales .....	51
3.2.1.5 Disponibilidad de mano de obra .....	52
3.3 MICRO-LOCALIZACIÓN .....	54

3.3.1 Disponibilidad de la materia prima, cantidad de fibra producida y costo del transporte.....	56
3.3.2 Disponibilidad de servicios, mano de obra y beneficios impositivos .....	59
3.3.3 Método de puntuaciones ponderadas .....	59
3.3.4 Infraestructura de la ciudad de Lules.....	61
3.4 CONCLUSIÓN .....	62
3.5 REFERENCIAS.....	63
4. CAPACIDAD.....	66
4.1 INTRODUCCIÓN.....	66
4.2 ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ALGODÓN .....	66
4.3 DEMANDA DE LA MATERIA PRIMA .....	67
4.5 CONCLUSIÓN .....	69
4.6 REFERENCIAS.....	70
5. SELECCIÓN DEL PROCESO.....	72
5.1 INTRODUCCIÓN.....	72
5.2 OBTENCIÓN DE CELULOSA .....	72
5.2.1 Extracción Mecánica .....	72
5.2.2 Extracción Química.....	73
5.2.2.1 Proceso Kraft.....	73
5.2.2.2 Proceso Soda.....	74
5.2.2.3 Proceso con Antraquinona.....	74
5.2.2.4 Proceso Santanocito .....	74
5.3 ANÁLISIS DE SELECCIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CELULOSA.....	75
5.4 DESARROLLO Y FABRICACIÓN DEL PROCESO SODA .....	77
5.4.1 Acondicionamiento de la materia prima .....	77
5.4.2 Impregnación .....	77
5.4.3 Digestión.....	77
5.4.4 Filtración .....	78
5.4.5 Lavado .....	78
5.4.5 Blanqueamiento y secado.....	78
5.4.5.1 Balance de masa.....	80
5.5 PROCESOS DE OBTENCIÓN DE LA FIBRA CELULÓSICA .....	80
5.5.1 Fibra Viscosa .....	80

5.5.2 Fibra Celca .....	82
5.5.3 Fibra Lyocell .....	82
5.6 ANÁLISIS DE SELECCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA FIBRA .....	83
5.7 DESARROLLO Y FABRICACIÓN DE FIBRAS LYOCELL .....	84
5.7.1 Condiciones de proceso .....	87
5.8 CONCLUSIÓN .....	87
5.9 REFERENCIAS.....	88
6. BALANCE DE MASA Y ENERGÍA .....	90
6.1 INTRODUCCIÓN.....	90
6.2 CONSIDERACIONES .....	90
6.3 BALANCES DE MASA Y ENERGÍA PARA PRODUCCIÓN DE PULPA DE CELULOSA... 92	
6.3.1 Molienda y tamizado.....	94
6.3.2 Impregnación .....	94
6.3.3 Digestión.....	95
6.3.3.1 Balance de masa .....	96
6.3.3.2 Balance de energía.....	97
6.3.4 Lavado .....	99
6.3.4.1 Balance de masa .....	99
6.3.4.2 Balance de energía.....	100
6.3.5 Blanqueo.....	101
6.3.5.1 Balance de masa .....	101
6.3.5.2 Balance de energía.....	103
6.3.6 Lavado .....	104
6.3.6.1 Balance de masa .....	104
6.3.6.2 Balance de energía.....	105
6.3.7 Deshidratado .....	106
6.3.8 Secado.....	107
6.3.8.1 Balance de masa .....	107
6.3.8.2 Balance de energía.....	107
6.4 BALANCE DE MASA Y ENERGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL .....	109
6.4.1 Mezclado .....	111



6.4.1.1 Balance de masa .....	111
6.4.1.2 Balance de energía .....	112
6.4.2 Disolución.....	112
6.4.2.1 Balance de masa .....	112
6.4.2.2 Balance de energía .....	113
6.4.3 Extracción y filtración .....	115
6.4.3.1 Balance de masa .....	115
6.4.3.2 Balance de energía .....	116
6.4.5 Extrusión.....	117
6.4.6 Baño de coagulación.....	118
6.4.6.1 Balance de masa .....	118
6.4.6.2 Balance de energía .....	119
6.4.7 Lavado .....	119
6.4.7.1 Balance de masa .....	120
6.4.7.2 Balance de energía .....	121
6.4.8 Secado .....	122
6.4.8.1 Balance de masa .....	122
6.4.8.2 Balance de energía .....	122
6.4.9 Recuperación de NMMO .....	123
6.4.9.1 Balance de masa .....	124
6.4.9.2 Balance de energía .....	125
6.5 REFERENCIAS.....	128
7. DISEÑO Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS .....	132
7.1 INTRODUCCIÓN.....	132
7.2 RECEPCIÓN, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE MATERIA PRIMAS E INSUMOS .....	132
7.2.1 Recepción de materia prima .....	132
7.2.2 Transporte de materia prima a molino M-01.....	132
7.2.3 Transporte desde el molino M-01 a los reactores R-01 a R-06.....	136
7.2.4 Transporte desde el secador S-02 a tanque auxiliar A-08.....	137
7.3 ADOPCIÓN DE EQUIPOS.....	138

7.3.1 Molino de martillos M-01 .....	138
7.3.2. Deshidratador S-01 .....	140
7.3.3 Secador S-02 .....	141
7.3.4 Filmtruder R-08.....	142
7.3.5 Línea de extrusión e hilatura C-01, C-02 y S-03 .....	144
7.3.6 Filtro de cartuchos F-01 .....	146
7.3.7 Evaporador de doble efecto E-01 y E-02 .....	148
7.4 DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES.....	151
7.4.1 Tanque pulmón regulador de caudal de solución NaOH T-01 y T-02 .....	151
7.4.2 Tanque regulador de caudal de peróxido de hidrógeno para blanqueo T-03	152
7.4.3 Tanque pulmón de regulación de caudal de NMMO para extracción T-04 y T-05 .....	153
7.4.4 Tanque auxiliar de mezclado A-08.....	153
7.4.5 Tanque de regulación de caudal de mezclado de NMMO para recuperación A-09 .....	154
7.4.6 Diseño de tanque de regulación de caudal de NMMO recuperado T-06 .....	154
7.5 DISEÑO REACTORES R-01 A R-06.....	155
7.5.1 Cálculo del volumen de reacción .....	156
7.5.2 Cálculo de las dimensiones del reactor .....	156
7.5.3 Selección del material de construcción.....	157
7.5.4 Cálculo del espesor de la carcasa cilíndrica.....	158
7.5.6 Tapa y fondo del reactor .....	159
7.5.6.1 Cálculo del espesor.....	159
7.5.7 Adopción de tuberías .....	161
7.5.8 Refuerzo de aberturas en las paredes.....	162
7.5.9 Sensores .....	165
7.5.10 Sistema de agitación.....	165
7.5.10.1 Calculo de las dimensiones del sistema de agitación.....	166
7.5.10.2 Cálculo de potencia.....	167
7.5.10.3 Adopción de motor eléctrico y caja reductora. ....	167_Toc26187337
7.5.11 Aislante térmico .....	168
7.5.11.1 Material .....	168
7.5.11.2 Cálculo del aislante.....	168

7.6 DISEÑO REACTOR R-07 .....	170
7.6.1 Cálculo del volumen de reacción .....	170
7.6.2 Calculo de las dimensiones del reactor .....	171
7.6.3 Selección del material de construcción.....	172
7.6.4 Cálculo del espesor de la carcasa cilíndrica.....	172
7.6.5 Tapa y fondo del reactor .....	173
7.6.5.1 Cálculo del espesor.....	173
7.6.6 Adopción de tuberías .....	175
7.6.6.1 Sensores .....	176
7.6.7 Sistema de agitación.....	176
7.6.7.1 Calculo de las dimensiones del sistema de agitación .....	177
7.6.7.2 Cálculo de potencia .....	178
7.6.7.3 Adopción de motor eléctrico y caja reductora .....	178
Coaxial de Engranaje Helicoidal .....	179
7.6.8 Aislante térmico .....	179
7.6.8.1 Material.....	179
7.6.8.2 Cálculo del aislante.....	179
7.7 CÁLCULO Y ADOPCIÓN DE BOMBAS .....	180
7.8 REFERENCIAS.....	197
8. SERVICIOS AUXILIARES .....	200
8.1 INTRODUCCIÓN.....	200
8.2 SERVICIO DE AGUA.....	200
8.2.1 Tanque principal de almacenamiento de agua .....	201
8.2.2 Adopción de las bombas necesarias .....	201
8.2.3 Sistema de cañerías para el abastecimiento de agua .....	203
8.2.4 Sistema de limpieza CIP .....	203
8.2.4.1 Funcionamiento CIP.....	204
8.2.4.2 Limpieza CIP adoptada .....	205
8.2.4.3 Cálculo de la bomba para la limpieza CIP .....	207
8.3 SERVICIO DE VAPOR .....	208
8.3.1 Adopción de la caldera.....	209

8.4 SERVICIO DE AIRE CALIENTE .....	211
8.5 SERVICIO DE GAS NATURAL .....	212
8.6 SERVICIO DE ELECTRICIDAD .....	213
8.6.1 Descripción de la instalación eléctrica .....	213
8.6.1.1 Tableros.....	213
8.6.1.2 Toma corriente .....	214
8.6.1.3 Conductores eléctricos .....	214
8.6.2 Consumo de energía eléctrica de los equipos .....	215
8.6.3 Consumo de energía eléctrica en iluminaria .....	216
8.6.3.1 Nivel de iluminación necesario para cada ambiente.....	216
8.6.3.2 Selección del tipo de lámparas.....	217
8.6.3.3 Numero de lámparas y consumo eléctrico .....	217
8.7 REFERENCIAS.....	221
9. OBRAS CIVILES .....	223
9.1 INTRODUCCIÓN.....	223
9.2 REQUISITOS DE ESPACIO.....	223
9.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTABLECIAMIENTO. ....	224
9.4 DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS.....	225
9.4.1 Producción pulpa de celulosa.....	228
9.4.1.1 Celulosa I.....	228
9.4.1.2 Celulosa II.....	228
9.4.2 Producción de fibra textil.....	229
9.4.2.1 Fibra textil I.....	229
9.4.2.2 Fibra textil II.....	229
9.4.3 Materia prima .....	229
9.4.4 Insumos celulosa .....	229
9.4.5 Insumos fibra textil .....	230
9.4.6 Sala de calderas.....	230
9.4.7 Limpieza CIP.....	230
9.4.8 Taller de mantenimiento .....	230
9.4.9 Sala control PLC.....	231
9.4.10 Comedor .....	231

9.4.11 Vestuarios y baños .....	231
9.4.12 Tratamiento de efluentes .....	232
9.4.13 Sectores adicionales .....	232
10. CONTROL DE CALIDAD .....	234
10.1 INTRODUCCIÓN.....	234
10.2 CONTROL EN MATERIAS PRIMAS E INSUMOS .....	234
10.3 CONTROLES DE CALIDAD DEL PROCESO PRODUCTIVO .....	235
10.3.1 Procedimiento frente a una variable fuera de los valores límites. ....	240
10.4 ANÁLISIS DEL PRODUCTO TERMINADO .....	240
10.4.1 Sistema de gestión de calidad ISO 9001. Producto no conforme.....	241
10.5 REGISTROS .....	241
10.6 REFERENCIAS .....	242
11. TRATAMIENTO DE EFLUENTES.....	244
11.1 INTRODUCCIÓN.....	244
11.2 NORMATIVA SOBRE EL VERTIDO DE EFLUENTES .....	244
11.3 TIPOS DE TRATAMIENTOS.....	245
11.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS EFLUENTES DE LA PLANTA.....	245
11.5 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES.....	246
11.5.1 Tratamiento primario .....	247
11.5.1.1 Diseño del tanque de neutralización .....	247
11.5.2 Tratamiento secundario.....	247
11.5.2.1 Diseño de la laguna de estabilización del tipo facultativas. ....	248
11.6 REFERENCIAS .....	250
12. ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL.....	252
12.1 INTRODUCCIÓN.....	252
12.2 NATURALEZA JURÍDUCA DE LA EMPRESA.....	252
12.3 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA .....	252
12.3.1 Gerencia general .....	253
12.3.2 Departamento de producción.....	254
12.3.3 Departamento de mantenimiento .....	254
12.3.4 Departamento de calidad .....	254
12.3.5 Departamento administrativo.....	255

12.3.6 Departamento comercial .....	255
12.3.7 Responsable de higiene y seguridad .....	255
12.4 DESCRIPCION DE LOS PUESTOS DE TRABAJO .....	255
12.4.1 Jefe de departamento de producción de TECOTEX S.A .....	256
12.4.2 Jefes de planta.....	256
12.4.3 Supervisores .....	257
12.4.4 Operarios.....	257
12.4.5 Jefe de laboratorio y control de calidad de TECOTEX S.A .....	257
12.4.6 Auxiliar de calidad .....	258
12.4.7 Auxiliares de otras áreas .....	258
12.5 ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	258
12.6 CANTIDAD DE PERSONA Y TURNOS DE TRABAJO .....	259
12.7 REFERENCIAS .....	261
13. ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO.....	263
13.1 INTRODUCCIÓN.....	263
13.2 INVERSIÓN.....	263
13.2.1 Activos fijos .....	264
13.2.1.1 Instalaciones civiles .....	264
13.2.1.2 Equipos industriales y adicionales.....	265
13.2.1.3 Bombas.....	266
13.2.1.4 Tuberías y accesorios.....	267
13.2.1.5 Mobiliario.....	267
13.2.1.6 Resumen de activos fijos.....	268
13.2.2 Activos nominales.....	269
13.2.3 Capital de trabajo .....	270
13.2.4 Inversión necesaria.....	270
13.3 ANÁLISIS DE LOS COSTOS.....	271
13.3.1 Costos variables .....	272
13.3.1.1 Materia prima e insumos .....	272
13.3.1.2 Servicios.....	272
13.3.1.3 Mano de obra directa .....	272
13.3.1.4 Gastos de comercialización .....	273
13.3.1.5 Resumen de costos variables .....	273

13.3.2 Costos fijos.....	274
13.3.2.1 Mano de obra indirecta .....	274
13.3.2.2 Seguros e impuestos y gastos administrativos .....	274
13.3.2.3 Puesta en marcha.....	274
13.3.2.4 Depreciaciones y amortizaciones .....	275
13.3.2.5 Costo financiero .....	275
13.3.2.6 Resumen de costos fijos.....	276
13.4 COSTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN .....	277
13.5 INGRESO POR VENTA .....	279
13.6 EVALUACIÓN ECONOMICA DEL PROYECTO.....	279
13.6.1 Estado de resultados.....	280
13.6.2 Valor Actual Neto (VAN) .....	282
13.6.3 Tasa Interna de Retorno (TIR).....	282
13.6.4 Período de recupero de la inversión (PRI) .....	282
13.7 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	283
13.8 CONCLUSIONES .....	284
13.9 REFERENCIAS .....	286
CONCLUSIONES .....	290
ANEXO .....	293

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Principales productores de cítricos a nivel mundial. Cantidades expresadas en miles de toneladas. Fuente: Elaboración propia en base a Federcitrus. ....	10
Tabla 2 - Producción mundial de cítricos en toneladas. ....	11
Tabla 3 - Exportaciones de cítricos a nivel mundial en toneladas.....	12
Tabla 4 - Industrialización de cítricos a nivel mundial.....	13
Tabla 5 - Producción nacional de cítricos expresada en toneladas. ....	14
Tabla 6 - Cantidad de cítricos industrializados expresada en toneladas. ....	15
Tabla 7 - Cantidad de jugo concentrado producido expresada en toneladas. ....	15
Tabla 8 - Cantidad de cascaras deshidratadas expresadas en toneladas. ....	16
Tabla 9 - Principales empresas productoras e industrializadoras de cítricos. ....	17
Tabla 10 - Exportación nacional de cítricos. ....	19
Tabla 11 - Cantidad de importaciones de cítricos.....	20
Tabla 12 - Principales países productores a nivel mundial. ....	25
Tabla 13 - Participación de Argentina en el mercado mundial en 2015.....	26
Tabla 14 – Principales empresas productoras de productos afines a fibras celulósicas.	33
Tabla 15 - Producción, importación, consumo y exportación, en toneladas, de algodón en Argentina entre 2007 y 2017. Fuente: Camara Algodonera Argentina. ....	35
Tabla 16 - Destinos de las exportaciones de algodón en 2016. ....	37
Tabla 17 - Origen de las importaciones de algodón por producto en 2016. ....	39
Tabla 18 - Demanda insatisfecha del algodón en toneladas.....	40
Tabla 19 - Cantidad estimada de producción de fibra celulósica en toneladas.....	41
Tabla 20 - Productores de hidróxido de sodio en Argentina. ....	42
Tabla 21 - Principales productores de NMMO a nivel mundial. Fuente: Chemical Book. ....	43
Tabla 22 - Análisis FODA. ....	43
Tabla 23 - Disponibilidad de la materia prima. ....	49
Tabla 24 - Zonas de consumo. ....	50
Tabla 25 - Disponibilidad de transporte. ....	51
Tabla 26 - Disponibilidad de parques industriales. Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Producción y Trabajo. ....	52
Tabla 27 - Disponibilidad de mano de obra.....	53
Tabla 28 - Estimación del costo para transportar la cáscara a Santista Argentina.....	57
Tabla 29 - Estimación del costo para transportar la cáscara a Santista Argentina.....	57
Tabla 30 - Estimación del costo para transportar la cáscara a TN & Platex. ....	58



Tabla 31 - Estimación del costo para transportar la cáscara a TN & Platex. ....	58
Tabla 32 - Estimación del costo para transportar la cáscara a TN 6 Platex. ....	58
Tabla 33 - Estimación del costo para transportar la cáscara a Tecotex.....	58
Tabla 34 - Estimación del costo para transportar la cáscara a Tecotex.....	58
Tabla 35 - Estimación del costo para transportar la cáscara a Tecotex.....	59
Tabla 36 - Estimación del costo para transportar la cáscara a Tecotex.....	59
Tabla 37 - Método de las puntuaciones ponderadas. ....	60
Tabla 38 - Cáscara necesaria para la demanda insatisfecha.....	66
Tabla 39 - Proyección de la producción de jugo concentrado.....	67
Tabla 40 - Análisis de ventajas y desventajas para la selección del proceso. Fuente: Elaboración propia. ....	76
Tabla 41 – Descripción de los diferentes agentes blanqueantes. ....	79
Tabla 42 - Análisis de ventajas y desventajas para la selección del proceso. Fuente: Elaboración propia. ....	83
Tabla 43 – Comparación de condiciones de proceso para las distintas etapas. Fuente: Elaboración propia. ....	87
Tabla 44 - Diagrama de Gantt. ....	90
Tabla 45 - Capacidad productiva. ....	90
Tabla 46 - Operaciones del proceso y duración de las mismas. ....	91
Tabla 47 - Balance de masa general del proceso. ....	91
Tabla 48 - Tabla de referencia de los equipos involucrados en la obtención de pulpa celulósica. ....	92
Tabla 49 - Balance de componentes para la disolución de NaOH.....	95
Tabla 50 - Balance de componentes para la etapa de impregnación. ....	95
Tabla 51 - Balance de componentes para la disolución de NaOH.....	96
Tabla 52 - Balance de componentes para la etapa de reacción química. ....	97
Tabla 53 - Características de los componentes involucrados en la digestión. ....	98
Tabla 54 - Características del vapor necesario para la digestión. ....	98
Tabla 55 - Balance de energético del reactor. ....	98
Tabla 56 - Balance de componentes para la etapa de lavado. ....	100
Tabla 57 - Características de los componentes involucrados en el lavado. ....	100
Tabla 58 - Balance energético del lavado. ....	101
Tabla 59 - Balance de componentes para la etapa de blanqueo. ....	102
Tabla 60 - Características de los componentes involucrados en el blanqueo. ....	103
Tabla 61 - Características del vapor necesario para el blanqueo.....	103

Tabla 62 - Balance de energético del blanqueo. ....	103
Tabla 63 - Balance de componentes para la etapa de lavado. ....	104
Tabla 64 - Características de los componentes involucrados en el lavado. ....	105
Tabla 65 - Balance energético del lavado. ....	105
Tabla 66 - Balance de componentes para la etapa de deshidratado. ....	106
Tabla 67 - Balance de componentes para la etapa de secado. ....	107
Tabla 68 - Características de los componentes involucrados en el secado. ....	108
Tabla 69 - Características del aire utilizado para el secado. ....	108
Tabla 70 - Balance energético del secado. ....	108
Tabla 71 - Tabla de referencia de los equipos involucrados en la obtención de la fibra textil. ....	109
Tabla 72 - Balance de componentes para la etapa de mezclado. ....	111
Tabla 73 - Características de los componentes involucrados en el mezclado. ....	112
Tabla 74 - Balance de componentes para la etapa de disolución. ....	113
Tabla 75 - Características de los componentes involucrados en la disolución. ....	114
Tabla 76 - Características del vapor necesario para la disolución. ....	114
Tabla 77 - Balance de energético de la disolución. ....	114
Tabla 78 - Balance de componentes para la etapa de extracción. ....	116
Tabla 79 - Características de los componentes involucrados en la extracción. ....	117
Tabla 80 - Características del vapor necesario para la extracción. ....	117
Tabla 81 - Balance de energético de la extracción. ....	117
Tabla 39 - Balance de componentes para el baño de coagulación. ....	118
Tabla 83 - Características de los componentes involucrados en el baño de coagulación. ....	119
Tabla 84 - Balance de energético del baño de coagulación. ....	119
Tabla 85 - Balance de componentes para el lavado. ....	120
Tabla 86 - Características de los componentes involucrados en el lavado. ....	121
Tabla 87 - Balance de energético del lavado. ....	121
Tabla 88 - Balance de componentes para el secado. ....	122
Tabla 46 - Características de los componentes involucrados en el secado. ....	123
Tabla 47 - Características del vapor necesario para el secado. ....	123
Tabla 48 - Balance de energético para el secado. ....	123
Tabla 92 - Balance de componentes para el mezclado en la recuperación de NMMO. ....	124
Tabla 93 - Balance de componentes para la filtración en la recuperación de NMMO. ....	125

Tabla 94 - Balance de componentes para la evaporación en la recuperación de NMMO. .....	125
Tabla 95 - Características de los componentes involucrados del mezclado en la recuperación de NMMO. ....	126
Tabla 96 - Balance de energético del mezclado en la recuperación de NMMO.....	126
Tabla 97 - Datos y cálculos de las corrientes para el balance.....	127
Tabla 98 - Cálculos determinados a partir del balance de energía. ....	127
Tabla 99 - Calores transmitidos.....	127
Tabla 100 – Equipos para diseño y adopción. ....	132
Tabla 101 – Datos necesarios para el cálculo del sinfín. ....	134
Tabla 102 – Dimensiones del sinfín adoptado. ....	134
Tabla 103 – Datos necesarios para el cálculo del sinfín inclinado.....	135
Tabla 104 - Dimensiones del sinfín inclinado adoptado. ....	136
Tabla 105 - Datos necesarios para el cálculo del sinfín.....	136
Tabla 106 - Dimensiones del sinfín inclinado adoptado. ....	137
Tabla 107 - Dimensiones del sinfín adoptado. ....	137
Tabla 108 - Datos necesarios para el cálculo del sinfín inclinado. ....	138
Tabla 109 - Dimensiones del sinfín inclinado adoptado. ....	138
Tabla 110 - Características del molino de martillos adoptado. ....	140
Tabla 111 - Características del deshidratador adoptado. ....	141
Tabla 112 - Características del secador adoptado. ....	142
Tabla 113 - Características del filmtruder adoptado. ....	144
Tabla 114 - Características de la línea textil adoptada.....	146
Tabla 115 - Características del filtro adoptado. ....	147
Tabla 116 - Características del cartucho de filtración adoptado. ....	147
Tabla 117 - Datos y cálculos de las corrientes necesarias.....	149
Tabla 118 - Cálculos determinados a partir del balance de energía.....	149
Tabla 119 - Cálculo del área de cada evaporador. ....	150
Tabla 120 - Características del evaporador doble efecto adoptado. ....	151
Tabla 121 - Características de los tanques pulmón de NaOH adoptados.....	152
Tabla 122 - Características del tanque de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> adoptado.....	152
Tabla 123 - Características de los tanques pulmón de NMMO adoptado. ....	153
Tabla 124 - Características del tanque de mezclado adoptado. ....	154
Tabla 125 - Características del tanque de NMMO para la recuperación adoptado. ....	154
Tabla 126 - Características del tanque del NMMO recuperado.....	155

Tabla 127 - Características del lote. ....	156
Tabla 128 - Volumen real del reactor. ....	156
Tabla 129 - Características del digestor. ....	157
Tabla 130 - Datos de trabajo. ....	158
Tabla 131 - Determinación del espesor del cilindro. ....	159
Tabla 132 - Determinación del espesor de la tapa y el fondo. ....	160
Tabla 133 - Dimensiones de la tapa y el fondo. ....	161
Tabla 134 - Tubería de alimentación. ....	161
Tabla 135 - Tubería de insumos. ....	161
Tabla 136 - Tubería de vapor. ....	161
Tabla 137 - Tubería de producto. ....	162
Tabla 138 - Refuerzo tubería de alimentación. ....	163
Tabla 139 - Refuerzo tubería de vapor. ....	163
Tabla 140 - Refuerzo tubería de insumos. ....	164
Tabla 141 - Refuerzos tuberías de productos. ....	164
Tabla 142 - Factores de forma. ....	166
Tabla 143 - Características del sistema de agitación. ....	166
Tabla 144 - Resultados obtenidos para la potencia del agitador. ....	167
Tabla 145 - Características del motor y la caja reductora adoptados. ....	168
Tabla 146 - Características del aislante térmico. ....	169
Tabla 147 - Determinación de la masa de vapor perdida. ....	170
Tabla 148 - Características del lote. ....	170
Tabla 149 - Volumen real del reactor. ....	171
Tabla 150 - Características del reactor de blanqueo. ....	171
Tabla 151 - Determinación del espesor del cilindro. ....	172
Tabla 152 - Datos de trabajo. ....	173
Tabla 153 - Determinación del espesor de la tapa y el fondo. ....	174
Tabla 154 - Dimensiones de la tapa y el fondo. ....	175
Tabla 155 - Tubería de alimentación. ....	175
Tabla 156 - Tubería de insumos. ....	175
Tabla 157 - Tubería de vapor. ....	175
Tabla 158 - Tubería de producto. ....	176
Tabla 159 - Factores de forma. ....	177
Tabla 160 - Características del sistema de agitación. ....	177
Tabla 161 - Resultados obtenidos para la potencia del agitador. ....	178

Tabla 162 - Características del motor y la caja reductora. ....	179
Tabla 163 - Características del aislante térmico.....	180
Tabla 164 - Determinación de la masa de vapor perdida. ....	180
Tabla 165 - Resumen de las bombas adoptadas.....	181
Tabla 166 - Adopción de la bomba B-01 .....	184
Tabla 167 - Adopción de la bomba B-02 .....	185
Tabla 168 - Adopción de la bomba B-03 .....	186
Tabla 169 - Adopción de la bomba B-04 .....	187
Tabla 170 - Adopción de la bomba B-05 .....	188
Tabla 171 - Adopción de la bomba B-06 .....	189
Tabla 172 - Adopción de la bomba B-08 .....	190
Tabla 173 - Adopción de la bomba B-09 .....	191
Tabla 174 - Adopción de la bomba B-10 .....	192
Tabla 175 - Adopción de la bomba B-11 .....	193
Tabla 176 - Adopción de la bomba B-12 .....	194
Tabla 177 - Adopción de la bomba B-13 .....	195
Tabla 178 - Adopción de la bomba B-14 .....	196
Tabla 179 - Consumo de agua por equipo. ....	200
Tabla 180 - Dimensiones calculadas para el tanque de agua. ....	201
Tabla 181 - Adopción de la bomba B-07 .....	202
Tabla 182 - Adopción de la bomba B-15 .....	203
Tabla 183 - Boquilla de aspersión para limpieza CIP de digestores. ....	205
Tabla 184 - Boquilla de aspersión para limpieza CIP del banqueo.....	206
Tabla 185 - Tiempos y caudales de limpieza CIP. ....	206
Tabla 186 - Dimensiones calculadas para los tanques de limpieza CIP. ....	207
Tabla 187 - Adopción de la bomba de limpieza CIP. ....	208
Tabla 188 - Consumo de vapor diario por operación. ....	209
Tabla 189 - Condiciones del vapor requerido en cada equipo.....	209
Tabla 190 – Características de las corrientes para el cálculo del vapor.....	210
Tabla 191 – detalles técnicos y constructivos de la caldera seleccionada.....	210
Tabla 192 – Características generales del generador de aire adoptado. ....	212
Tabla 193 – Consumo de gas natural.....	213
Tabla 194 – Consumo de energía eléctrica por equipo. ....	215
Tabla 195 – Consumo de energía eléctrica de las bombas. ....	215
Tabla 196 - Nivel de iluminación según la tarea a realizar. ....	216

Tabla 197 - Cálculo del número de lámparas. ....	219
Tabla 198 - Consumo eléctrico en iluminarias. ....	220
Tabla 199 - Dimensiones de las áreas requeridas. ....	226
Tabla 200 - Plan de calidad para la materia prima e insumos. Fuente: Elaboración propia. .....	235
Tabla 201 - Plan de calidad del proceso productivo. Fuente: Elaboración propia. ....	237
Tabla 202 - Parámetros exigidos al producto final. Fuente: Elaboración propia. ....	240
Tabla 203 - Límites para el vertido de aguas. (Diputados, 2007).....	244
Tabla 204 - Composición de efluentes del proceso productivo. Fuente: Elaboración propia.....	246
Tabla 205 - Parámetros de diseño de la laguna. Fuentes: Elaboración propia. ....	248
Tabla 206 - Dimensiones de la laguna. Fuente: Elaboración propia. ....	249
Tabla 207 - Parámetros operativos del proceso. ....	258
Tabla 208 - Personal de la planta. ....	259
Tabla 209 - Turnos rotativos para operarios de producción. ....	260
Tabla 210 - Estimación de costo en instalaciones civiles.....	265
Tabla 211 - Estimación de costo en equipos industriales y adicionales. ....	266
Tabla 212 - Estimación de costo en bombas. ....	267
Tabla 213 - Estimación de costo en tuberías y accesorios.....	267
Tabla 214 - Estimación de costo en mobiliario.....	268
Tabla 215 - Estimación de costos en activos fijos. ....	268
Tabla 216 - Estimación de costos en activos nominales.....	269
Tabla 217 - Inversión total necesaria. ....	271
Tabla 218 - Clasificación de costos .....	271
Tabla 219 - Estimación de costos en materia prima e insumos.....	272
Tabla 220 - Estimación de costos en servicios.....	272
Tabla 221 - Estimación de costos en mano de obra directa. ....	273
Tabla 222 - Resumen de costos variables. ....	273
Tabla 223 - Estimación de costos en mano de obra indirecta.....	274
Tabla 224 - Estimación de costos en depreciación/amortización.....	275
Tabla 225 - Características del préstamo solicitado.....	276
Tabla 226 - Resumen de costos fijos.....	277
Tabla 227 – Estimación del costo total de producción. ....	278
Tabla 228 - Estimación del costo unitario. ....	278
Tabla 229 – Margen de beneficio.....	279

Tabla 230 - Ingresos por ventas.....	279
Tabla 231 - Estado de resultado.....	281
Tabla 232 – Estado de resultados.....	281

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Diferentes formas de presentación del lyocell.....	3
Figura 2 - Desechos cítricos. ....	4
Figura 3 - Esquema de la pared celular. ....	5
Figura 4 - Estructura química de la celulosa.....	5
Figura 5 - Cadena textil e indumentaria.....	27
Figura 6 - Mapa de empleo en la rama de productos textiles. ....	31
Figura 7 - Mapa de empresas de productos textiles. ....	32
Figura 8 - Disponibilidad de la materia prima. ....	49
Figura 9 - Zonas de consumo. Fuente: Elaboración propia.....	50
Figura 10 - Disponibilidad de transporte. Fuente: Elaboración propia.....	51
Figura 11 - Disponibilidad de parques industriales. Fuente: Elaboración propia.....	52
Figura 12 - Disponibilidad de mano de obra.....	53
Figura 13 - Posibles zonas de macro-localización.....	53
Figura 14 - Ubicación de las empresas productoras de jugo e hilanderías. ....	56
Figura 15 - Ubicación satelital de la planta de Tecotex. ....	61
Figura 16 - Diagrama de flujo del proceso Kraft. Fuente: Elaboración propia en base a (Criollo Llimiugsi, 2018).....	73
Figura 17 - Diagrama de flujo del proceso Santanocito. Fuente: Elaboración propia en base a (Italia Patente nº US 9771435 B2, 2017). ....	75
Figura 18 - Diagrama de flujo del proceso sosa. Fuente: Elaboración propia en base a (Guarnizo, 2016). ....	80
Figura 19 - Diagrama de flujo de fibra Viscosa. Fuente: Elaboración propia en base a (Carrillo Navarrete, 2002).....	81
Figura 20 - Diagrama de flujo de fibra Celca. Fuente: Elaboración propia en base a (Carrillo Navarrete, 2002).....	82
Figura 21 - N-óxido de N-metilmorfolina. Fuente: (Carrillo Navarrete, 2002). ....	84
Figura 22 - NMMO monohidratado. Fuente: (Carrillo Navarrete, 2002).....	84
Figura 23 - Diagrama de flujo de Lyocell. Fuente: Elaboración propia en base a (Carrillo Navarrete, 2002).....	85

Figura 24 - Esquema representativo del proceso NMMO. Fuente: (Carrillo Navarrete, 2002). .....	85
Figura 25 - Esquema representativo del proceso general de producción de la pulpa de celulosa. ....	93
Figura 26 - Esquema representativo de la molienda.....	94
Figura 27 - Esquema representativo de la disolución de NaOH y de la impregnación..	94
Figura 28 - Esquema representativo de la disolución de NaOH y de la digestión. ....	96
Figura 29 - Esquema representativo del lavado. ....	99
Figura 30 . Esquema representativo del blanqueo. ....	101
Figura 31 - Esquema representativo del lavado. ....	104
Figura 32 - Esquema representativo del deshidratado.....	106
Figura 33 - Esquema representativo del secado. ....	107
Figura 34 - Esquema representativo del proceso general de producción de fibra textil. ....	110
Figura 35 - Esquema representativo del mezclado. ....	111
Figura 36 - Esquema representativo de la disolución. ....	112
Figura 37 - Esquema representativo de la extracción. ....	115
Figura 38 - Esquema representativo de la extrusión. ....	118
Figura 39 - Esquema representativo del baño de coagulación. ....	118
Figura 40 - Esquema representativo de la mezcla de aguas y del lavado.....	120
Figura 41 - Esquema representativo del secado. ....	122
Figura 42 – Esquema representativo de las etapas involucradas en la recuperación de NMMO. ....	124
Figura 43 - Funcionamiento del sinfín.....	133
Figura 44 - Esquema ilustrativo del sinfín adoptado. ....	133
Figura 45 - Esquema ilustrativo del sinfín inclinado.....	135
Figura 46 - Molino de martillos adoptado.....	139
Figura 47 – Molino de martillos adoptado. ....	139
Figura 48 - Dimensiones del molino de martillo adoptado.....	140
Figura 49 – Esquema ilustrativo del cuerpo del deshidratador.....	141
Figura 50 - Representación del funcionamiento del secador.....	142
Figura 51 - Esquema ilustrativo del secador adoptado. ....	142
Figura 52 - Representación del funcionamiento del filmtruder.....	143
Figura 53 - Representación del funcionamiento del filmtruder.....	143
Figura 54 - Esquema ilustrativo del filmtruder adoptado.....	144



Figura 55 - Esquema ilustrativo de la línea textil adoptada. ....	145
Figura 56 - Esquema ilustrativo de partes de la línea textil adoptada.....	145
Figura 57 - Representación del filtro adoptado. ....	146
Figura 58 - Representación del cartucho de filtración adoptado. ....	147
Figura 59 - Esquema ilustrativo del evaporador doble efecto adoptado.....	151
Figura 60 - Representación del reactor tanque agitado. ....	155
Figura 61 - Esquema representativo de dimensiones de la tapa y el fondo.....	159
Figura 62 - Perfil de flujo del sistema de agitación.....	165
Figura 63 - Agitador de turbina. ....	165
Figura 64 – Esquema representativo del reactor tanque agitado diseñado. ....	166
Figura 65 - Agitador de turbina. ....	176
Figura 66 - Perfil de flujo del agitador de turbina. ....	176
Figura 67 - Esquema representativo del reactor tanque agitado diseñado.....	177
Figura 68 - Boquilla TankJet ® 63225. Fuente: Catálogo de Spraying System .....	205
Figura 69 - Boquilla TankJet ® D41800F. Fuente: Catálogo de Spraying System. ....	206
Figura 70 – Modelo HC-HF de caldera adoptada. Fuente: Calderas Fontanet S.A. ....	211
Figura 71 – Modelo de generador adoptado. Fuente: American Buerners.....	212
Figura 72 - Representación de las dimensiones. ....	218
Figura 73 - Vista aérea del predio general de TECOTEX S.A. Fuente: Google Earth ..	224
Figura 74 - Terreno seleccionado para construir la planta de producción de fibra textil. Fuente: Google Earth .....	225
Figura 75 - Esquema representativo de las áreas de la planta.....	227
Figura 76 - Organigrama resumido de TECOTEX. ....	253
Figura 77 – Organigrama de la planta de producción de pulpa de celulosa y fibra textil. .....	256
Figura 78 - Componentes de la inversión.....	264

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Producción mundial de cítricos en tonelada. ....	11
Gráfico 2 - Exportación de cítricos a nivel mundial.....	12
Gráfico 3 - Producción nacional de cítricos en toneladas.....	14
Gráfico 4 - Comparación de cantidad total industrializada con jugo concentrado y cascara deshidratada. Fuente: Elaboración propia en base a Federcitrus. ....	17
Gráfico 5 - Proyección de la materia prima. ....	18
Gráfico 6 - Producción, exportación e importación nacional de cítricos.....	20

Gráfico 7 - Producción mundial de fibra 1980-2025. ....	21
Gráfico 8 - Consumo mundial de fibras en 2015. ....	22
Gráfico 9 - Producción de fibras sintéticas y artificiales. ....	22
Gráfico 10 - Principales países productores de fibra celulósica. ....	23
Gráfico 11 - Principales países y regiones productoras de viscosa en 2015. ....	23
Gráfico 12 - Principales países exportadores de fibra de algodón en 2015. ....	26
Gráfico 13 Principales países importadores de fibra de algodón en 2015. ....	26
Gráfico 14. Distribución territorial de la producción primaria 2015. ....	30
Gráfico 15 - Distribución territorial de la producción de productos textiles en 2014. ...	31
Gráfico 16 - Producción, importación, exportación y consumo de algodón en Argentina. Fuente: Elaboración propia en base a la Cámara Algodonera Argentina. ....	35
Gráfico 17 - Proyección de la producción de algodón. ....	36
Gráfico 18 - Evolución de la exportación por producto. ....	37
Gráfico 19 - Evolución de las importaciones por producto. ....	38
Gráfico 20 - Evolución del precio internacional e interno de la fibra de algodón. ....	39
Gráfico 21 - Proyección de la demanda insatisfecha y de la estimación de la fibra producida. ....	41
Gráfico 22 - Comparación entre la cáscara requerida para la demanda insatisfecha de algodón y la cáscara disponible. Fuente: Elaboración propia. ....	67
Gráfico 23 - Proyección de la producción de jugo concentrado. Fuente: Elaboración propia. ....	68
Gráfico 24 - Estimación de costos en activos fijos. ....	268
Gráfico 25 - Estimación de costos en activos nominales. ....	270
Gráfico 26 - Composición de la inversión total necesaria. ....	271
Gráfico 27 - Resumen de costos variables. ....	273
Gráfico 28 - Resumen de costos fijos. ....	277
Gráfico 29 - Flujo neto efectivo. ....	281
Gráfico 30 - Análisis de sensibilidad. ....	284



CAPÍTULO 1

---

OBJETIVOS Y GENERALIDADES DEL  
PROYECTO

---

## 1. OBJETIVOS Y GENERALIDADES DEL PROYECTO

### 1.1 OBJETIVOS GENERALES DEL PROYECTO

- Integrar los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la carrera para la confección del proyecto.
- Generar conocimiento sobre el ámbito industrial extra curricular.
- Comprobar la viabilidad técnico-económica de llevar a cabo una planta productora de fibra textil a partir de cáscaras de cítricos.
- Proporcionar valor agregado a los residuos generados en el procesamiento de cítricos.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

- Realizar una descripción detallada del producto a elaborar, resaltando las características del mismo y su aplicación.
- Establecer si existe un potencial mercado consumidor.
- Definir aspectos geográficos y económicos relacionados a los proveedores de materias primas e insumos y el consumo final del producto, con el fin de tomar decisiones referidas a la localización de la planta y la capacidad de producción.
- Evaluar los diferentes procesos productivos existentes con el fin de seleccionar el menos contaminante.
- Diseñar y adoptar los equipos e instalaciones involucradas en el proceso.
- Detallar, mediante la elaboración de planos, las correspondientes ubicaciones de los equipos y especificar las diferentes áreas de proceso junto con la distribución de las instalaciones en la planta.
- Realizar un estudio económico-financiero para evaluar la viabilidad de la planta productora de fibra.

### 1.3 GENERALIDADES DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene como finalidad la evaluación técnico-económica referida a la instalación de una planta elaboradora de fibra textil a partir de cáscaras de cítricos. El interés de este proyecto surge tanto de la necesidad de darle una utilidad a las grandes masas de residuos generados en la industria procesadora de cítricos y una alternativa ecológica a la tala de árboles para la extracción de celulosa.

Se analiza la situación del mercado nacional e internacional actual y se realizan estimaciones futuras de producción, consumo y precios tanto del producto como de la materia prima e insumos, con el fin de tomar las decisiones más adecuadas acerca de la localización de la planta y la cantidad de producto a elaborar. Posteriormente se

determina el proceso de producción óptimo y se realiza el diseño de la planta de producción, definiendo equipos y tecnologías a utilizar. Finalmente, se realiza un estudio económico-financiero que permitirá evaluar la viabilidad económica del proyecto elegido.

#### 1.4 GENERALIDADES DEL PRODUCTO

##### 1.4.1 Definición

El Lyocell es un tipo de fibra textil manufacturada a partir de la celulosa, es resistente, y suave al tacto, se realiza mediante un avanzado proceso de hilado con un disolvente orgánico, el cual se reutiliza casi la totalidad.

Se desarrolló por primera vez en la instalación de fibras Enka de Estados Unidos en 1972, luego fue desarrollado y comercializado en los Estados Unidos como Tencel, más tarde la división Tencel se vendió a la empresa austriaca Lenzing AG, un gigante textil y uno de los mayores productores de Lyocell del mundo (Lyocell, 2019).

En la Figura 1 se puede observar la fibra en sus diferentes formas de presentación.



Figura 1 - Diferentes formas de presentación del lyocell.

##### 1.4.2 Ventajas

- Buenas propiedades mecánicas
- Producto naturalmente biodegradable, ya que, su principal componente es la celulosa y la biodegradabilidad es una característica de la misma.
- Su fabricación no produce subproductos nocivos para la salud o el planeta, por lo que es una solución a los problemas medio ambientales de emisiones al agua y al medio ambiente.

##### 1.4.3 Desventajas

- Precio elevado, esto se debe a que cuesta más producirlo debido a la tecnología utilizada en el procesamiento.

#### 1.4.4 Aplicaciones

La versatilidad del tejido de lyocell es evidente en los diferentes productos para los que se utiliza como materia prima. Las telas confeccionadas con lyocell tienen una superficie suave, son resistentes y elásticas lo que la hacen perfecta para adquirir artículos destinados a perdurar, como ropa de cama camisas, camisetas, pantalones e incluso toallas (Lyocell, 2019).

#### 1.5 DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La corteza de los cítricos es el principal residuo obtenido del procesamiento de los cítricos, ya que, constituye aproximadamente el 65 % del peso de la fruta fresca.

Los grandes porcentajes de biomasa generado en la industria de cítricos y un mercado cada vez más atento a la protección del medio ambiente, genera la necesidad de buscar nuevas formas de transformar los subproductos en un nuevo recurso, contribuyendo así a la reducción de residuos, evitando el mal uso de la tierra, la disminución de los bosques y reduciendo el impacto ambiental que produce la cantidad de desechos orgánicos generados (Figura 2).



Figura 2 - Desechos cítricos.

#### 1.5.1 Biomasa lignocelulósica

La biomasa es la cantidad de materia orgánica derivada de los organismos vivos, puede ser producida por ecosistemas naturales o generada como residuo de los sectores agrícola, forestal e industrial.

La biomasa lignocelulósica de origen vegetal está compuesta principalmente por polisacáridos (celulosa, hemicelulosa y pectinas), lignina y otros componentes minoritarios (Figura 3).

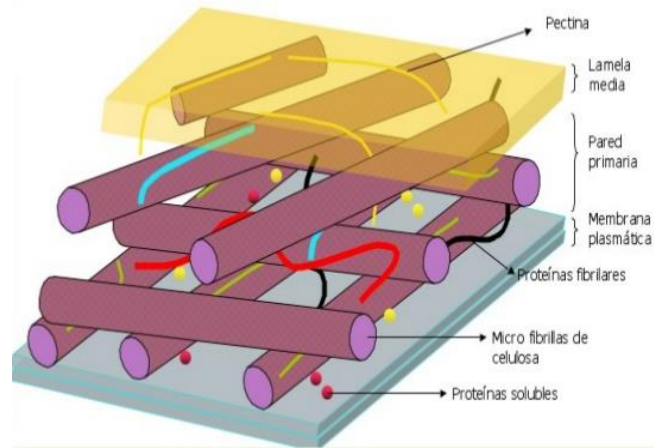


Figura 3 - Esquema de la pared celular.

- Celulosa: es un polímero lineal constituido por unidades de  $\beta$ -glucosa unidas entre sí por enlaces 1-4, dicho enlace dan como resultado una molécula rígida con alta resistencia a la tensión, es insoluble en agua o ácidos y álcalis diluidos, constituye la mayor parte de la biomasa terrestre. (Criollo Llimiugsi, 2018). Su fórmula  $(C_6H_{10}O_5)_n$  y su estructura química se puede visualizar en la Figura 4.

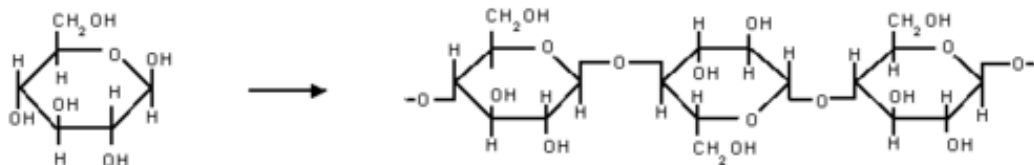


Figura 4 - Estructura química de la celulosa.

- Hemicelulosa: Es una heteropolisacárido compuesto por diferentes azúcares con cadenas cortas y ramificadas, lo que la hace más amorfa y más fácil de hidrolizar. Su papel es suministrar la unión entre la lignina y la celulosa para proporcionar rigidez a la pared celular y son insolubles en agua. Los monosacáridos que la constituyen son glucosa, manosa, galactosa, xilosa y arabinosa (Morales de la Rosa, 2015).
- Pectinas: polisacáridos heterogéneos con propiedades físico-químico variadas y que contienen un alto porcentaje de ácidos galacturónicos. Se encuentran en la pared celular y confieren resistencia a la estructura vegetal.
- Lignina: polímero cuyo rol consiste en brindar dureza a las paredes celulares, junto con la celulosa y hemicelulosa. Posee una estructura muy compleja formando un entramado tridimensional, en donde los monómeros están conectados por enlaces del tipo éter (C-O-C) y de carbono-carbono (C-C) aleatoriamente distribuidos (Carchi Maurat, 2014).



- Compuestos minoritarios: representan la menor cantidad en peso total del material lignocelulósico ya que son de bajo peso molecular. Se clasifican en los que se pueden extraer con agua y los que se pueden extraer con disolventes orgánicos; por otro lado están las proteínas y cenizas (Morales de la Rosa, 2015).

## 1.6 REFERENCIAS

- Carchi Maurat, D. E. (2014). *Aprovechamiento de los Residuos Agrícolas provenientes del cultivo de Banano para obtener Nanocelulosa*. Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Criollo Llimiugsi, G. P. (2018). *Extracción de celulosa de cáscara de naranja, estudio del método y aplicaciones*. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Lyocell*. (2019). Obtenido de <https://lyocell.info/es/>
- Morales de la Rosa, S. (2015). *Hidrólisis ácida de celulosa y biomasa lignocelulósica asistida con líquidos iónicos*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.

CAPÍTULO 2

---

ESTUDIO DE MERCADO

---

# **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## 2. ESTUDIO DE MERCADO

### 2.1 INTRODUCCIÓN

La necesidad de obtener fibras textiles a partir de materias primas alternativas a las actuales ha llevado a producir fibras del tipo celulósicas, las cuales se obtienen de la modificación química de productos naturales. En este caso se desea obtener fibra Lyocell a partir de cáscaras de cítricos.

En el siguiente estudio de mercado se presenta una investigación y análisis de los mercados citrícola y textil a nivel mundial y nacional.

Se examina la disponibilidad de materia prima e insumos, así como la cantidad elaborada del producto, considerando la capacidad y localización de sus principales productores. Además, se realizan proyecciones a diez años.

Con respecto al producto, al no disponer de datos oficiales sobre la elaboración de fibras celulósicas en el país, se optó por centrar el análisis en torno al complejo algodonnero debido a que es un producto celulósico y representa un 70% de la industria textil.

### 2.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE MERCADO

Los objetivos de éste son:

- Realizar una investigación sobre el mercado textil mundial y nacional.
- Analizar la disponibilidad de materias primas e insumos.
- Realizar las proyecciones de materia prima y producto.
- Estudiar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del proyecto.
- Determinar si es posible establecer una fábrica de fibras celulósicas.

### 2.3 GENERALIDADES DEL PRODUCTO

Las fibras textiles son aquellas que al ser procesadas son transformadas en hilos delgados, largos y resistentes que pueden ser usados para generar otro tipo de productos como tejidos, cuerdas, alfombras, etc. Estas pueden ser naturales (animal o vegetal) o manufacturadas que a su vez se dividen en sintéticas y artificiales. Ambas se fabrican mediante síntesis química con la diferencia de que las sintéticas utilizan como materia prima productos de la industria petroquímica mientras que las artificiales utilizan fuentes naturales. Hay tres tipos principales de fibras artificiales: celulósicas, proteínicas y algínicas.

El lyocell es una fibra artificial del tipo celulósica. Actualmente, la fuente principal de materia prima es madera proveniente de árboles de corteza dura. Se estima que 120 millones de árboles son cortados cada año para la producción de fibras celulósicas.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Algunos son bosques antiguos y en peligro de extinción como los bosques de Indonesia, bosques boreales de Canadá y el Amazonas. La deforestación se produce para la utilización de la madera o para reemplazarlas por plantaciones de índole agrícola..

### 2.4 ANÁLISIS DEL MERCADO MUNDIAL DE LA MATERIA PRIMA

#### 2.4.1 Principales países productores

Los cítricos se producen en más de cien países en el mundo. Sin embargo, el grueso de la cosecha se origina en un pequeño grupo de países.

A continuación, se analizan diez de los principales países productores en la última década.

Tabla 1 - Principales productores de cítricos a nivel mundial. Cantidades expresadas en miles de toneladas.  
Fuente: Elaboración propia en base a Federcitrus.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
China	15825	18680	21170	22550	22700	26100	27370	29167	30200	31450	32200
Brasil	18074	16320	17422	17750	20645	20482	16361	16850	16320	14320	20400
EE.UU	9315	11790	10862	9831	10027	10647	10136	8558	8184	7771	7045
España	6779	5334	6743	5502	6178	6482	6312	6788	6886	5944	7248
México	6371	6474	6530	6350	6294	5760	6370	7073	6848	7200	7584
Egipto	3024	2795	2516	3570	2645	3461	2450	3705	3605	3610	4110
Turquía	3217	2413	2500	2780	3077	3296	3356	3519	3460	3400	3975
Argentina	2700	2959	2964	2559	3613	2896	2825	2594	3183	3280	3272
Italia	3536	3543	2663	3652	3450	3690	3167	3173	2445	3174	2603
Sudáfrica	1690	2253	2186	2255	370	2323	2457	2363	2362	2328	2734

Como se observa en la Tabla 1 los países que lideran la actividad mundial son Brasil, Estados Unidos y China representando, aproximadamente, el 65% de la producción total. Por otro lado, el cuarto y quinto lugar varía entre México y España; siendo España el principal productor de la Unión Europea. Las últimas posiciones en el ranking están ocupadas por Egipto, Turquía, Argentina, Sudáfrica e Italia, que ascienden o descienden de posición por diferentes causas. Algunas de estas son exógenas, como las condiciones económicas de los países a los cuales exportan o mejor oferta de un país respecto a otro. Otras causas se deben a situaciones internas del país, como crisis económicas que derivan en un aumento en los insumos, mano de obra y servicios. Los cambios atmosféricos, sequías e inundaciones tienen un impacto negativo en la producción de cítricos lo cual provoca fluctuaciones en los niveles de producción.

#### 2.4.2 Producción mundial

Mediante el análisis de la Tabla 2 se concluye que la naranja es el cítrico de mayor producción seguida por la mandarina, limón y pomelo.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

La naranja tiene una gran incidencia en la producción total de cítricos ya que representa aproximadamente el 60% de los mismos, por lo que al bajar su producción en el 2011 provoca un descenso en el total.

Tabla 2 - Producción mundial de cítricos en toneladas.  
Fuente: Elaboración propia en base a Federcitrus.

	NARANJA	MANDARINA	POMELO	LIMÓN	TOTAL
2007	47116000	16938000	4826000	4693000	73573000
2008	49945000	19572000	5258000	6626000	81401000
2009	49382000	19951000	5159000	6844000	81336000
2010	49360000	21810000	5458000	5911000	82539000
2011	46352000	19543000	4981000	6489000	77365000
2012	52917000	21829000	5227000	7468000	87441000
2013	50447000	24576000	5955000	7133000	88111000
2014	51008000	26255000	6069000	6185000	89517000
2015	48644000	28658000	6052000	7135000	90489000
2016	47137000	30202000	6515000	8244000	92098000
2017	54011000	31478000	6762000	8815000	101066000

La representación de los datos en el Gráfico 1 permite observar la tendencia ascendente de la producción mundial de cítricos con el pico mínimo en 2011 mencionado anteriormente.

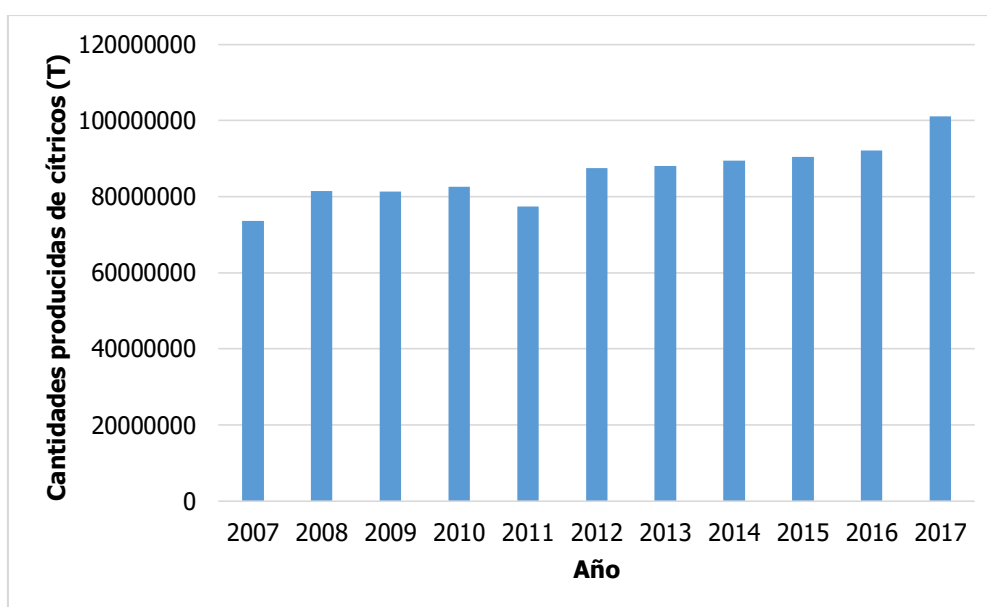


Gráfico 1 - Producción mundial de cítricos en toneladas.  
Fuente: Elaboración propia en base a Federcitrus.

### 2.4.3 Exportación mundial

Los datos expresados en la Tabla 3 presentan la misma tendencia que la producción mundial.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 3 - Exportaciones de cítricos a nivel mundial en toneladas.

Fuente: Elaboración propia en base a Federcitrus.

	NARANJA	MANDARINA	POMELO	LIMÓN	TOTAL
2007	4848000	3099000	932000	1489000	10368000
2008	3818000	1539000	845000	1482000	7684000
2009	5262000	4837000	866000	1854000	12819000
2010	3784000	1998000	841000	1475000	8098000
2011	3415000	1952000	799000	1501000	7667000
2012	3951000	2532000	807000	1606000	8896000
2013	3856000	2282000	811000	1569000	8518000
2014	4012000	2496000	838000	1593000	8939000
2015	4085000	2335000	734000	1713000	8867000
2016	4477000	2572000	749000	1824000	9622000
2017	4787000	2816000	742000	2088000	10433000

En el Gráfico 2 se pueden observar las fluctuaciones ocurridas durante la década, siendo más pronunciadas durante los primeros años.

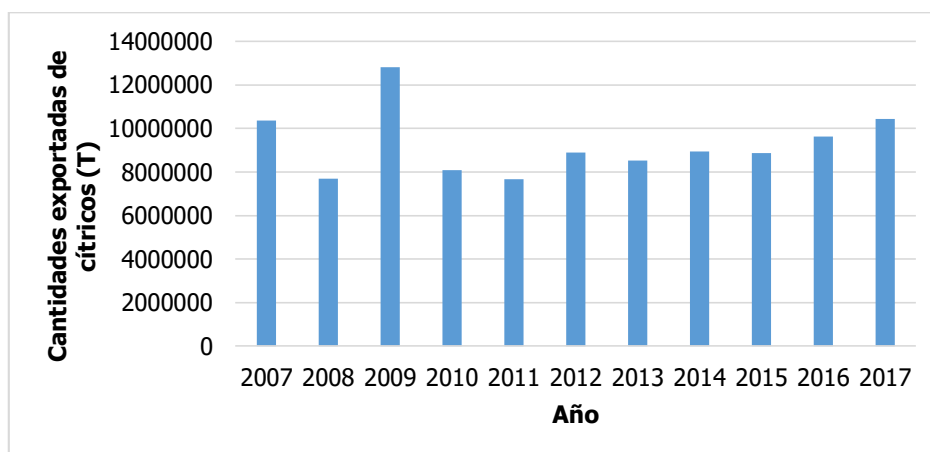


Gráfico 2 - Exportación de cítricos a nivel mundial.

Fuente: Elaboración propia en base a Federcitrus.

### 2.4.4 Industrialización de la materia prima

En la Tabla 4 se presentan los principales países que destinan cítricos a la industria. De la misma se pueden extraer diversas conclusiones, como que Brasil lidera la industrialización ocupando el primer puesto, salvo en 2016 que fue sustituido por China. Estados Unidos mantuvo el segundo puesto durante la década.

China constituye un caso interesante de resaltar ya que, a pesar de ser el principal productor de frutas cítricas, ocupa puestos intermedios a excepción de 2016. Acompañando a China se encuentran México, Argentina y España, los cuales intercambian posiciones entre sí. Las últimas posiciones son ocupadas por Sudáfrica, Italia y Turquía, generalmente es ese orden.

En el caso particular de Argentina podemos destacar que se posiciona en tercer lugar durante varios años. El año de mayor industrialización es 2016, sin embargo, se desplaza

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

a un noveno lugar debido a que el resto de los países produjeron un incremento aún mayor.

Tabla 4 - Industrialización de cítricos a nivel mundial.

Fuente: Elaboración propia en base a Federcitrus.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
China	795	925	760	722	660	1120	1260	1315	1280	29500	1230
Brasil	13668	11465	12241	10404	14239	12934	10906	11383	10976	18197	15259
UE									2171	11021	2166
EE.UU	6796	8382	7668	6539	6969	6915	6431	5307	4875	7261	3728
México	1016	1296	1426	1225	1500	1050	1750	2213	1635	7207	2184
Turquía	115	170	130	160	160				137	3810	100
Sudáfrica	330	530	420	583	472	539	382	527	650	2498	371
Argentina	1100	1283	1220	869	1743	1220	1374	934	1455	2300	1279
España	1783	944	835	664	1142	1181	1181	240			
Italia	1226	769	732	580	459		620				

### 2.5 ANÁLISIS DEL MERCADO ARGENTINO DE LA MATERIA PRIMA

#### 2.5.1 Producción nacional de cítricos

La citricultura es una de las actividades frutícolas más importantes en Argentina.

Las condiciones agroecológicas de nuestro territorio son ideales para el desarrollo de la producción de naranjas, mandarinas, pomelos y limones generando más de cien mil puestos de trabajo.

El país cuenta con 131.000 hectáreas plantadas destinadas a esta actividad de donde se obtiene una fruta de excelente calidad.

Las plantaciones se hallan localizadas en distintas áreas con diferentes condiciones ecológicas y económicas, las cuales se agrupan en dos grandes regiones:

- Noroeste: Tucumán, Salta, Jujuy, Catamarca.
- Noreste: Entre Ríos, Corrientes, Misiones, Buenos Aires.

La superficie plantada de las especies que se producen en nuestro territorio se distribuye de la siguiente manera: 38% de limón, 33% de naranja, 25% de mandarina y 4% de pomelo.

Las distintas regiones cítricas se orientan cada vez más hacia determinadas producciones. El pomelo se produce principalmente en Salta, Jujuy, Formosa y Corrientes, la mandarina en Entre Ríos, Corrientes, Misiones y Buenos Aires, la naranja en Entre Ríos, Corrientes, Jujuy y Salta y el Limón en Tucumán, Salta, Corrientes y Jujuy. En Argentina la producción de cítricos presenta pronunciadas fluctuaciones entre 2007 y 2017, la cantidad máxima se produjo en el año 2011 siendo de 3613000 T y la



## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

producción mínima fue de 2559000 T en 2010. El cítrico de mayor producción es el limón y el de menor es el pomelo, estos datos se exhiben en la Tabla 5 y el Gráfico 3. En 2013 se produjo una helada y en el 2014, una sequía por lo que la producción se ve afectada. En el caso del limón se redujo hasta un 60% lo que hizo que disminuyera la oferta y se incrementaran los precios. Ningún otro país tuvo una caída interanual tan pronunciada y en algunos casos, como Brasil y Uruguay, aumentaron su producción.

Los problemas que afectan la competitividad del limón son los constantes incrementos en los costos internos (insumos, fletes a los puertos, mano de obra, entre otros) que reducen la rentabilidad del productor. El desafío del sector es lograr la apertura de nuevos mercados para descomprimir el exceso de oferta en el mercado local. Los principales competidores son Chile y Sudáfrica.

Tabla 5 - Producción nacional de cítricos expresada en toneladas.  
Fuente: Elaboración propia en base a Federcitrus.

	NARANJA	MANDARINA	POMELO	LIMÓN	TOTAL
2007	800000	450000	200000	1250000	2700000
2008	942000	411000	244000	1362000	2959000
2009	899000	402000	237000	1426000	2964000
2010	833000	424000	189000	1113000	2559000
2011	1130000	555000	172000	1756000	3613000
2012	934000	374000	132000	1456000	2896000
2013	860000	365000	114000	1486000	2825000
2014	1022000	487000	131000	954000	2594000
2015	1001000	491000	130000	1561000	3183000
2016	1032000	468000	102000	1678000	3280000
2017	1025000	459000	112000	1676000	3272000

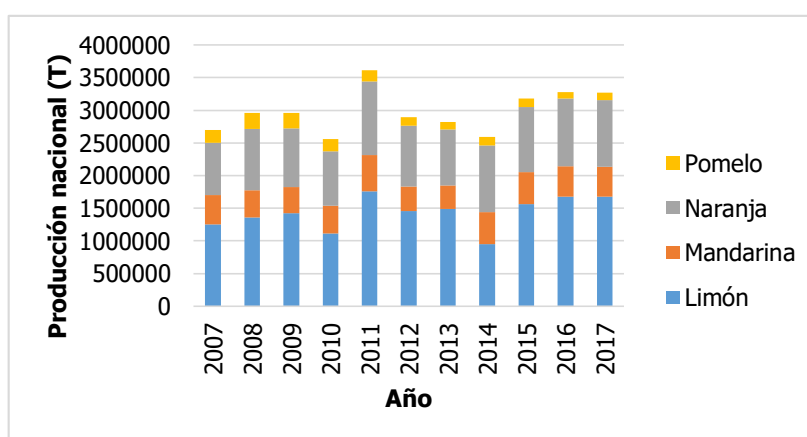


Gráfico 3 - Producción nacional de cítricos en toneladas.  
Fuente: Elaboración propia en base a Federcitrus.

### 2.5.2 Industrialización nacional de cítricos

La fase industrial adquiere carácter complementario en la cadena, dado que cuando la fruta en fresco no alcanza los estándares para ser comercializada en los distintos

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

mercados se destina a esta fase. Las cantidades de frutas frescas destinadas a la industria se expresan en la Tabla 6.

Es preciso destacar que, a diferencia de otros países, la industrialización de los cítricos en Argentina se ha conformado como actividad capaz de absorber la fruta proveniente del descarte efectuado por los empacadores.

Tabla 6 - Cantidad de cítricos industrializados expresada en toneladas.

Fuente: Elaboración propia en base a Federcitrus.

	LIMÓN	MANDARINA	NARANJA	POMELO	TOTAL
	Industria				
2007	1058418	141933	306661	125767	1632779
2008	889574	85403	217194	91299	1283470
2009	1100270	75328	163826	86841	1426265
2010	812741	87339	182533	80839	1163452
2011	1360741	93928	216893	71467	1743029
2012	1086146	88013	218808	71483	1464450
2013	1099159	67730	144841	61929	1373659
2014	603300	85984	193182	50584	933050
2015	1140287	81934	172123	61594	1455938
2016	1209942	111661	315462	61155	1698220
2017	1110141	76721	240014	66028	1492904

En términos del tipo de procesamiento, existen dos líneas claramente diferenciadas en cuanto a calidad del producto y mercado de destino. Por un lado, la elaboración de distintos jugos concentrados, aceites esenciales, pulpa congelada, cáscara deshidratada y pellets, destinados a la alimentación humana y animal, la industria farmacéutica, de cosméticos y de perfumes; los productos más significativos son los jugos concentrados (Tabla 7) y las cáscaras deshidratadas (Tabla 8). Por otro lado, la industria de jugos cremogenados<sup>1</sup>, elaborados por pequeñas y medianas empresas, que emplean un proceso sencillo, de escasa tecnificación e inversión.

Tabla 7 - Cantidad de jugo concentrado producido expresada en toneladas.

Fuente: Elaboración propia en base a Federcitrus.

	LIMÓN	MANDARINA	NARANJA	POMELO	TOTAL
2007	57000	7800	15300	10000	90100
2008	47900	4700	10800	7200	70600
2009	55000	4100	8100	6800	74000
2010	43000	4800	9100	6200	63100
2011	68037	5200	10800	5500	89537
2012	54307	4400	9945	5498	74150
2013	49462	3387	7242	4764	64855

<sup>1</sup> Se considera jugo cremogenado a aquel jugo que conserva la pulpa, no fermentado, obtenido mediante molturación o tamizado de la parte comestible de las frutas.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

2014	33700	4300	9660	3590	51250
2015	63696	5408	11463	3696	84263
2016	66547	7370	21010	3547	98474
2017	61058	5064	15985	3830	85937

Tabla 8 - Cantidad de cascaras deshidratadas expresadas en toneladas.

Fuente: Elaboración propia en base a Federcitrus.

AÑO	TOTAL
2007	60000
2008	50000
2009	55000
2010	45000
2011	74840
2012	59738
2013	60454
2014	51315
2015	62716
2016	84911
2017	74645

Las plantas industriales están ubicadas en la zona de producción primaria y presentan especialización regional, con un elevado nivel de integración vertical. Más del 80% de las industrias producen la materia prima, empaacan, comercializan y exportan cítricos frescos. En la Tabla 9 se enlistan las principales empresas productoras e industrializadoras de cítricos.

La producción es estacional, el mayor volumen se elabora en el período mayo-septiembre. El volumen de fruta fresca requerido en la etapa de industrialización varía en función de las condiciones climáticas imperantes durante el ciclo de producción.

El jugo concentrado de limón es el principal producto industrializado seguido por el jugo de naranja. Los jugos de mandarina y pomelo tienen una participación muy pequeña. La mayor parte del jugo concentrado se destina al mercado externo (aproximadamente un 80%). En tanto, que prácticamente la totalidad de la producción local de aceites esenciales y cáscaras deshidratadas se destina a exportación.

En el Gráfico 4 se muestra una comparación de la cantidad de fruta fresca destinada a la industria con la cantidad de jugo concentrado y cascara deshidratada producida. Como podemos observar existe una amplia diferencia entre la cantidad de materia prima y el producto elaborado, esto se debe a la cantidad de fruta que se requiere para elaborar el jugo (entre 12 y 15 toneladas de fruta fresca para la obtención de 1 tonelada de jugo concentrado).

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

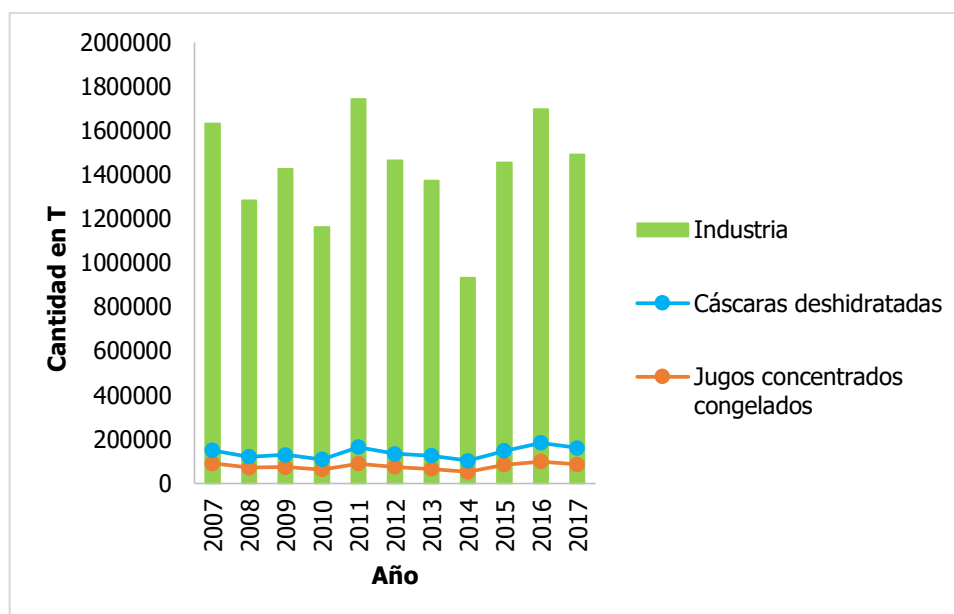


Gráfico 4 - Comparación de cantidad total industrializada con jugo concentrado y cascara deshidratada.  
Fuente: Elaboración propia en base a Federcitrus.

Tabla 9 - Principales empresas productoras e industrializadoras de cítricos.  
Fuente: Elaboración propia en base a Federcitrus, Ministerio de Hacienda y sitio de internet de las empresas.

NOMBRE	LOCALIZACIÓN	PRODUCTO	CAPACIDAD (FRUTA FRESCA)
Ledesma S.A	Libertador General San Martín - Jujuy	Jugo concentrado de naranja, pomelo y limón.	7000 T/año
Vicente Trapani	Los Nogales - Tucumán	Jugos concentrados, cáscaras deshidratadas, aceites esenciales de limón.	175000 T/año
San Miguel S.A	Tucumán (2 plantas industriales)	Jugo concentrado y aceites esenciales de naranja y limón	210000 T /año
Citrusvil	Tucumán (2 plantas industriales)	Jugos concentrados, cáscaras deshidratadas, aceites esenciales de limón.	330000 T/año
Litoral Citrus	5 plantas industriales (Concordia, El Dorado, Tucumán, Bella Vista, Formosa)	Jugos concentrados, pulpas congeladas, aceites esenciales, terpenos de naranja, pomelo, limón y mandarina.	400 T/día
Acheral S.A	Acheral - Tucumán	Fruta fresca y derivados industriales de limón.	

**PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**  
Proyecto final de grado – Ingeniería química

Argenti Lemon S.A	Cruz Alta, Tucumán	Fruta fresca, jugos concentrados, aceites y derivados y cascaras de limón.	
Citromax S.A.C.I	Acheral - Tucumán, San Fernando - Buenos Aires	Fruta fresca, jugos concentrados, aceites y derivados y cascaras de limón.	
La moraleja S.A	Luis Burela - Salta, Buenos Aires.	Fruta fresca, jugos concentrados, aceites y derivados y cascaras de limón.	1000 T/ día de limón

2.5.2.1 Proyección de jugo concentrado

En el Gráfico 5 se realizó la extrapolación a diez años de los datos de la producción de jugos concentrados de cítricos establecidos en la Tabla 7. Se utilizó el método de regresión lineal. Se observa una tendencia creciente llegando a valores hipotéticos de 110000 T en 2027.

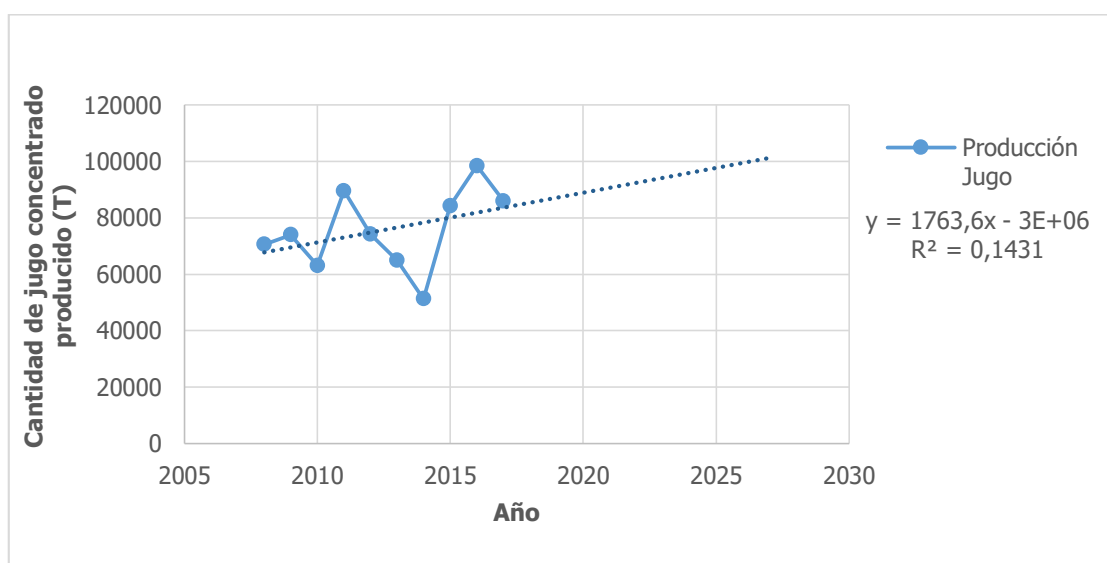


Gráfico 5 - Proyección de la materia prima.  
Fuente: elaboración propia.

2.5.3 Exportación e importación nacional de cítricos

Con los datos de la Tabla 10 se puede observar que la exportación presenta una tendencia descendente. El limón es el cítrico de mayor exportación con una cantidad total de 2931260 T, el pomelo es el de menor exportación con 107560 T totales. Los principales destinos de la exportación de cítricos son Rusia, España, Holanda, Paraguay e Italia.

La exportación de naranja disminuye desde 2007, algunas de las razones son exógenas como la crisis económica internacional que impactó en la demanda europea (principal destino). Además, influye la cada vez mayor y mejor oferta de Sudáfrica que tiene la

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

misma latitud que Entre Ríos y Corrientes de manera que compite en ventas en contra estación al hemisferio norte. La principal razón es que Sudáfrica llevó adelante un acuerdo con Rusia para ingresar sin aranceles, por lo que no se puede competir a nivel costos. También, se debe considerar los nuevos hábitos de consumo ya que empieza a notarse un incremento en la exportación de mandarina, de esta manera esta fruta se destina al consumo en fresco y la naranja a jugo. Por estas razones se han buscados nuevos destinos no tradicionales como Filipinas, Singapur, Lituania, Islandia o Qatar. Con respecto a la exportación de limones a Estados Unidos, todavía se conservan las trabas impuestas por las medidas proteccionistas y el intenso lobby de los productores de ese país.

Tabla 10 - Exportación nacional de cítricos.  
Fuente: Elaboración propia en base a Federcitrus.

	NARANJA	MANDARINA	POMELO	LIMÓN	TOTAL
2007	165000	100000	29000	360000	654000
2008	134000	92000	32000	396000	654000
2009	142000	114000	18000	254000	528000
2010	162000	120000	11000	260000	553000
2011	130000	118000	10000	244000	502000
2012	84000	96000	3000	272000	455000
2013	80000	89000	2000	283000	454000
2014	75000	90000	1000	153000	319000
2015	70240	53480	460	185260	309440
2016	65000	49000	500	280000	394500
2017	70000	40000	600	244000	354600

En cuanto a la importación de cítricos, se cuenta con los valores de los últimos cinco años los cuales se encuentran expresados en la Tabla 11. Las cantidades importadas son insignificantes dentro del mercado argentino de frutas cítricas. Al analizar los datos, se puede concluir que mientras que la mandarina no se importa, el pomelo es el crítico de mayor importación. Cabe destacar que en 2016 se produce un cambio en la tendencia y que se reafirma en 2017. Un ejemplo para destacar es el de la naranja, que pasó de no importarse a 3880 de toneladas en 2016. Sus principales orígenes son México y España. Algunas de las razones por las cuales se produce este cambio son el aumento de los costos por la inflación, el precio del dólar congelado y políticas de apoyo a agricultores y ganaderos en la Unión Europea.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 11 - Cantidad de importaciones de cítricos.

Fuente: Elaboración propia en base a Senasa.

	NARANJA	MANDARINA	POMELO	LIMÓN	TOTAL
2013	0	0	1444	939	2383
2014	68	0	1426	100	1594
2015	0	0	1058	165	1223
2016	3880	0	2153	2575	8608
2017	10304	0	18226	15126	43656

En Gráfico 6 se realiza una comparación entre la producción, exportación e importación de cítricos. Como se ha expresado anteriormente las cantidades exportadas e importadas son mucho menores que las producidas, en especial las importadas que tiene una representación ínfima en el total.

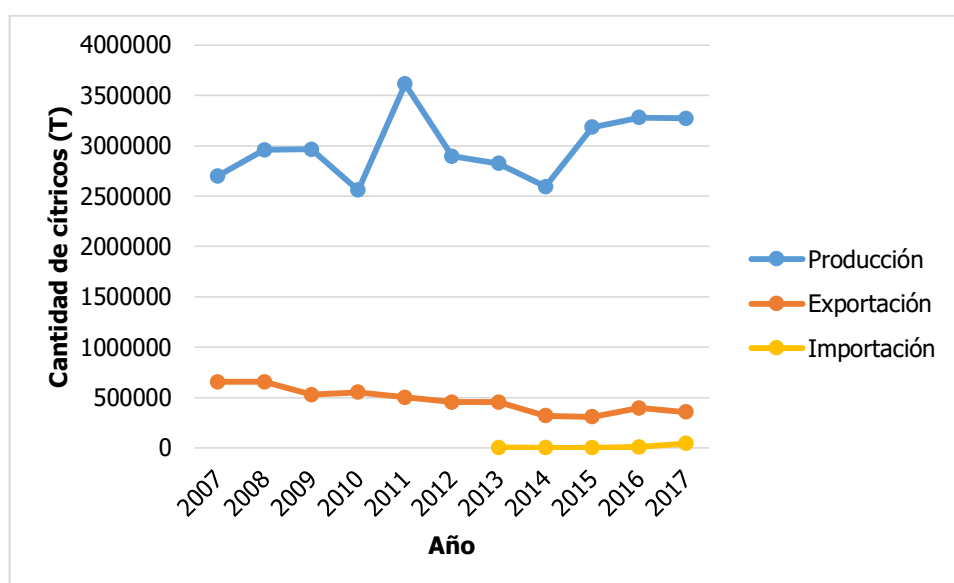


Gráfico 6 - Producción, exportación e importación nacional de cítricos.

Fuente: Elaboración propia en base a Federcitrus y Senasa.

### 2.6 ANÁLISIS DEL MERCADO TEXTIL MUNDIAL

A nivel mundial, la producción textil y de indumentaria se organiza en tres conjuntos de países. En primer lugar, las economías asiáticas y algunos países de Centroamérica son los encargados de la producción masiva de bienes estándares ya sea hilados, tejidos o confecciones. Estos países exportan la mayor parte de su producción, basando su estrategia en la abundancia de recursos humanos y condiciones laborales muy precarias. En el otro extremo, los países más desarrollados como Estados Unidos y países de Europa Occidental se orientan principalmente a la confección de prendas para moda y se reservan el control de la cadena global de valor con eje en el diseño, el marketing y la distribución caracterizándose por salarios altos y demandas de trabajo calificado.

Un tercer grupo lo componen los países de América Latina y Europa del Este, que mantienen una posición intermedia, ya que pretenden participar de la producción de

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

confecciones estándares y poco diferenciadas, buscan autoabastecerse de fibras e hilados, generar diseño para acceder a nichos de alto valor agregado y participar del mercado mundial de moda. Estos países se orientan principalmente al mercado interno y, dada la fuerte competencia internacional, suelen desarrollar prácticas comerciales proteccionistas.

### 2.6.1 Producción mundial de fibras

La producción total de fibras presenta una tendencia en crecimiento como se puede observar en el Gráfico 7. A partir de mediados de la década del 90 las fibras sintéticas comienzan a incrementar su participación por sobre las naturales.

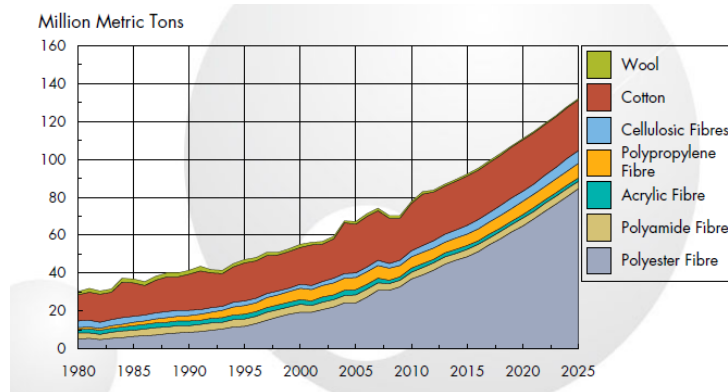


Gráfico 7 - Producción mundial de fibra 1980-2025.

Fuente: Yang Gin.

En el Gráfico 8 se esquematiza la distribución porcentual de las fibras en el mercado textil. Las fibras sintéticas representan el 66% de la producción total, siendo el polyester el de mayor importancia. La fibra de algodón constituye la segunda fibra en orden de importancia representando el 27% del total. Las fibras celulósicas ocupan el tercer lugar del total del mercado con un 7%. La participación de la viscosa es relativamente pequeña, aunque se espera que crezca en los próximos años. En el Gráfico 9 se puede evidenciar lo hablado anteriormente sobre la amplia diferencia en las cantidades producidas entre fibras sintéticas y celulósicas.

Entre 2010 y 2014, la producción mundial de fibra de algodón creció un 5% mientras que la producción de fibras sintéticas, un 27%. La tendencia es que estas últimas continúen ganando protagonismo dada la diferencia de costo de producción.

En los últimos años el consumo de fibras textiles ha crecido, una de las razones es el incremento de la capacidad adquisitiva en economías emergentes con países con elevados índices de población. El consumo promedio por persona es de 12,7 kilos por año.



## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

### Proyecto final de grado – Ingeniería química

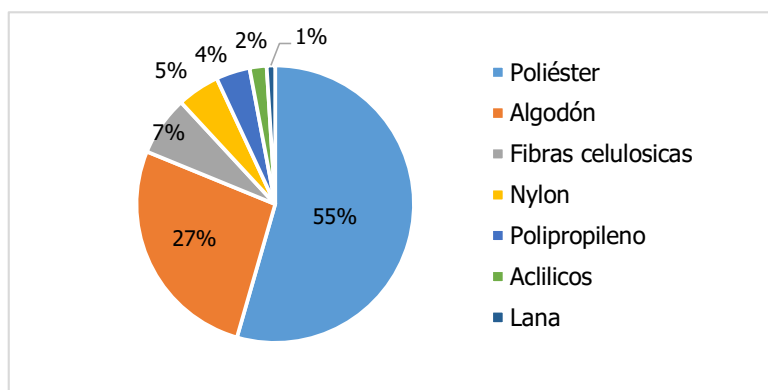


Gráfico 8 - Consumo mundial de fibras en 2015.  
Fuente: Water Footprint Network.

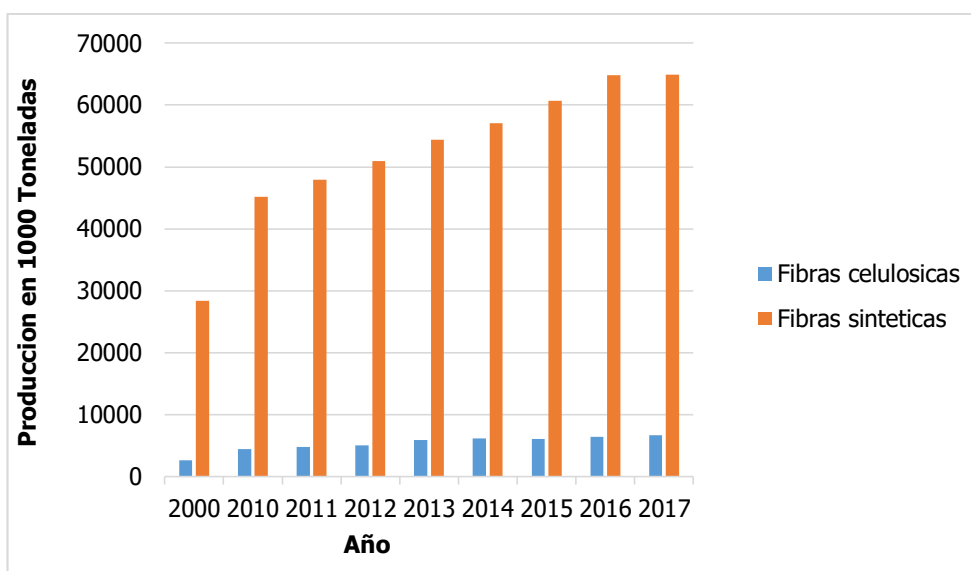


Gráfico 9 - Producción de fibras sintéticas y artificiales.  
Fuente: Statista.

Estados Unidos es el mayor productor de madera, pulpa y *cellulose dissolving pulp*. Cerca del 70% de la *cellulose dissolving pulp* producida mundialmente se exporta. Sudáfrica y Estados Unidos son los mayores exportadores, en 2015 ambos representaban el 40% del mercado exportador mundial; Canadá, Suecia y Brasil comprendían el 34%. Los países que más importan desde Estados Unidos son China, Canadá e India.

Asia es la región importadora por excelencia, liderada por China con 51% a pesar de que son los principales productores de viscosa a nivel mundial.

Indonesia se encuentra entre los mayores productores de pulpa y ocupa el segundo lugar como deforestador a nivel mundial.

Como se observa en el Gráfico 10 y el Gráfico 11 China se ha convertido en el mayor productor de viscosa a nivel mundial con una participación aproximada del 62% en 2012 (duplicó su producción de 2007). En 2015 alcanzó el 66% de la producción total. Indonesia e India son los segundos productores mundiales.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

## Proyecto final de grado – Ingeniería química

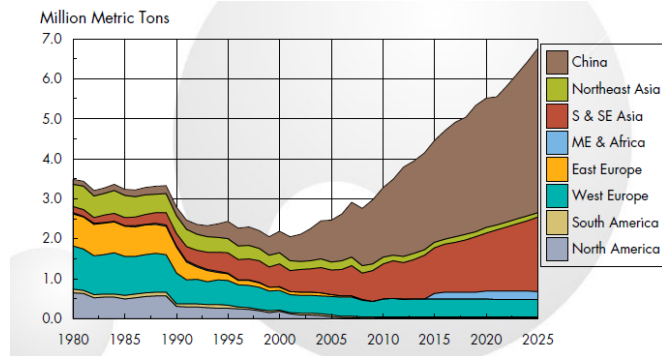


Gráfico 10 - Principales países productores de fibra celulósica.  
Fuente: Yang Gin.

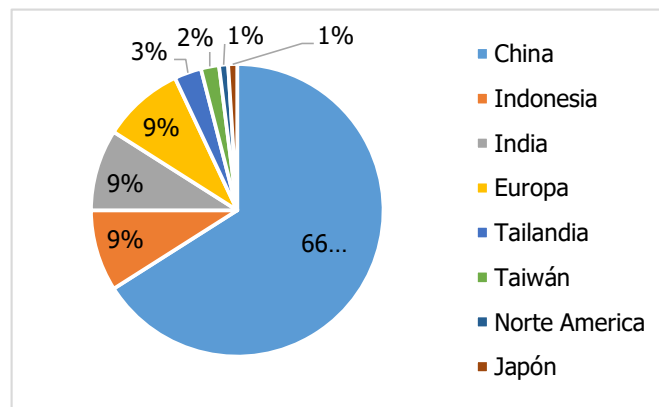


Gráfico 11 - Principales países y regiones productoras de viscosa en 2015.  
Fuente: Water Footprint Network.

De la viscosa producida, alrededor del 85% es *staple fibers* y el 15% filamentos.

La industria de la viscosa está altamente concentrada en unos pocos grupos corporativos y compañías, de las cuales algunas están involucradas en todas las etapas de producción. Las mayores productoras de viscosa son Lenzing (China, Austria e Indonesia) y Aditya Birla (China, India, Tailandia e Indonesia). En China, el 51,8% de *staple fibers* producida provino de 5 compañías Fulida Group, Sanyou Chemical, Aoyang Technology, CHTC and Shandong Yamei.

En 2017, la industria de la fibra tuvo un importante crecimiento del 5% (103 millones de toneladas) después de un período de producción estable ocurrido luego del gran incremento de 6% originado en 2012. El mercado de *staple fibers* se ha expandido en 2% a 56 millones de toneladas. Las fibras naturales han crecido más que las celulósicas y sintéticas, lo cual no se había producido desde 2001. Las fibras manufacturadas alcanzaron los 72 millones de toneladas, continuando con el crecimiento aproximado del 5% observado desde 2014 debido a la producción de China y del Sudeste Asiático.

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 2.6.2 Lyocell

En los últimos años, uno de los mayores factores incidente en el crecimiento del mercado global de la fibra de lyocell es los cambios continuos y rápidos en las tendencias de moda. Además, se han desarrollado diversas fibras y tecnologías para el uso de materiales de mejor calidad. También, se ha incrementado la demanda de fibras biodegradables.

Para el 2023, se proyecta un valor del mercado de alrededor de U\$S 1250 millones, con una tasa de crecimiento de 5,8% durante el período 2018-2023.

El mercado se divide en indumentaria, textiles para el hogar, medicina e higiene, y otros. Entre estos, indumentaria representa el segmento más grande debido a la suavidad y las propiedades absorbentes de la fibra de lyocell.

Con respecto a la ubicación, Asia representa el mayor mercado seguido de América del Norte y Europa.

Las principales empresas productoras a nivel mundial son:

- Lenzing AG
- Acegreen Eco-Material Technology Co. Ltd.
- Aditya Birla Group
- Baoding Swan Fiber Co. Ltd.
- Nien Foun Fiber
- Chonbang Co. Ltd.
- Weiqiao Textile Company Limited
- Zhejiang Yaojiang Industrial Group
- China Populus Textile Ltd.
- Great Duksan
- Qingdao Textiles Group Fiber Technology Co. Ltd.
- Smartfiber AG
- Acelon Chemicals & Fiber Corporation

En Argentina, el único productor de Lyocell es la firma Patagonia, bajo el nombre de Tencell.

### 2.6.3 Mercado mundial de algodón

La producción de algodón está limitada debido a la competencia por la tierra, los recursos hídricos y al acotado rendimiento potencial de mejoras, entonces no es posible proyectar precisamente la producción de fibras por lo que, las producciones anuales de algodón con su consumo suelen no coincidir. Mientras que, el stock de las fibras manufacturadas es controlado por la demanda.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

La Tabla 12 contiene la información de la campaña 2015/2016. India y China acumularon el 50% de la producción de algodón mundial seguido por Estados Unidos, Pakistán y Brasil. Otros países que participan entre los diez primeros productores mundiales de algodón son: Uzbekistán, Turquía, Turkmenistán, Australia y Burkina Faso. Argentina se encontraba en el puesto N°14, participando con casi el 1%.

En 2017, la producción de algodón se incrementó un 11% a 26 millones de toneladas, la cual fue la mayor expansión en 7 años.

Tabla 12 - Principales países productores a nivel mundial.  
Fuente: Ministerio de Hacienda.

PAÍS	PRODUCCIÓN (1000 480LB BALES)	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL
India	26400	27,40%
China	22000	22,80%
Estados Unidos	12888	13,40%
Pakistán	7000	7,30%
Brasil	5900	6,10%
Uzbekistán	3800	3,90%
Turquía	2650	2,70%
Australia	2600	2,70%
Turkmenistán	1450	1,50%
Burkina Faso	1100	1,10%
Grecia	1010	1,00%
Malí	975	1,00%
México	908	0,90%
Argentina	825	0,90%

El Gráfico 13 y el Gráfico 12 contienen los datos de países exportadores e importadores. El principal exportador en 2015 fue Estados Unidos con el 39% de las ventas mundiales, seguido por India con el 18% y Brasil con el 13%. Respecto de las importaciones de fibra de algodón fueron lideradas por China con el 33%, seguido por Turquía con el 16%. El resto de los países que ocupan los primeros cinco lugares son países asiáticos, proveedores de los siguientes segmentos de la cadena.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

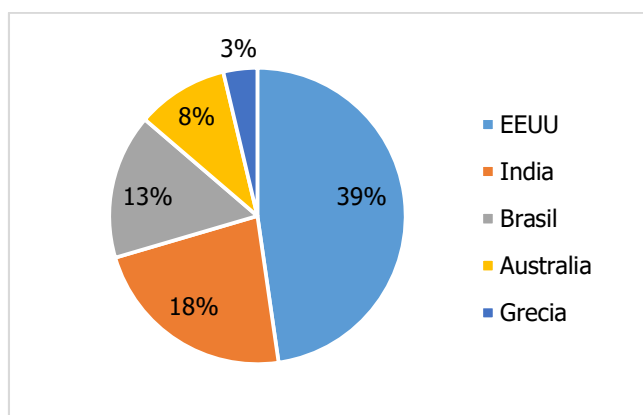


Gráfico 12 - Principales países exportadores de fibra de algodón en 2015.  
Fuente: Ministerio de Hacienda

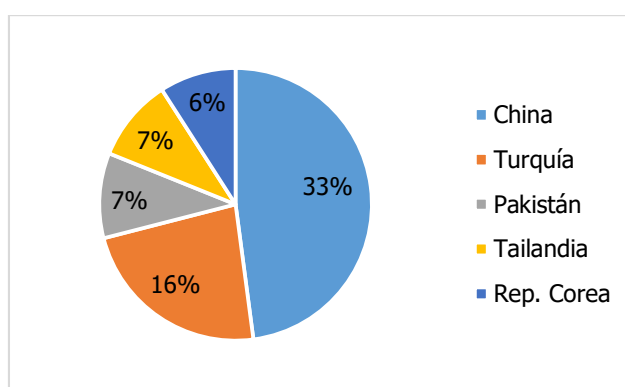


Gráfico 13 Principales países importadores de fibra de algodón en 2015.  
Fuente: Ministerio de Hacienda.

### 2.6.4 Participación de Argentina en el mercado mundial

Si bien la Argentina no se caracteriza por su inserción exportadora de los segmentos más avanzados de la cadena, podemos observar que se encuentra dentro de los primeros 15 productores mundiales de algodón, participando en los principales mercados compradores de fibra de algodón (ver Tabla 13).

Tabla 13 - Participación de Argentina en el mercado mundial en 2015.  
Fuente: Ministerio de Hacienda

SEGMENTO	PARTICIPACIÓN DE ARGENTINA	Nº RANKING MUNDIAL	MERCADOS ACTUALES RELEVANTES DE ARGENTINA	PRINCIPALES COMPRADORES MUNDIALES CON BAJA PARTICIPACIÓN ARGENTINA	PRINCIPALES COMPRADORES MUNDIALES SIN PARTICIPACIÓN ARGENTINA
Fibras	0,23%	39	Indonesia, India y Turquía.	China y EEUU	Pakistán, Alemania
Fibra de algodón	0,47%	18	Indonesia, India y Turquía.	China	Pakistán
Hilados	Inferior a 0,10%	50	Brasil y Chile	Rep. Corea e Italia	China, Turquía, Hong Kong, EEUU

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

## Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 2.7 ANÁLISIS DEL MERCADO TEXTIL ARGENTINO

#### 2.7.1 Cadena textil-indumentaria

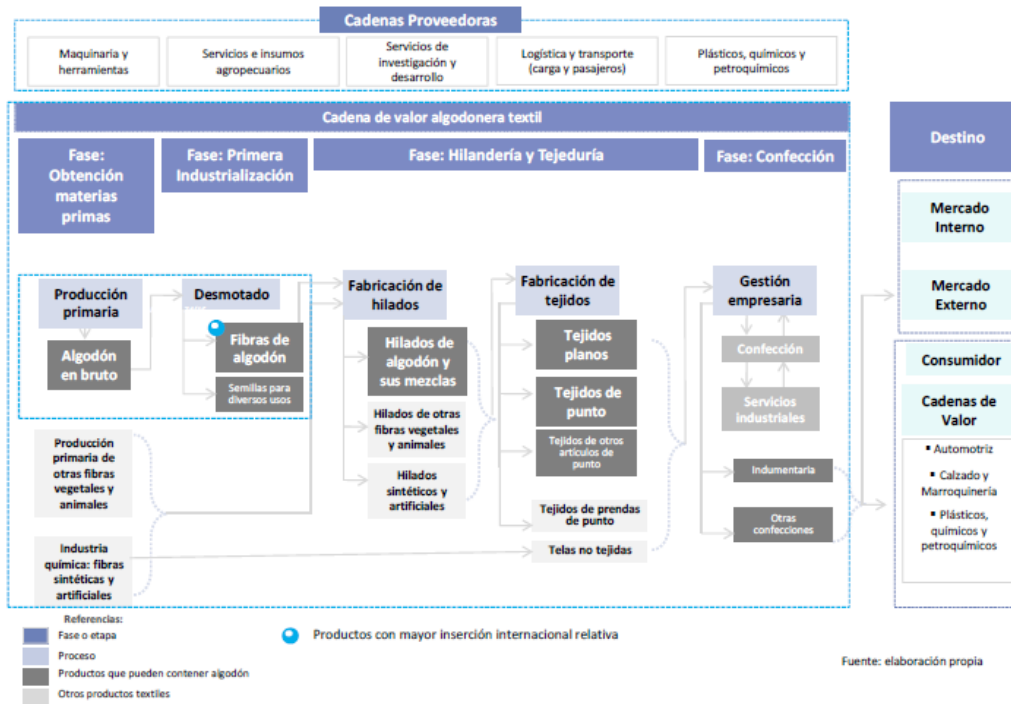


Figura 5 - Cadena textil e indumentaria.  
Fuente: Ministerios de Hacienda.

La cadena productiva del sector textil e indumentaria (ver Figura 5) abarca el procesamiento de las fibras, la fabricación de los manufacturados textiles (con sus tres productos: hilados, tejidos planos y tejidos de punto), el diseño y la confección de prendas de vestir y artículos para el hogar. En cada una de estas etapas se desarrollan las distintas actividades que le agregan valor a los bienes que posteriormente se convertirán en insumos para la industria o en productos finales para el consumo.

La mayor parte de la producción textil se utiliza como insumo en los sectores de indumentaria y calzado, aunque es importante destacar que un cuarto de la producción textil se destina a lo que se denominan "textiles industriales" para ser utilizados en otras industrias tales como automotriz, construcción civil, siderurgia, alimenticia, entre otras. Una característica que suele destacarse de esta actividad, es la gran cantidad de vinculaciones que mantiene con otros sectores productivos que ocupan el rol de proveedores. Por ejemplo, con el sector primario del que obtiene materias primas para la elaboración de fibras, como el algodón, la lana, el lino o el yute; con la industria química, dado que esta provee fibras artificiales y sintéticas, adhesivos, almidones y encolantes, blanqueadores y tinturas. También se relaciona con las industrias plástica y

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

metalúrgica, que les proveen insumos varios para las prendas, por ejemplo, botones, cierres, herrajes, broches y remaches.

En lo que hace a la cadena textil:

- a) Bienes de capital: cosechadoras, desmotadoras, telares, cortadoras, máquinas de coser, etc.
- b) Servicios: tareas de investigación y desarrollo, ingeniería, diseño, capacitación, etc.
- c) Hilatura: es la parte de la cadena en la que se realiza el procesamiento de fibras, cardado, ovillado, peinado, bobinado.
- d) Tejidos: en esta etapa se desarrolla la preparación de hilados, tejeduría plana y en punto, tintorerías, estampados y acabados.
- e) Confecciones y fabricación de prendas de vestir: finalmente se desarrolla la confección final de las prendas de vestir.

Dentro de la cadena, la hilandería y tejeduría plana se caracterizan por ser de capitales intensivos (requieren de una significativa inversión en maquinaria y equipos), poco flexibles a cambios en la demanda, y por tener altas barreras a la entrada; la dimensión es una de las principales formas de alcanzar competitividad. Por el contrario, la fabricación de tejidos de punto requiere una menor escala y tecnificación, lo que otorga mayor flexibilidad para adaptarse a cambios coyunturales. Como consecuencia, esta etapa tiende a centrarse en empresas de menor tamaño y con un mayor grado de atomización, que además participan de segmentos de mayor informalidad. Por otro lado, las fases extremas de la cadena (fase primaria y confección de prendas) son tradicionalmente intensivas en trabajo. Este sector es menos flexible que el de la confección de indumentaria en términos del ajuste al gusto del consumidor y representa el límite para la flexibilidad de la cadena productiva. Además, es un segmento más intensivo en investigación y desarrollo requiriendo mano de obra con mayor grado de capacitación que el de la indumentaria.

El grado de concentración de esta cadena disminuye conforme se avanza aguas abajo y está determinado fundamentalmente por el grado de intensidad de capital que actúa como barrera a la entrada de nuevas empresas. El segmento más concentrado son las hilanderías, en virtud de las elevadas economías de escala existentes. En tanto el de indumentaria es el más atomizado, con muy baja intensidad de capital. Si bien tanto en el segmento textil como indumentaria hay una importante presencia de empresas micro y pequeñas (representan más 80%), en el primero se observa una participación relativa mayor de las grandes y medianas.

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Atendiendo a su distribución geográfica, la cadena textil e indumentaria se caracteriza por la concentración territorial de algunas de sus etapas y la dispersión de otras. La indumentaria se concentra casi en su totalidad en Capital Federal y en la provincia de Buenos Aires, debido a la cercanía del mercado y la fuerte presencia de marcas y diseñadores; en la provincia de Buenos Aires se desarrolló un polo de producción de prendas en la ruta 8, en torno a las ciudades de Pergamino, Colón, Arrecifes y Junín. Otras actividades propias de los segmentos de hilados y tejidos se encuentran distribuidas en todo el país, en algunos casos atraídos por los regímenes de promoción regionales.

La Fundación Pro Tejer detalla que la producción de fibras sintéticas y artificiales prácticamente se duplica en términos interanuales. El siguiente sector más dinámico de la cadena de valor es la indumentaria, que crece por encima del 35%, los hilados y los tejidos mantienen una suba cercana al 24%.

### 2.7.2 Mercado del algodón

El algodón es un cultivo anual que se desarrolla principalmente en las provincias de Chaco y Santiago del Estero. También se produce, en menor cantidad, en Santa Fe, Salta y Formosa. La siembra se realiza entre los meses de septiembre y octubre; la cosecha desde febrero hasta julio según la provincia.

Tal como se cosecha, el algodón con la semilla no puede recorrer grandes distancias. El desmote constituye la primera etapa del proceso industrial: se limpia a la fibra de las semillas y linters. Argentina presenta un rendimiento promedio por hectárea de 350/380 kg de fibra el cual es inferior al promedio mundial (600 kg).

La producción de hilados en Argentina se realiza en plantas especializadas que proveen a las tejedurías, las cuales venden ese producto en el mercado interno o lo exportan. Algunas plantas están integradas hacia atrás, participando en la etapa de desmotado y/o hacia adelante, integrándose con las tejedurías. Las hilanderías no integradas presentan una escala significativamente mayor a la de las integradas.

### 2.7.3 Distribución territorial: Producción primaria y desmote

En el Gráfico 14 se representa la distribución de la producción por provincia en 2015. Chaco y Santiago del Estero han representado históricamente las provincias de mayor producción, le siguen Santa Fe, Salta, Formosa, San Luis, Entre Ríos, Corrientes y Córdoba. El 89% de las plantas desmotadoras se encuentran localizadas en la zona de producción primaria.



## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

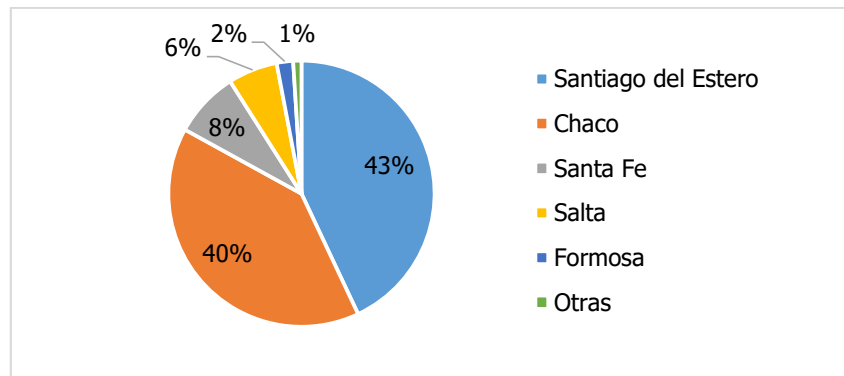


Gráfico 14. Distribución territorial de la producción primaria 2015.  
Fuente: Ministerio de hacienda.

### 2.7.4 Distribución territorial: Hilanderías y Tejedurías

Las plantas de hilanderías y tejedurías se localizan principalmente cerca de los centros de consumo y en las provincias que implementan regímenes de promoción industrial.

- Hilanderías: están integradas o compran algodón en bruto a pequeños, medianos y grandes cosechadores. Si bien, en general, las hilanderías se abastecen de fibra nacional, el auge sojero provocó el desplazamiento de la producción algodонера. Respecto de la localización geográfica de la producción, se presentan tres factores de atracción para la instalación de las fábricas: la cercanía a la provisión de la materia prima (generada principalmente en Chaco y en menor medida Santiago del Estero, Formosa, Santa Fe y Corrientes), el acceso a los grandes mercados (básicamente Buenos Aires) y poder utilizar los regímenes de promoción industrial (La Rioja, San Luis, Catamarca y San Juan).
- Tejedurías: La demanda derivada de las hilanderías está compuesta por empresas productoras de tejidos de punto y planos. Las tejedurías de punto son pymes en su mayoría, pero existen alrededor de diez firmas relativamente grandes. En cuanto a las tejedurías de telas planas en general son medianas o grandes.

La información expuesta anteriormente se representa en el Gráfico 15 y en la Figura 6

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

### Proyecto final de grado – Ingeniería química

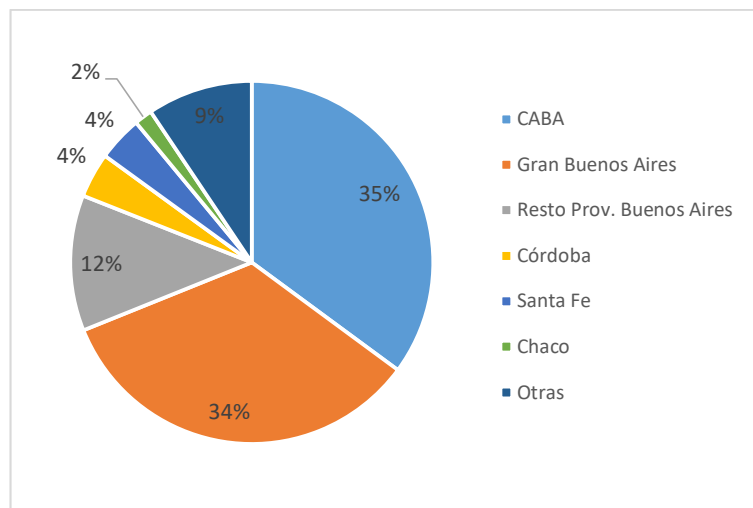


Gráfico 15 - Distribución territorial de la producción de productos textiles en 2014.  
Fuente: Ministerio de Hacienda.

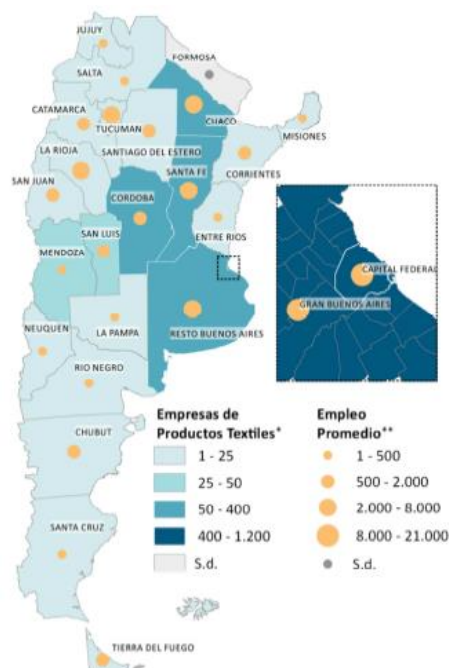


Figura 6 - Mapa de empleo en la rama de productos textiles.  
Fuente: Ministerio de Hacienda.

Las principales empresas productoras de hilados y tejidos se muestran en la Figura 7 y en la Tabla 14. En esta última solo se enlistan los conglomerados que generan productos del tipo artificial.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

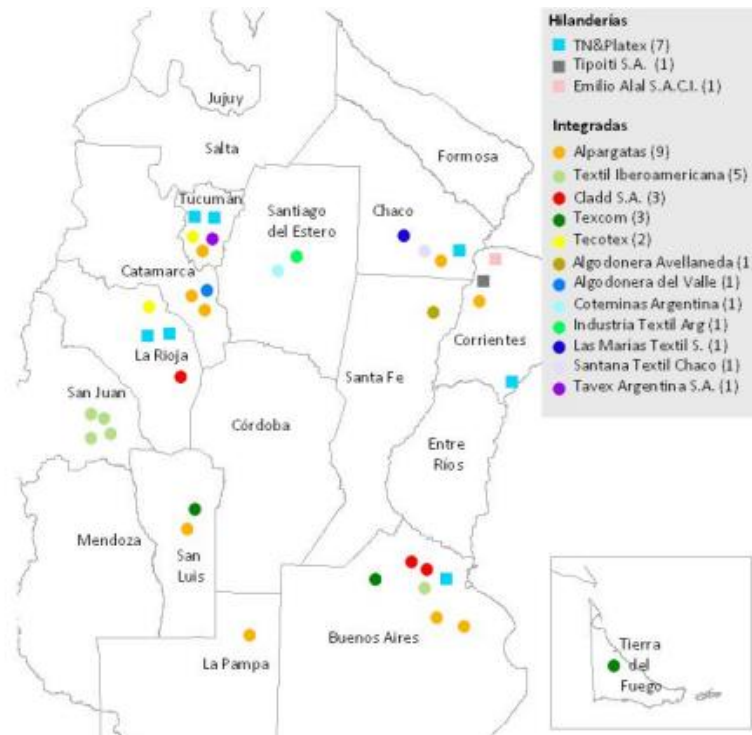


Figura 7 - Mapa de empresas de productos textiles.  
Fuente: Ministerio de Hacienda.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 14 – Principales empresas productoras de productos afines a fibras celulósicas.  
Fuente: Ministerio de Economía.

EMPRESA	PLANTAS	PROPIETARIO Y ORIGEN	CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO	ACTIVIDAD	PRODUCTOS FINALES	OTRAS ACTIVIDADES Y PRODUCTOS
Algodonera Avellaneda	6 plantas desmotadoras (1 en Santa Fe, 3 Chaco, 1 Santiago del Estero y 1 Formosa) y 1 hilandería (Santa Fe)	Vicentín SAIC (Nacional)	3.000 T. desmotadas /día	Desmotado; Hilandería; Tejeduría	Hilados de Algodón (100% peinados, cardados y open end); 100% viscosa, poliéster/Algodón	Aceites de soja, girasol y refinados comestibles. Pellets de soja, girasol y algodón. Harina de Soja. Herbicidas (Glifosato) e Insecticidas (Cipermetrina y Endosulfan).
Tipoiti	3 desmotadoras (Corrientes) y 1 hilandería (Corrientes)	Tipoití SATIC (Nacional)	2.100 T hilado de algodón por mes	Desmotado e Hilandería	Hilados de Algodón (100% peinados, cardados y open end); Hilados de poliéster/algodón y liocel/ algodón. Fibra de algodón y desperdicios	
Cladd S.A.	3 (2 en Buenos Aires y 1 en La Rioja)	Grupo Cladd (incluye Enod SA) (Nacional)		Hilandería; Tejeduría	Hilados de algodón (cardado, peinado, open end) y mezclas con otras fibras. Tejidos (jersey, piqué, rústico, frisa, interlock, rib)	Tintorería; Estampería
Industria Textil Argentina	1 planta industrial (Santiago del Estero)	Industria Textil Argentina SA (Nacional)	180 T de hilado por mes	Hilandería y Tejeduría	Tejidos lisos y fantasía de algodón y mezclas con poliéster y viscosa	Tintorería y Terminación
Algodonera San Nicolás	1 planta de hilado y tejido (CABA)	Algodonera San Nicolás SA (Nacional)	Hilandería y Tejeduría		Hilados de Algodón (100% Cardado y Superpeinado); 100% Viscosa; Viscosa/Poliéster; Viscosa/Algodón Superpeinado y Poliester/Algodón Superpeinado. Tejeduría Plana y Jaquard; Ratier para Camisería y Pantalonería.	
Galfione	1 planta (Bajo flores)				Fibras sintéticas y artificiales	

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 2.7.5 Producción de algodón en Argentina

La producción, importación, consumo y exportación de algodón entre 2007 y 2017 se expone en la Tabla 15 y en el Gráfico 16. Las caídas registradas en 2008 y 2009 se encuentran asociadas a menores rendimientos como consecuencia de una sequía.

La evolución del cultivo de algodón en el período 2010-2016 muestra un comportamiento dispar. El período se inicia con un importante aumento en 2010, tanto de la superficie sembrada como de la producción, del 95% y 65% respectivamente.

La mayor superficie dedicada al algodón en 2011 se vincula, principalmente con el aumento de los precios internacionales que se registró a partir del septiembre de 2010. Luego, la evolución muestra un comportamiento negativo con excepción de 2014, cuando aumentaron significativamente los rendimientos.

En 2015/2016 se produjo una caída del 15,5%, respecto de la campaña anterior, debido, entre otros factores, a la expansión de la plaga del picudo, que tuvo un impacto mayor al esperado en Chaco.

En este contexto se inscriben los desplazamientos hacia la soja, cultivo que requiere un paquete tecnológico relativamente más barato y con precios internacionales en alza.

Cabe aclarar que la producción de fibra de algodón presenta el mismo comportamiento que la de algodón en bruto, dado la relación técnica que existe entre ambos (aproximadamente 32/33%).

Según información del Banco Mundial, la fibra de algodón constituye aproximadamente el 60% del total de fibra de la industria textil nacional, del cual el 95% proviene de la producción nacional. Sin embargo, los consumos per cápita de fibra de algodón están disminuyendo, mientras que los correspondientes a otras fibras sintéticas muestran un marcado incremento. El consumo interno de fibra de algodón varió entre las 120.000 y las 175.000 toneladas anuales en los últimos años. En su mayor parte, la fibra de algodón utilizada por la industria es de producción nacional, pero ciertas calidades se importan representando volúmenes poco significativos.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

### Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 15 - Producción, importación, consumo y exportación, en toneladas, de algodón en Argentina entre 2007 y 2017. Fuente: Camara Algodonera Argentina.

	PRODUCCIÓN	IMPORTACIÓN	CONSUMO	EXPORTACIÓN
2007	183000	32753	160000	8204
2008	166000	37490	170000	1330
2009	135000	15153	145000	14857
2010	230000	14298	175000	63102
2011	215000	5176	140000	90574
2012	200000	7516	140000	76868
2013	170000	4433	140000	28673
2014	320000	3149	120000	82740
2015	240000	4000	160000	40000
2016	190000	3000	140000	55000
2017	175000	3000	125000	20000

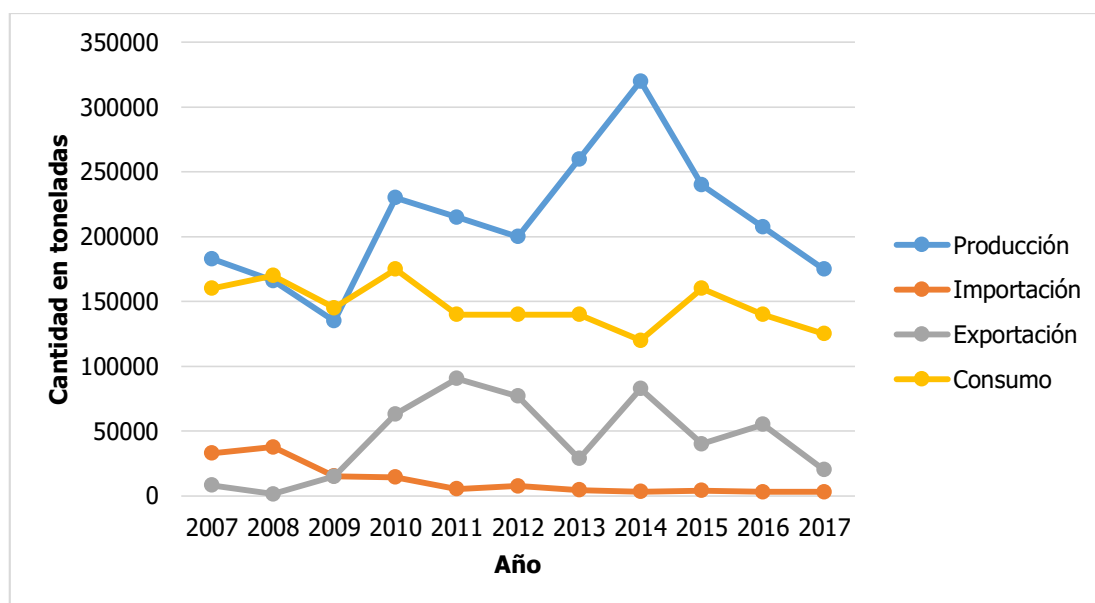


Gráfico 16 - Producción, importación, exportación y consumo de algodón en Argentina.  
Fuente: Elaboración propia en base a la Cámara Algodonera Argentina.

#### 2.7.5.1 Proyección de la producción de algodón

La extrapolación de la producción de algodón a diez años se muestra en el Gráfico 17. Los datos que se utilizaron se encuentran en la Tabla 15, se decidió realizar la adecuación de los valores de 2013 y 2016 realizando un promedio de la cantidad anterior y posterior, ya que la producción de esos años se vio afectada por sequía y el ataque del Picudo del Algodonero (*Anthonomus grandis*, B), respectivamente. La proyección presenta una tendencia positiva alcanzando valores hipotéticos de 370000 T en 2027.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

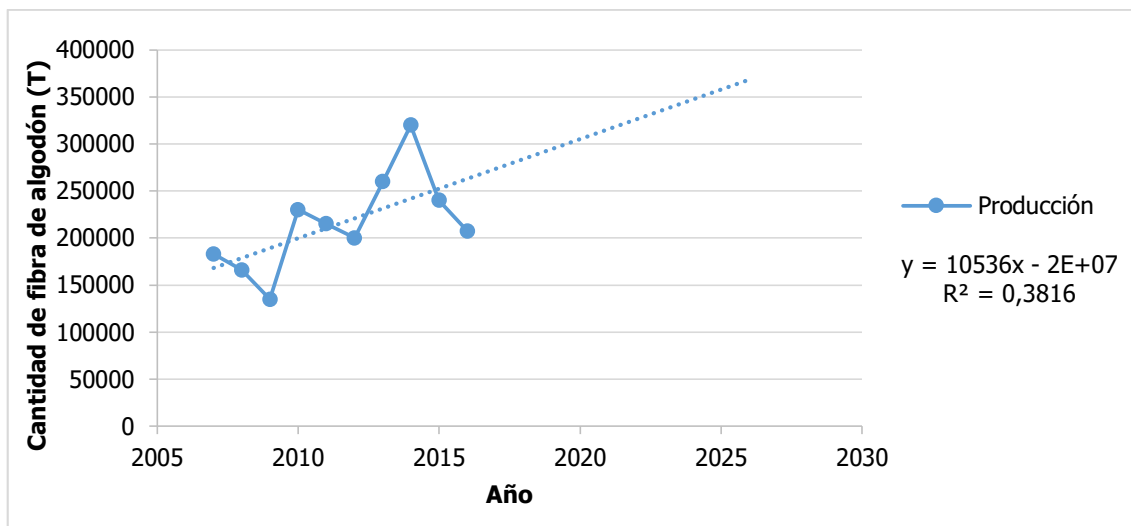


Gráfico 17 - Proyección de la producción de algodón.  
Fuente: Elaboración propia.

### 2.7.6 Exportaciones de algodón

La producción nacional de fibra normalmente abastece la demanda de la industria textil nacional y se destina a la exportación lo que no se consume internamente. El segmento de fabricación de productos textiles genera un 25% de las exportaciones totales. Argentina ha sido tradicionalmente un exportador de fibra de algodón, si bien los volúmenes recién alcanzaron niveles significativos a mediados de los 90, cuando se ubicó en el cuarto lugar dentro del ranking mundial. La fibra es el segmento más importante en términos de volumen dentro de las exportaciones de la cadena, representando alrededor del 60% del total como se puede observar en el Gráfico 18. El principal destino de las exportaciones textiles algodoneras es el Mercosur, en particular Brasil, que concentra más del 50% de las ventas (ver Tabla 16).

Según los datos de la encuesta cualitativa anual 2009 realizada por la Fundación Pro-Tejer, el 38,8% de las empresas confirmaron haber realizado ventas al exterior durante ese año; sin embargo, en alrededor del 80% de los casos, las exportaciones no superaron el 10% de las ventas totales. La falta de conocimiento de la actividad exportadora, la escasa información de oportunidades comerciales, los bajos precios internacionales, los problemas de escala y la falta de financiamiento fueron mencionados por las empresas consultadas como los principales obstáculos para mejorar aquel desempeño.

Luego del aumento de las cantidades exportadas en hilados y tejidos en 2007 y 2008, se produce una caída como producto de la crisis económica internacional de 2009.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

En el período 2010-2016, las exportaciones de fibra de algodón mostraron un comportamiento fluctuante. En 2010, las exportaciones del complejo, especialmente de la fibra, crecieron fuertemente alcanzando niveles récords.

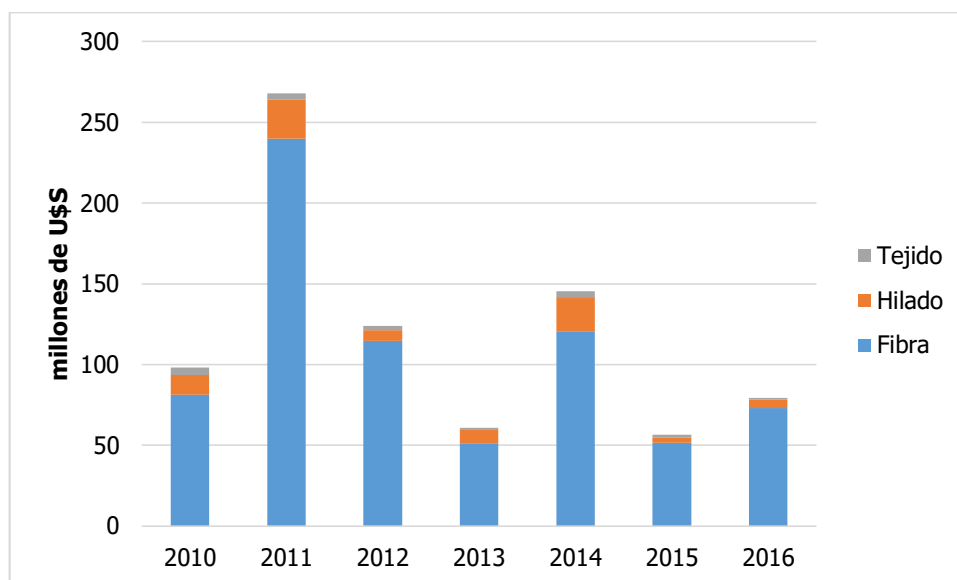


Gráfico 18 - Evolución de la exportación por producto.  
Fuente: Ministerio de Hacienda.

Tabla 16 - Destinos de las exportaciones de algodón en 2016.  
Fuente: Ministerio de Hacienda.

PRODUCTO	PRINCIPALES DESTINOS
Fibra	Indonesia, Colombia, Turquía, India y Vietnam
Hilado	Brasil, Uruguay, Chile, Costa Rica y Estados Unidos
Tejido	Uruguay, EEUU, Chile, Brasil y Paraguay

### 2.7.7 Importaciones de algodón

Argentina se autoabastece de algodón, a excepción de años particularmente críticos donde problemas climáticos, fuertes caídas en el precio o producción nacional insuficiente han ocasionado inconvenientes para abastecer a la industria local. Por lo tanto, las importaciones son poco significativas y se reducen a calidades especiales que nuestro país no produce (ver Gráfico 19).



## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

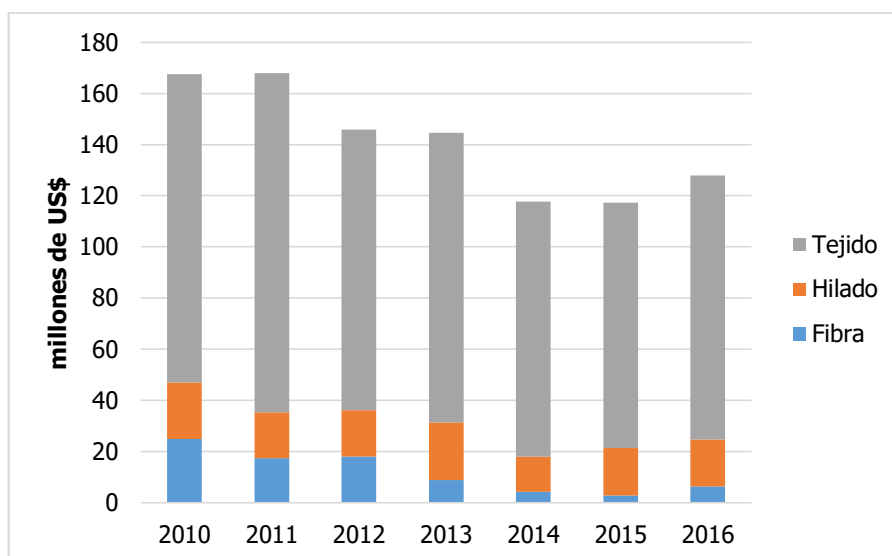


Gráfico 19 - Evolución de las importaciones por producto.  
Fuente: Ministerio de Hacienda.

A principio de la década del 2000, el principal proveedor de Argentina de productos textiles era Brasil con el 50% de las importaciones. Sin embargo, a partir de 2007 comienza a revertirse esa situación debido a que las importaciones provenientes de otros países fundamentalmente asiáticos comienzan a ganar participación y hacia 2015 este conjunto de países alcanza el 70% de participación de las importaciones textiles de Argentina, mientras que la de Brasil se redujo al 25%. El Resto de Latinoamérica se mantuvo en el entorno del 5%.

En la Tabla 17 se presentan los principales orígenes de las importaciones. El examen de éstas confirma que se concentran en hilados y tejidos de fibras sintéticas y artificiales, continuas o discontinuas. Los principales productos importados desde China son tejidos de fibras sintéticas discontinuas y otros tejidos de punto. En el caso de la India prevalecen los hilados de algodón, hilados de filamento continuo sintético e hilados de fibras discontinuas. Estados Unidos se destaca en textiles no tejidos e hilados NEP<sup>2</sup>. En lo que respecta a Indonesia, hilados de fibras discontinuas e hilados de filamento sintético continuo. Las importaciones de Pakistán son, prácticamente en su totalidad, tejidos de fibras sintéticas discontinuas.

<sup>2</sup> Se considera NEP a una parte gruesa de un hilo, de longitud inferior a 4mm.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

### Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 17 - Origen de las importaciones de algodón por producto en 2016.  
Fuente: Ministerio de Hacienda.

PRODUCTO	PRINCIPALES PAÍSES
Fibra	Brasil, Indonesia y Estados Unidos
Hilado	India, Brasil, Uzbekistán, Indonesia y Perú
Tejido	Brasil, China, Pakistán, Ecuador y Perú

#### 2.7.8 Evolución del precio del algodón

Los precios internacionales de la fibra de algodón toman como referencia el relevamiento realizado por Cotton Outlook, una empresa privada con sede en Liverpool, Inglaterra. Elabora dos índices globales conocidos como Índice A (mayor calidad) y B (menor calidad) de Cotton Outlook. Las cotizaciones se expresan en centavos de dólar por libra. La Argentina es tomadora de precios. Asimismo, la Cámara Algodonera Argentina establece semanalmente precios orientativos promedio para fibra de algodón para mercado interno y exportación.

En 2009, la caída de los precios internacionales obedeció principalmente a la crisis económica.

Hacia agosto de 2010 los precios iniciaron una tendencia alcista alcanzando, en el primer trimestre de 2011, nuevos máximos históricos debido a la caída previa de la producción mundial y al crecimiento de la demanda.

A partir de abril de 2011 se observa una abrupta caída que se explica por la desaceleración de la demanda debido a los altos precios del insumo y por la mayor participación de fibras sintéticas en la producción hilandera.

En los años siguientes, los precios se mantuvieron deprimidos debido a la acumulación de las existencias mundiales, principalmente por parte de China. La dificultad para competir con los precios de China no es algo exclusivo de la Argentina, sino que afecta a todo el mundo.

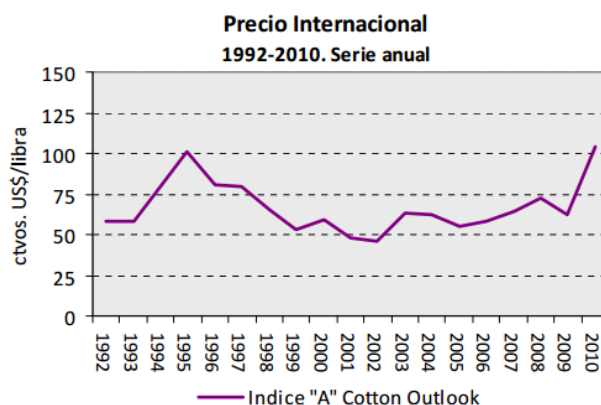


Gráfico 20 - Evolución del precio internacional e interno de la fibra de algodón.  
Fuente: Ministerio de Hacienda.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 2.7.9 Análisis de la demanda insatisfecha

En la *Tabla 18* se presenta la demanda insatisfecha, la cual se obtiene mediante:

$$\text{Demanda insatisfecha} = \text{Producción} + \text{Importación} - \text{Exportación}$$

Los valores calculados se proyectaron a diez años en el *Tabla 18*.

Tabla 18 - Demanda insatisfecha del algodón en toneladas.

Fuente: Elaboración propia.

AÑO	PRODUCCIÓN	IMPORTACIÓN	EXPORTACIÓN	DEMANDA INSATISFECHA
2007	183000	32753	8204	207549
2008	166000	37490	1330	202160
2009	135000	15153	14857	135296
2010	230000	14298	63102	181196
2011	215000	5176	90574	129602
2012	200000	7516	76868	130648
2013	260000	4433	28673	235760
2014	320000	3149	82740	240409
2015	240000	4000	40000	204000
2016	207500	3000	55000	155500
2017	175000	3000	20000	158000

La producción de jugo concentrado involucra diversas etapas, las necesarias para el cálculo de la estimación de la fibra celulósica que es posible obtener son la extracción y el tamizado. En la parte de la extracción, la cáscara representa el 56% y el jugo el 43,3%. Luego ésta se tamiza para eliminar la pulpa, el jugo obtenido representa el 92,5%. Teniendo en cuenta estos datos, se parte de la cantidad total de jugo concentrado (ver *Tabla 7*) a la cual se le aplica primero el rendimiento del tamizado seguido del correspondiente a la extracción. A continuación, se procede a considerar la porción del proceso referida a la generación de la fibra; en primer lugar, para estimar la cantidad de fibra que se puede obtener con la producción de jugo concentrado, se toma como referencia un rendimiento de la extracción de la celulosa contenida en la cáscara de 12,74% y que se obtienen 100 toneladas de fibra celulósica por cada tonelada de celulosa. Los valores calculados se expresan en la *Tabla 19* y se proyectan en el *Gráfico 21*.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

### Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 19 - Cantidad estimada de producción de fibra celulósica en toneladas.  
Fuente: Elaboración propia.

AÑO	JUGO CONCENTRADO	TAMIZADO	EXTRACCIÓN	EXTRACCIÓN CELULOSA	FIBRA PRODUCIDA
2007	90100	97405	125975	16049	1604917
2008	70600	76324	98710	12576	1257571
2009	74000	80000	103464	13181	1318134
2010	63100	68216	88224	11240	1123976
2011	89537	96797	125187	15949	1594889
2012	74150	80162	103674	13208	1320806
2013	64855	70114	90678	11552	1155238
2014	51250	55405	71656	9129	912897
2015	84262	91094	117812	15009	1500927
2016	98474	106458	137683	17541	1754080
2017	85936	92904	120153	15307	1530745

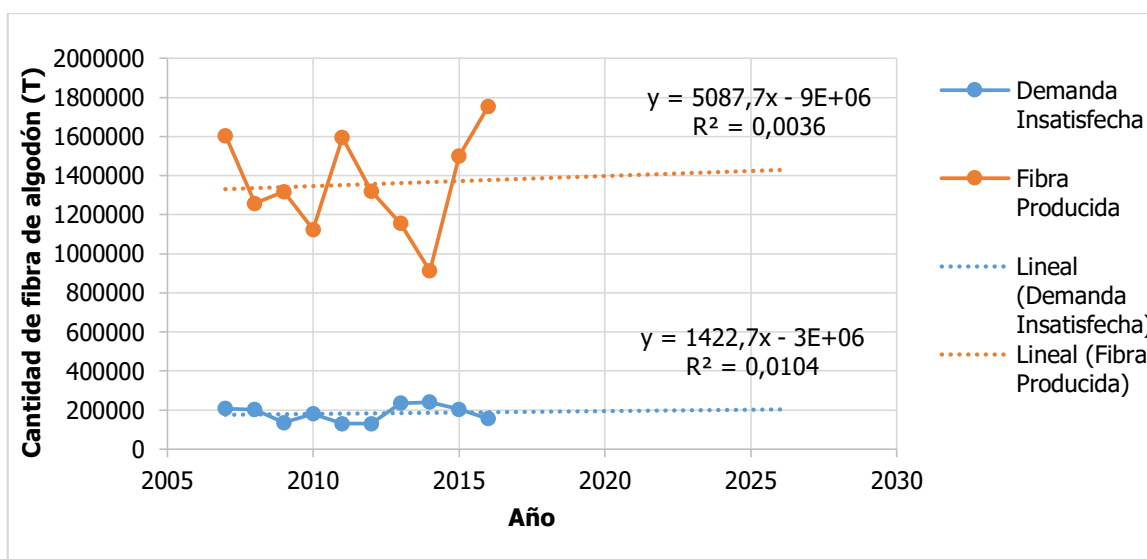


Gráfico 21 - Proyección de la demanda insatisfecha y de la estimación de la fibra producida.  
Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 21 se puede observar la comparación entre la demanda insatisfecha y la estimación de la fibra que puede producir con la cantidad de materia prima disponible. Se puede concluir que el limitante del proyecto es el mercado del algodón debido a que está ampliamente superado por la cantidad de fibra que se puede obtener.

## 2.8 INSUMOS

### 2.8.1 Insumos de la extracción de celulosa

El proceso de extracción de celulosa de la cascara de cítricos requiere de hidróxido de sodio, etanol, peróxido de hidrógeno, acetona, tolueno, ácido acético y ácido fórmico.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 2.8.1.1 Hidróxido de sodio

Argentina tiene ocho empresas productoras de hidróxidos de sodio, con una capacidad total de 231700 T/año. De las cuales dos se encuentran en Córdoba, tres en Buenos Aires y las tres restantes en Mendoza, Jujuy y Santa Fe (ver Tabla 20).

Aproximadamente el 30% de la producción total se concentra en Transclor S.A., provincia de Buenos Aires.

Tabla 20 - Productores de hidróxido de sodio en Argentina.

Fuente: García Valverde.

PRODUCTOR	LOCALIZACIÓN	CAPACIDAD INSTALADA (T/AÑO)
Transclor SA	Pilar, Buenos Aires	65500
Atanor SCA	Río Tercero, Córdoba	48000
Petroquímica Bermúdez SA	Caitán Bermúdez, Santa Fe	37000
Petroquímica Río Tercero	Río Tercero, Córdoba	28500
Solvay Indupa SAIC	Bahía Blanca, Buenos Aires	19400
Clorox Argentina SA	Pilar, Buenos Aires	17200
Juan Messina SA	Chacras de Coria, Mendoza	8400
Ledesma SAAI	Ledesma, Jujuy	7700
TOTAL		231700

### 2.8.1.2 Agua oxigenada

El país solamente cuenta con una planta productora de agua oxigenada llamada ATANOR S.C.A., la misma se ubica en Río Tercero, provincia de Córdoba con una capacidad total de 14.400 T/año.

### 2.8.2 Insumo para la producción de lyocell

El proceso de producción de lyocell sólo requiere de un solvente orgánico llamado N-óxido de N-metilmorfolina (NMMO). Este solvente no es producido en Argentina, por lo tanto, debe ser importado. En Tabla 21 se listan los principales productores a nivel global.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 21 - Principales productores de NMMO a nivel mundial. Fuente: Chemical Book.

PRODUCTOR	PAIS
Capot Chemical Co.,Ltd.	China
Mainchem Co., Ltd.	China
ATK CHEMICAL COMPANY LIMITED	China
Shenzhen Nexconn Pharmatechs Ltd	China
Chemwill Asia Co.,Ltd.	China
Accela ChemBio Inc.	Estados Unidos
Alchem Pharmtech,Inc.	Estados Unidos
Henan tianfu chemical co. LTD	China
Wulechem Co., Ltd.	China
J & K SCIENTIFIC LTD.	China

## 2.9 ANALISIS FODA

En la Tabla 22 se desarrolla el análisis FODA, el cual permite conocer la situación real del proyecto estudiando sus características internas (Debilidades y Fortalezas) y su situación externa (Amenazas y Oportunidades).

Tabla 22 - Análisis FODA.  
Fuente: Elaboración propia.

<b>FORTALEZAS</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Utilización de desechos de la industria productora de jugos como materia prima.</li><li>• Disponibilidad de cantidad de cascaras, debido a la amplia relación entre la fruta fresca y el jugo producido.</li><li>• Sustitución del uso de materia prima que requiere desforestación.</li><li>• Proceso más amigable con el medio ambiente que el método tradicional tanto para la extracción de celulosa como para la elaboración de la fibra.</li><li>• Espacio físico y servicios auxiliares disponibles tanto para colocar una planta independiente como para emplazar a una existente.</li><li>• Disponibilidad de mano de obra calificada en el país.</li><li>• Disponibilidad de tecnologías para la producción.</li><li>• Disponibilidad de los insumos requeridos en los procesos.</li><li>• El producto obtenido este destino a satisfacer una necesidad básica por lo que facilita su comercialización.</li></ul>
<b>OPORTUNIDADES</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Tendencia positiva en producción de jugos.</li><li>• Materia prima de bajo costo debido a que es un desecho.</li><li>• Se realizan investigaciones continuamente para encontrar métodos de producción de fibras que sean menos contaminantes.</li><li>• Pocas empresas realizan este tipo de producto, ninguna de ellas utiliza este tipo de materias primas.</li><li>• El producto posee un alto valor agregado.</li><li>• Necesidad del producto.</li></ul>

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## DEBILIDADES

- Apertura de las importaciones.
- Problemas y políticas económicos a nivel nacional que impacta directamente en el sector.
- Tipo de producto poco conocido.

## AMENAZAS

- Fuerte competencia.
- Mercados textiles internacionales que producen a bajo costo.
- Volatilidad e incertidumbre de los mercados debido a crisis nacionales e internacionales.

### 2.9.1 Conclusión del análisis FODA

Del análisis FODA se concluye que existe una buena oportunidad de establecer una fábrica elaboradora de fibras celulósicas en Argentina debido a que se dispone de una gran cantidad de materia prima, el proceso es innovador y atractivo desde el punto de vista medioambiental. Además, la comercialización del producto se ve facilitada debido a la demanda existente de textiles. Sin embargo, el poco conocimiento del tipo de producto y la inestabilidad económica del país representan la mayor debilidad y amenaza, respectivamente.

### 2.10 CONCLUSIONES

Del estudio de mercado se pueden obtener diversas conclusiones:

- La utilización de cascaras de cítricos como materia prima es una ventaja desde el punto de vista económico, ya que implica el aprovechamiento de un desecho, como medioambiental, debido a que significa la obtención de un producto que no requirió la tala de árboles, el uso de hidrocarburos y comparativamente los arboles cítricos requieren menos consumo de agua para riego que las plantaciones de algodón.
- En el país existen empresas elaboradoras de fibras celulósicas, por lo tanto, es factible la adquisición de la tecnología demanda por el proceso. Sin embargo, deben considerarse el poco conocimiento de este tipo de producto por parte del consumidor promedio y la competencia generada por las importaciones desde países que poseen diferentes regímenes laborales, acuerdos económicos y políticos de estímulo para el desarrollo del sector textil.
- El resultado del análisis FODA es favorable para llevar adelante un proyecto de estas características en Argentina.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 2.11 REFERENCIAS

CÁMARA ALGODONERA ARGENTINA.2017. "Revista de publicación mensual". I.S.S.N.0236 – 1581, página 81.

CEPAL. 2013. La industria argentina frente a los nuevos desafíos y oportunidades del siglo XXI.

CEPAL, Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda. 2017. Territorio, infraestructura y economía en la Argentina.

CHALLIER CRISTIAN y otros. "Industria Petroquímica Básica". Universidad de Buenos Aires, Facultad de ingeniería. 2013.

DRAGUN PABLO. "Análisis de diagnóstico tecnológico sectorial, química básica". Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. 2013.

FEDERCITRUS. 2008 – 2018. La Actividad Citrícola Argentina.

<https://www.federcitrus.org/estadisticas/>

GARCÍA VALVERDE ROLANDO. "Análisis Tecnológicos y Prospectivos Sectoriales, Prospectiva Tecnológica al 2025 del Complejo Químico-Petroquímico". Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. 2016.

HANS-KARL ROUETTE. "Enciclopedia of Textile Finishing". Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. Vol. 3, 2500-2505. 2001.

INTA. 1996. La citricultura en argentina.

[https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_manual\\_citricultura\\_cap3.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_manual_citricultura_cap3.pdf)

LUCÁNGELI JORGE. "Política comercial, inserción internacional y desarrollo productivo". Ministerio de Producción, Secretaría de Comercio. 2018.

MINISTERIO DE ECONOMIA Y FINANZAS PÚBLICAS, Secretaría de Política Económica. 2011. *Complejo Algodonero-Textil, fibra de algodón*.

MINISTERIO DE HACIENDA, Subsecretaria de Programación Microeconómica. 2017. *Informes de cadena de valor, algodонера - textil*.

MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES, COMERCIO INTERNACIONAL Y CULTO, Subsecretaría de Comercio Internacional. 2010. *Informe sector textil, Hilados y telas*.

PÉREZ AYALA MARTA. "Línea de elaboración de zumo de naranja pasteurizado y refrigerado de 6000 L/h en Lorquí (Murcia)". Universidad Politécnica de Cartagena. 2005.

SANTONOCITO ADRIANA MARÍA. "Production of textile from citrus fruit". Patente N° US 9771435 B2. 2017.

SEDRÁN ULISES. "Análisis Tecnológicos y prospectivos sectoriales, Complejo Químico". Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. 2016.

SENASA. 2013 – 2017. *Exportacion/Importacion – frutas*.



## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

<http://www.senasa.gob.ar/cadena-vegetal/frutales/informacion/informes-y-estadisticas>  
SENASA, Coordinación General de Desarrollo y Planificación Estratégica. 2015. *Informe estadístico, Cítricos Argentinos de excelencia*.

THE FIBER YEAR. 2014. World Survey on Textiles & Nonwovens.

WATER FOOTPRINT NETWORK. 2017. Viscose fibers production, An assessment of sustainability issues.

YANG QIN. "Global Fibres Overview". Tecnon Orbichem. 2014.

<https://www.statista.com/statistics/271651/global-production-of-the-chemical-fiber-industry/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Dissolving\\_pulp](https://en.wikipedia.org/wiki/Dissolving_pulp)

[https://es.wikipedia.org/wiki/Textil\\_no\\_tejido](https://es.wikipedia.org/wiki/Textil_no_tejido)

[https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra\\_textil](https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_textil)

<https://asolengin.files.wordpress.com/2014/06/regularidad-de-los-hilos-conceptos-bc3a1sicos.pdf>

<https://textination.de/en/the-fiber-year-world-fiber-production-5>

[https://www.bcr.com.ar/Pages/Publicaciones/informativosemanal\\_noticias.aspx?pIdNoticia=664](https://www.bcr.com.ar/Pages/Publicaciones/informativosemanal_noticias.aspx?pIdNoticia=664)

<http://www.petro-quimica.com.ar/arbolorpetroquimico/files/arbolorpetroquimico3.pdf>

<http://www.fao.org/3/a-i5558e.pdf>

<http://www.fao.org/3/a-i8092e.pdf>

[http://vaconfirmamendoza.com.ar/?articulos\\_seccion\\_716/id\\_2495/la-importacion-de-citricos-aumento-un-700-en-los-ultimos-dos-anos](http://vaconfirmamendoza.com.ar/?articulos_seccion_716/id_2495/la-importacion-de-citricos-aumento-un-700-en-los-ultimos-dos-anos)

<https://www.lanacion.com.ar/1563345-imagenes-repetidas-la-sequia-arrasa-con-la-agricultura-del-norte>

<http://www.diarionorte.com/article/96253/algodon-para-arriba-estiman-en-un-25-el-incremento-en-la-superficie-a-sembrar>

[https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty\\_EN\\_CB8353296.htm](https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB8353296.htm)

CAPÍTULO 3

---

LOCALIZACIÓN

---

# **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## **3. LOCALIZACIÓN**

### **3.1 INTRODUCCIÓN**

La localización adecuada de la planta industrial es un factor determinante para el éxito del proyecto, por lo que, la decisión acerca de la ubicación de la planta obedecerá a criterios económicos y estratégicos con el fin de elegir el lugar que permitiría reunir la materia prima necesaria, realizar los procesos de fabricación y entregar el producto a los clientes con el costo más bajo posible.

Un método útil para disminuir el número de lugares posibles es el procedimiento de cribado. Con este método pueden seleccionarse regiones a los cuales se les aplicará el método de puntuaciones ponderadas, el cual implica un estudio más intenso de los diferentes sitios para determinar la ubicación óptima para el proyecto.

La producción de fibra celulósica a partir de desechos cítricos tiene como característica principal la utilización de este desperdicio, por lo que su ubicación está ligada a las fábricas productoras de jugos concentrados. Adicionalmente, el proyecto está relacionado a productoras textiles, de modo que, la localización final de la planta estará en una región cercana a estos dos tipos de empresas.

### **3.2 MACRO-LOCALIZACIÓN**

La macro localización tiene como propósito encontrar la región más ventajosa para desarrollar el proyecto. Para ello, se investigan las características físicas e indicadores socioeconómicos más relevantes de cada región para cubrir los requerimientos del proyecto.

El proyecto para el desarrollo de la planta elaboradora de fibras celulósicas fue ideado para localizarse en el territorio argentino con el objetivo de generar un producto textil más amigable con el medio ambiente utilizando un desecho de la industria productora de jugos concentrados.

Los factores que se deben considerar para seleccionar la ubicación de la planta son los siguientes:

- Disponibilidad de materia prima.
- Disponibilidad de zonas o mercados de consumo.
- Disponibilidad de transporte.
- Disponibilidad de parques y áreas industriales con beneficios otorgados exclusivamente por la elección de la localización (legislación y normas públicas).
- Disponibilidad de mano de obra.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 3.2.1 Cribado

Este método tiene como objetivo disminuir el número de lugares posibles para ubicar la planta, luego las regiones elegidas se estudiarán con mayor profundidad.

El cribado consiste en sombrear las regiones o zonas de interés respecto a los factores citados anteriormente, en un mapa esquemático de Argentina. Finalmente, se superponen los mapas para encontrar las regiones coincidentes las cuales representan las zonas que no presentan inconvenientes para ubicar la planta.

#### 3.2.1.1 Disponibilidad de materia prima

Este factor tiene mucha influencia a la hora de localizar la planta, ya que, las principales fuentes de abastecimientos, distancias y costos de transporte influirán en el precio final del producto. En la Tabla 23 y en la Figura 8 se organizan las provincias según el nivel de producción de jugo de cítricos concentrados. Como se puede observar, Tucumán es la mayor provincia productora con nueve plantas industriales (Federcitrus, 2018).

Tabla 23 - Disponibilidad de la materia prima.  
Fuente: Elaboración propia en base a Federcitrus, Ministerio de Economía y Finanzas Públicas y sitio de internet de las empresas.

PROVINCIA	NIVEL DE PRODUCCIÓN
Tucumán	Alto
Buenos Aires	Moderado
Jujuy	Bajo
Entre Ríos	Bajo
Misiones	Bajo
Formosa	Bajo
Salta	Bajo



Figura 8 - Disponibilidad de la materia prima.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 3.2.1.2 Disponibilidad de zonas o mercados de consumo

Este factor es importante cuando se analizan las distancias del consumidor con las posibles localizaciones de la planta, debido a que, afecta directamente a los precios del transporte del producto, el tiempo en el que el consumidor tendrá el producto y relativas ventajas sobre los competidores.

En la Tabla 24 y la Figura 9 se representan las provincias en las que se asientan hilanderías y productoras textiles (Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, 2011). Buenos Aires representa un nivel alto con diez plantas productoras, luego se encuentran

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

San Juan, Catamarca, Tucumán, Chaco y Corrientes con cuatro plantas productoras cada una.

Tabla 24 - Zonas de consumo.

Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Economía y Finanzas Públicas.

PROVINCIA	NIVEL DE CONSUMO
Buenos Aires	Alto
La Rioja	Moderado
San Juan	Moderado
Tucumán	Moderado
Corrientes	Moderado
Chaco	Moderado
Santiago del estero	Bajo
Catamarca	Bajo
Tierra del Fuego	Bajo
San Luis	Bajo
Santa Fe	Bajo

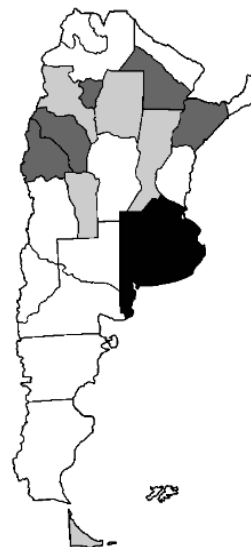


Figura 9 - Zonas de consumo. Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.1.3 Disponibilidad de transporte

La disponibilidad de rutas y vías de tren afecta en los costos de transporte, ya que, se tiene en cuenta al analizar las distancias necesarias para llevar la materia prima a la planta, así como para llevar el producto a la zona de consumo. Como se observa en la Tabla 25 y Figura 10, las provincias con mayor capacidad de transporte son Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba, ya que en las mismas se concentran las principales industrias del país con necesidad de un transporte eficiente.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

## Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 25 - Disponibilidad de transporte.  
Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Industria.

PROVINCIA	NIVEL DE TRANSPORTE
Jujuy	Bajo
Salta	Bajo
Formosa	Bajo
Tucumán	Moderado
La Rioja	Bajo
Santiago del Estero	Bajo
Chaco	Bajo
Santa Fe	Elevado
Misiones	Bajo
Corrientes	Bajo
Entre Ríos	Moderado
Córdoba	Elevado
San Luis	Moderado
Catamarca	Bajo
Mendoza	Bajo
Buenos Aires	Elevado
La Pampa	Bajo
San Juan	Bajo
Neuquén	Bajo
Río Negro	Bajo
Chubut	Bajo
Santa Cruz	Bajo
Tierra del Fuego	Bajo

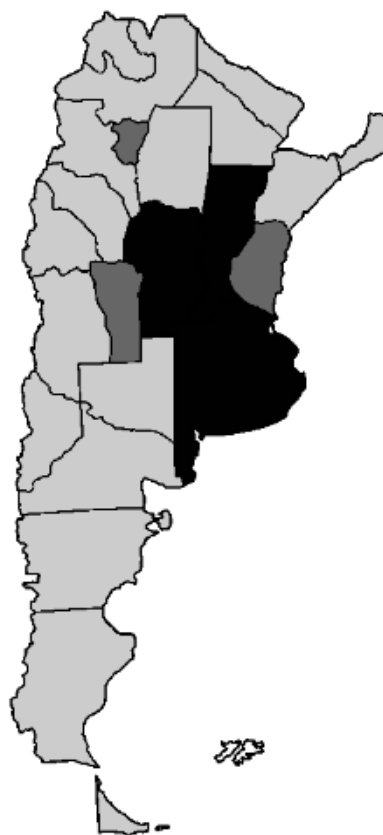


Figura 10 - Disponibilidad de transporte.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.1.4 Disponibilidad de parques industriales

Los parques industriales son predios diseñados para la radicación de industrias y servicios para la industria. Disponen de infraestructura y servicios comunes favoreciendo el desarrollo de pequeñas y medianas empresas en el territorio nacional, así como la generación de empleo genuino.

Estos parques otorgan ciertas ventajas como óptima ubicación, gran equipamiento del espacio con los mejores recursos, un amplio catálogo de servicios, infraestructura operativa necesaria, complementariedad productiva, mejores condiciones de seguridad, desarrollo de mercados intermedio de productos y servicios y la posibilidad de desarrollar economías de red que promuevan una mayor capacidad de innovación, absorción y difusión de nuevas tecnologías. Estos generan economías de escala que facilitan la creación y acceso a políticas públicas que significan beneficios impositivos.

En la actualidad, Argentina cuenta con 218 parques industriales (Ministerio de Producción y Trabajo, 2018). En la Tabla 26 y Figura 11 se puede observar que las

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

provincias con mayor de superficie destinada a parques industriales son Buenos Aires, Santa Fe, Entre Ríos, Rio Negro y Mendoza.

Tabla 26 - Disponibilidad de parques industriales. Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Producción y Trabajo.

PROVINCIA	NÚMERO DE PARQUES INDUSTRIALES
Jujuy	Bajo
Salta	Bajo
Formosa	Bajo
Tucumán	Bajo
La Rioja	Bajo
Santiago del Estero	Moderado
Chaco	Bajo
Santa Fe	Elevado
Misiones	Bajo
Corrientes	Bajo
Entre Ríos	Elevado
Córdoba	Moderado
Catamarca	Moderado
Mendoza	Elevado
Buenos Aires	Elevado
La Pampa	Moderado
San Juan	Moderado
Neuquén	Moderado
Rio Negro	Elevado
Chubut	Moderado
Santa Cruz	Bajo
Tierra del Fuego	Bajo

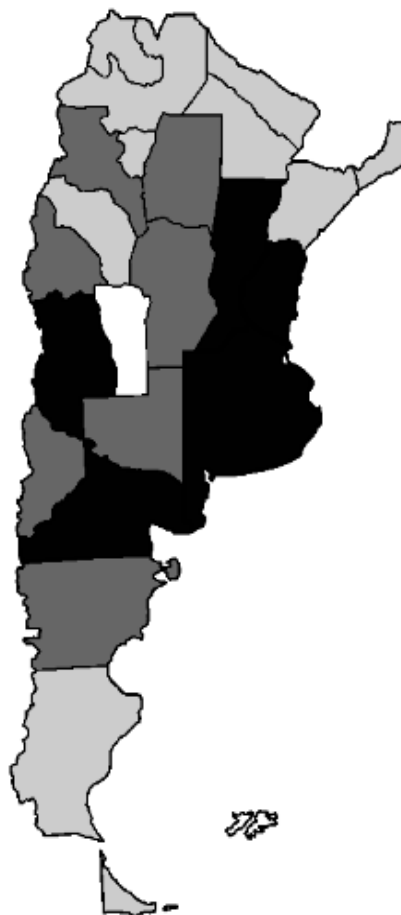


Figura 11 - Disponibilidad de parques industriales. Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.1.5 Disponibilidad de mano de obra

Según el censo realizado en 2010 por el INDEC, la población argentina es de 40117096 de habitantes, la proporción de personas menores a 60 años es de 76,6%, la esperanza de vida es de 75,3 años y el nivel de alfabetización es de 98,1 %. La población se compone de 51,3% de mujeres y 48,7% de varones.

El 60% de la población argentina está concentrada en Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe; estas tres provincias representan el 22% del total de la superficie argentina. A su vez, Buenos Aires representa el 33% del total de la población.

En base a estos datos, se elaboraron la Tabla 27 y la Figura 12.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

### Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 27 - Disponibilidad de mano de obra.  
Fuente: Elaboración propia en base a censo 2010.

PROVINCIA	NÚMERO DE HABITANTES
Buenos Aires	Elevado
Santa Fe	Elevado
Córdoba	Elevado
Entre Ríos	Moderado
Mendoza	Moderado
Misiones	Moderado
Formosa	Moderado
Chaco	Moderado
Jujuy	Moderado
Tucumán	Moderado
San Juan	Bajo
San Luis	Bajo
Neuquén	Bajo

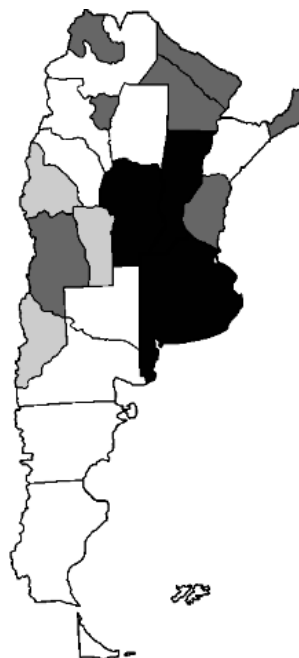


Figura 12 - Disponibilidad de mano de obra.  
Fuente: Elaboración propia.

Para concluir la macro-localización, se superpusieron los mapas elaborados encontrándose que las zonas más favorables para la ubicación de la planta son Tucumán y Buenos Aires (ver Figura 13).



Figura 13 - Posibles zonas de macro-localización.  
Fuente: Elaboración propia.



## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Dichas zonas presentan las siguientes ventajas:

- Tucumán es la provincia con mayor disponibilidad de materia prima. Dos empresas productoras de esta provincia también tienen sede en la provincia de Buenos Aires.
- Buenos Aires posee la mayor cantidad de hilandería.
- Disponibilidad de mano de obra general y calificada por la cercanía a universidades.
- Ambas provincias poseen parques industriales, en particular, Buenos Aires es la provincia con mayor cantidad.
- Buena disponibilidad de transporte y conteniendo diversas opciones (ferroviarias, rutas, autopistas). Además, Buenos Aires contiene puertos.

### **3.3 MICRO-LOCALIZACIÓN**

La micro-localización trata los aspectos relativos a los asentamientos humanos, identificación de actividades productivas y determinación de centros de desarrollo. El objetivo es determinar la ubicación precisa dentro de la macro-localización en donde se localizará y se operará definitivamente el proyecto. Este sitio, permite cumplir con los objetivos de lograr la más alta rentabilidad y producir el mínimo costo unitario del producto.

Debido a que el eje principal del proyecto es la utilización de cáscaras de cítricos, las cuales constituyen un desecho en muchas de las productoras de jugos concentrados y, teniendo en cuenta que esta materia en sí misma no posee valor, se decidió que la planta se localizara en las cercanías a dichas empresas. Existen dos posibilidades: transportar la cáscara para realizar la extracción de la celulosa en la hilandería o generar la celulosa en las productoras de jugo y luego transportarla a la heladería. Debido a que en ambos casos se debe transportar materia prima, se decidió que la extracción de celulosa se realizara en la hilandería.

Por estas razones, se seleccionó la provincia de Tucumán por sobre la provincia de Buenos Aires. En Tucumán, se asientan cuatro hilanderías pertenecientes a tres firmas: dos plantas de TN & Platex (Hilados S.A), Tecotex (Tecotex S.A.C.I.F y A) y Santista Argentina S.A (Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, 2011). Todas estas plantas poseen terreno disponible para la construcción e instalación del módulo de extracción de celulosa y generación de la fibra celulósica.

Una vez seleccionada la provincia, se debe decidir sobre la cáscara que debe ser transportada. Se puede elegir entre la cáscara eliminada en el proceso de selección, que

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

representa entre 17% y 20% (Alonso Cabezas , 2015; Pérez Ayala, 2005), y el total o una fracción de la cáscara generada por el proceso de producción de jugo.

Las decisiones se realizaron teniendo en cuenta la cantidad de cáscara a transportar, el costo del transporte y la capacidad instalada de cada una de las plantas.

Se decidió no elegir la fruta desechada en la selección porque se trata de fruta entera que debería ser pretratada. Además, la cantidad de fibra que se puede producir es superior a la que se puede insertar en el mercado.

Con respecto al segundo aspecto, en su mayoría, las empresas que procesan limón generan cáscara deshidratada para exportarla a productoras de pectinas, productos para la alimentación animal, cosméticos y farmacéuticos (San Miguel S. A., 2019). Al no encontrarse registrado algún uso para las cáscaras del resto de los cítricos, se puede considerar que es desechada y, por lo tanto, no debería poseer costo alguno. Según los datos registrados en el estudio de mercado, se llegó a la conclusión de que en los últimos 10 años aproximadamente el 30% del total de jugo concentrado producido es de naranja, mandarina y pomelo (Federcitrus, 2008 - 2018).

En resumen, la planta se instalará en una hilandería ubicada en la provincia de Tucumán y se transportará hacia ella el 30% de la cáscara generada en la producción de jugos concentrados.

Las empresas productoras de cítricos e hilados a analizar son (ver Figura 14)<sup>3</sup>:

- Vicente Trapani, Los Nogales.
- San Miguel S.A, San Miguel.
- Citrusvil, Cevil Pozo.
- Argenti Lemon S.A, Cevil Pozo.
- Litoral Citrus, San Miguel.
- Citromax, Acherai.
- TN & Platex, Las Piedritas.
- Tecotex, Lules.
- Santista Argentina, Faimallá.

---

<sup>3</sup> Información obtenida de sitios web de las empresas.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

## Proyecto final de grado – Ingeniería química

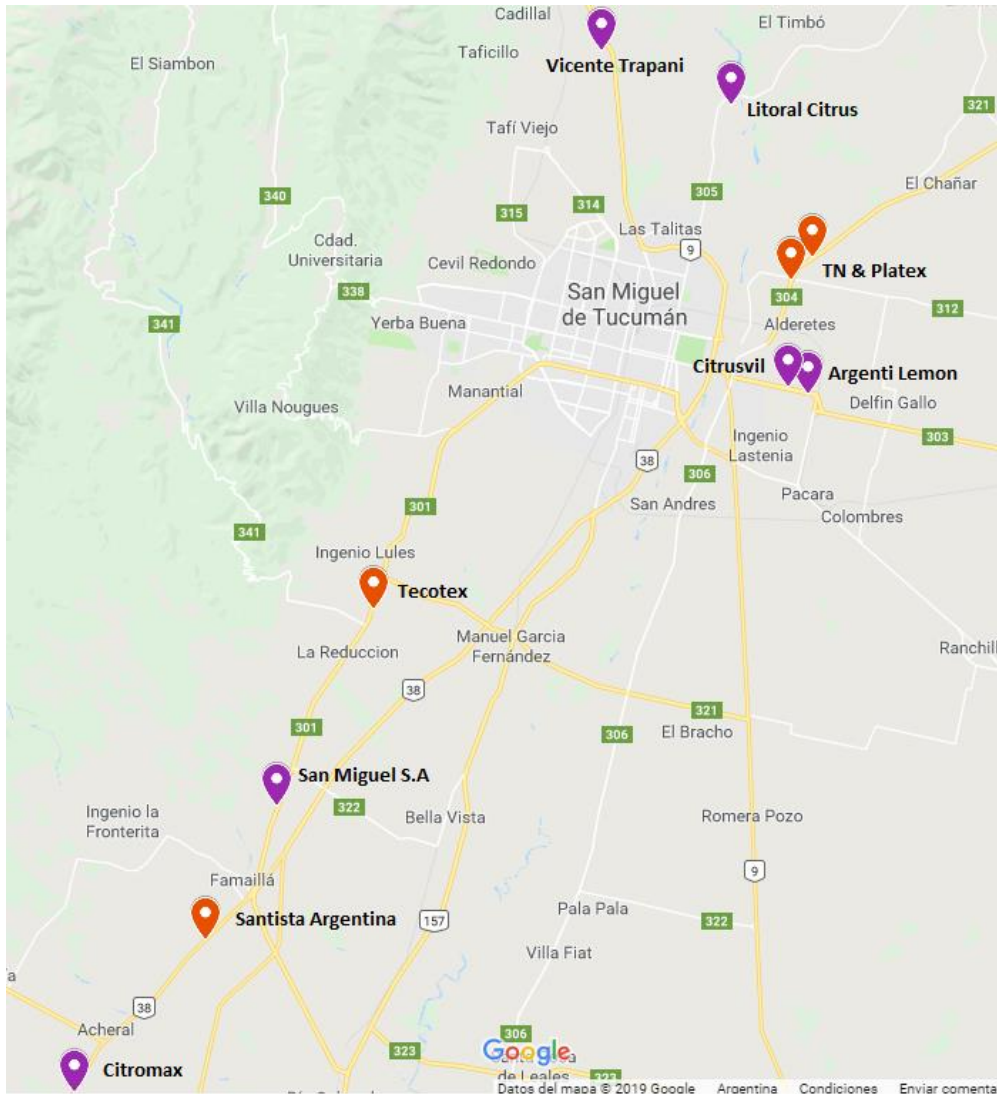


Figura 14 - Ubicación de las empresas productoras de jugo e hilanderías.

Fuente: Elaboración propia en base a páginas web de las empresas y Ministerio de Economía y Finanzas Públicas.

Como se mencionó anteriormente existen diversos factores a tener en cuenta en el proceso de la micro-localización, a continuación, se detallarán los mismos:

### 3.3.1 Disponibilidad de la materia prima, cantidad de fibra producida y costo del transporte

De la Tabla 28 a la Tabla 36 se muestran la siguiente información para cada empresa cítrica:

- La cantidad de cáscara de cítricos desechada al día (Alonso Cabezas , 2015; Pérez Ayala, 2005; Ministerio de Economía y Finanza Públicas, 2011)
- La estimación de la fibra que se puede producir. Este valor se generó mediante los porcentajes y rendimientos expresados en el capítulo de Selección de proceso. Es un criterio analizado con la finalidad de evitar que no se sobrepasar la

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

capacidad de producción de cada hilandería (Berenguer , 2016; Diario Norte, 2015; Galidez, 2007; GACI Group, 2006).

- La distancia entre las empresas productoras de jugo y las hilanderías con el costo del transporte asociado, tomando el precio del combustible Diesel de \$36,41 por litro (Global Petrol Prices, 2019) y teniendo en cuenta que se consumen 20 L de combustible por cada 100 Km (Mercedes Benz, 2019).

En la Tabla 28 y en la Tabla 29 se encuentran dos opciones de provisión de materia prima a Santista Argentina. La cantidad de fibra producida al año es similar en cada caso, la diferencia se encuentra en la distancia total siendo el segundo arreglo mayor, de manera que el costo será más elevado. Por lo tanto, la mejor opción es la de la Tabla 28.

Tabla 28 - Estimación del costo para transportar la cáscara a Santista Argentina.  
Fuente: Elaboración propia.

EMPRESA	CÁSCARA A TRANSPORTAR (T/AÑO)	FIBRA PRODUCIDA (T/AÑO)	DISTANCIA (KM)	COSTO (\$)
San Miguel S.A	4434,50	427,03	7,50	54,62
Citromax S.A.C.I	2429,00	233,90	9,80	71,36
Total	6863,50	660,93	17,30	125,98

Tabla 29 - Estimación del costo para transportar la cáscara a Santista Argentina.  
Fuente: Elaboración propia.

EMPRESA	CÁSCARA A TRANSPORTAR (T/AÑO)	FIBRA PRODUCIDA (T/AÑO)	DISTANCIA (KM)	COSTO (\$)
San Miguel S.A	4434,50	427,03	7,50	54,62
Litoral Citrus	2954,00	284,73	54,30	395,41
Total	7388,50	711,75	61,80	450,03

En la Tabla 30, Tabla 31 y Tabla 32 se encuentran las relaciones para las productoras de cítricos cercanas a TN & Platex. Se observa un amplio rango de fibra producida en las tres opciones de manera de que el primer arreglo es el más conveniente ya que, es el que produce mayor cantidad teniendo en cuenta que la planta de Tucumán produce 1000T de hilo al mes (Galidez, 2007; TN & Platex , 2019). Con respecto al costo de transporte, el arreglo de la Tabla 30 es conveniente debido a la relación que tiene con la cantidad de fibra producida.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 30 - Estimación del costo para transportar la cáscara a TN & Platex.  
Fuente: Elaboración propia.

EMPRESA	CÁSCARA A TRANSPORTAR (T/AÑO)	FIBRA PRODUCIDA (T/AÑO)	DISTANCIA (KM)	COSTO (\$)
Vicente Trapani	3692,50	355,88	24,30	176,95
Citrusvil	6965,00	671,10	10,60	77,19
Litoral Citrus	2954,00	284,73	20,00	145,64
Argenti Lemon S.A	10342,50	996,48	11,60	84,47
Total	23954,00	2308,18	66,50	484,25

Tabla 31 - Estimación del costo para transportar la cáscara a TN & Platex.  
Fuente: Elaboración propia.

EMPRESA	CÁSCARA A TRANSPORTAR (T/AÑO)	FIBRA PRODUCIDA (T/AÑO)	DISTANCIA (KM)	COSTO (\$)
Vicente Trapani	3692,50	355,88	24,30	176,95
Citrusvil	6965,00	671,10	10,60	77,19
Litoral Citrus	2954,00	284,73	20,00	145,64
Total	13611,50	1311,70	54,90	399,78

Tabla 32 - Estimación del costo para transportar la cáscara a TN 6 Platex.  
Fuente: Elaboración propia.

EMPRESA	CÁSCARA A TRANSPORTAR (T/AÑO)	FIBRA PRODUCIDA (T/AÑO)	DISTANCIA (KM)	COSTO (\$)
San Miguel S.A	4434,50	427,03	40,10	292,01
Litoral Citrus	2954,00	284,73	13,10	95,39
Vicente Trapani	3692,50	355,88	24,30	176,95
Total	11081,00	1067,63	77,50	564,36

Finalmente, los arreglos entre las empresas cítricas y Tecotex se presentan en las tablas Tabla 33, Tabla 34, Tabla 35 y Tabla 36. En base a los factores analizados y teniendo en cuenta que la planta de Tecotex tiene una capacidad de producción entre 150 T y 260 T al mes (GACI Group, 2006), se escoge el arreglo de la Tabla 35.

Tabla 33 - Estimación del costo para transportar la cáscara a Tecotex.  
Fuente: Elaboración propia.

EMPRESA	CÁSCARA A TRANSPORTAR (T/AÑO)	FIBRA PRODUCIDA (T/AÑO)	DISTANCIA (KM)	COSTO (\$)
San Miguel S.A	4434,50	427,03	10,60	77,19
Argenti Lemon S.A	10342,50	996,48	28,90	210,45
Citrusvil	6965,00	671,10	29,30	213,36
Total	21742,00	2094,60	68,80	501,00

Tabla 34 - Estimación del costo para transportar la cáscara a Tecotex.  
Fuente: Elaboración propia.

EMPRESA	CÁSCARA A TRANSPORTAR (T/AÑO)	FIBRA PRODUCIDA (T/AÑO)	DISTANCIA (KM)	COSTO (\$)
San Miguel S.A	4434,50	427,03	10,60	77,19
Litoral Citrus	2954,00	284,73	36,30	264,34
Citromax S.A.C.I	2030,00	233,90	28,00	203,90
Total	9418,50	945,66	74,90	547,42

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 35 - Estimación del costo para transportar la cáscara a Tecotex.

Fuente: Elaboración propia.

EMPRESA	CÁSCARA A TRANSPORTAR (T/AÑO)	FIBRA PRODUCIDA (T/AÑO)	DISTANCIA (KM)	COSTO (\$)
San Miguel S.A	4434,50	427,03	10,60	77,19
Citrusvil	6965,00	671,10	29,30	213,36
Litoral Citrus	2954,00	284,73	36,30	264,34
Total	14353,50	1382,85	76,20	554,89

Tabla 36 - Estimación del costo para transportar la cáscara a Tecotex.

Fuente: Elaboración propia.

EMPRESA	CÁSCARA A TRANSPORTAR (T/AÑO)	FIBRA PRODUCIDA (T/AÑO)	DISTANCIA (KM)	COSTO (\$)
San Miguel S.A	4434,50	427,03	10,60	77,19
Litoral Citrus	2954,00	284,73	36,30	264,34
Total	7388,50	711,75	46,90	341,53

### 3.3.2 Disponibilidad de servicios, mano de obra y beneficios impositivos

Debido a que la planta se instalará en el terreno de empresas, no es necesario realizar obras de infraestructuras ya poseen los servicios necesarios para el correcto funcionamiento de la fábrica.

Con respecto a la mano de obra, todas las hilanderías se encuentran ubicadas en zonas cercanas a la urbanización de manera que, se reducen los gastos derivados de radicar el personal en la zona contigua a la planta, el pago de viáticos, etc. Además, se encuentran ubicadas cerca de la capital de la provincia la cual posee universidades y escuelas técnicas que proveen mano de obra capacitada (Gobierno de Tucumán, 2019). La provincia de Tucumán posee diferentes leyes relacionadas con beneficios impositivos como la Ley N° 7886 y la Ley N° 9071 (Legislatura de la Provincia de Tucumán, 2008; Olivera Doll, 2007; Provincia de Tucumán, 2018). Éstos, son beneficios especiales otorgados por el gobierno nacional, provincial o municipal con el fin de promover la radicación o ampliación de determinadas industrias. Algunos benéficos establecidos por la provincia de Tucumán son la exención de impuestos locales, el otorgamiento de créditos, garantías o abales y la preferencia en la provisión de la fuerza motriz y gas.

### 3.3.3 Método de puntuaciones ponderadas

Este método permite ponderar de acuerdo a la importancia relativa de los factores elegidos para analizar a fin de determinar la ubicación específica de la planta. La sumatoria de todas las ponderaciones debe ser 1000. Se le asigna una puntuación a cada uno de los lugares en base a un porcentaje, siendo 100 % la perfección. Luego, estos porcentajes se multiplican por la ponderación correspondiente dando como

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

resultado el grado de perfección. Finalmente, la sumatoria de los grados de perfección permite deducir la región más adecuada.

En la Tabla 37 se muestra el método de ponderaciones para este proyecto. En ella, se analizan las opciones seleccionadas en la sección anterior considerando como factores más importantes la disponibilidad de la materia prima y el costo que tiene transportarla. La capacidad estimada hace referencia a la fibra que se puede producir en relación con la capacidad instalada de cada una de las hilanderías del país lo cual es relevante ya que está relacionado con la inserción del producto en el mercado (Berenguer , 2016; GACI Group, 2006; Galidez, 2007; Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, 2003). El aspecto del tipo de cáscara alude al hecho de que, de todas las empresas productoras de jugos concentrados, las que procesan naranja, mandarina y pomelo además de limón son San Miguel S.A y Litoral Citrus. Por último, se considera que los suministros de servicios son relativamente iguales para todas las empresas debido a la cercanía a la ciudad capital. Con respecto a los beneficios impositivos, no se incorporan en el método debido a que las empresas se encuentran en la misma provincia por lo que gozan de los mismos beneficios.

Tabla 37 - Método de las puntuaciones ponderadas.  
Fuente: Elaboración propia.

FACTORES	PONDERACIÓN	SANTISTA ARGENTINA		TN & PLATEX		TECOTEX	
		%	Grado	%	Grado	%	Grado
Disponibilidad de la materia prima	350	70	245	95	332,50	90	315
Flete de la materia prima	200	90	180	80	160	75	150
Capacidad estimada	150	70	105	80	120	95	142,5
Tipo de cáscara	150	50	75	50	75	100	150
Disponibilidad de mano de obra	100	70	70	100	100	80	80
Suministro de servicios	50	80	40	85	42,5	80	40
<b>TOTAL</b>	<b>1000</b>	<b>430</b>	<b>715</b>	<b>490</b>	<b>830</b>	<b>520</b>	<b>877,50</b>

Como resultado del método de ponderaciones la planta se ubicará en el terreno de Tecotex en la ciudad de Lules, Tucumán (Figura 15). Esta empresa no se encuentra ubicada dentro de un parque industrial pero, como se puede observar en la ilustración, está localizada en la zona urbana de la ciudad por lo tanto esta provista de los servicios e infraestructura necesarios para su correcto funcionamiento (Gobierno de Tucumán, 2019).

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## 3.3.4 Infraestructura de la ciudad de Lules

El Municipio de San Isidro de Lules tiene una superficie de 540 km<sup>2</sup> y una de población de 68.474 habitantes de acuerdo con la información provista por Censo del año 2010. Se encuentra a 20 km de San Miguel de Tucumán, con quien se comunica a través de la Ruta Provincial N° 301 y de la Ruta Nacional N° 38, la cual es una autopista, hasta el empalme con Ruta Provincial N° 321 (Municipio San Isidro de Lules, 2019).

Posee la siguiente infraestructura (Gobierno de Tucumán, 2019):

- Infraestructura de la energía eléctrica:
  1. Red de alumbrado público.
  2. Red de electrificación del predio.
  3. Estaciones de distribución de baja y media tensión.
- Infraestructura de gas:
  1. Instalación de planta reductora de presión.
  2. Ramal de aproximación y alimentación.
  3. Red de distribución interna.
- Infraestructura de agua y cloacas:
  1. Distribución interna de red de agua.
  2. Distribución interna y conexiones de red de cloacas.
  3. Bombeo e impulsión.
- Cordón cuneta y pavimento.
- Sistema de telecomunicaciones.



Figura 15 - Ubicación satelital de la planta de Tecotex.



## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 3.4 CONCLUSIÓN

Se escoge como ubicación de la planta al terreno de la empresa Tecotex ubicada en el municipio de San Isidro de Lules que se encuentra a 20 km de San Miguel de Tucumán comunicado a través de la Ruta Provincial N°301 y la Ruta Nacional N°38, la cual es una autopista. La ciudad posee todos los servicios necesarios para el correcto funcionamiento como lo son la electricidad, gas natural, agua corriente, cloacas, sistemas de telecomunicaciones y alumbrado. Además, posee una buena oferta de mano de obra capacitada y la provincia de Tucumán provee de beneficios impositivos a las empresas que se quieren instalar o ampliar.

La decisión se hizo en base a las empresas cítricas que pueden proveer de cáscaras desechadas en el proceso de elaboración de jugos concentrados. Estas empresas serán San Miguel S.A, Citrusvil y Litoral Citrus, que proveerán 11998 T cáscara/año para producir 2060 T fibra celulósica/año. Este valor está en concordancia con la capacidad instalada de hilado que posee actualmente ésta textil.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 3.5 REFERENCIAS

Alonso Cabezas , I. (2015). *Diseño y logística de una línea de elaboración de zumo de naranja natural refrigerado de 20.000/día*. España: Universidad Politécnica de Madrid.

Argenti Lemon. (2019). Obtenido de <https://argentilemon.com/es>

Berenguer , D. (2016). *Evaluación de Proyectos*. Obtenido de Calzado de seguridad: <http://evaluaciondeproyectos.com.ar/wiki/index.php/2016/Grupo1/DimensionamientoComercial>

Citromax. (2019). Obtenido de <https://www.citromax.com/>

Diario Norte. (10 de Junio de 2015). La reconversión de la hilandería de TN Platex en Tirol implica una inversión de 111 millones de pesos. págs. <http://www.diarionorte.com/article/124187/la-reconversion-de-la-hilanderia-de-tn-platex-en-tirol-implica-una-inversion-de-111-millones-de-pesos>.

Federcitrus. (2008 - 2018). *Actrividad cítrica*. Obtenido de <https://www.federcitrus.org/estadisticas/>

Federcitrus. (2018). *Listado de exportadores e industrializadores de cítricos*. Obtenido de <https://www.federcitrus.org/wp-content/uploads/2018/.../Listado-de-exportadores.xlsx>

GACI Group. (2006). *Nuevo cliente: Tecotex*. Obtenido de [http://www.gaci.com.ar/proyectos/2006\\_Tecotex\\_Nuevo\\_Cliente.pdf](http://www.gaci.com.ar/proyectos/2006_Tecotex_Nuevo_Cliente.pdf)

Galidez, E. (5 de Octubre de 2007). La firma TN&Platex compró su segunda textil en Tucumán. *La Gaceta* , págs. <https://www.lagaceta.com.ar/nota/238631/economia/firma-tnplatex-compro-segunda-textil-tucuman.html>.

Global Petrol Prices. (2019). Obtenido de [https://es.globalpetrolprices.com/Argentina/gasoline\\_prices/](https://es.globalpetrolprices.com/Argentina/gasoline_prices/)

Gobierno de Tucumán. (2019). *RIDES*. Obtenido de <http://rides.producciontucuman.gov.ar/visor/visor/index.html>

Grupo Lucci. (2019). *Citrusvil*. Obtenido de <http://grupolucci.com.ar/citrusvil/institucional/>

INDEC. (Febrero de 2019). *Censo 2010*. Obtenido de [https://www.indec.gov.ar/nivel4\\_default.asp?id\\_tema\\_1=2&id\\_tema\\_2=41&id\\_tema\\_3=135](https://www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135)

Legislatura de la Provincia de Tucumán. (2008). *Sistema de fomento para inversión*. Obtenido de Ley N° 7886:

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

[https://www.tucumanturismo.gob.ar/files/ley\\_prov\\_7886\\_fomento\\_a\\_la\\_inversion.pdf](https://www.tucumanturismo.gob.ar/files/ley_prov_7886_fomento_a_la_inversion.pdf)

Litoral Citrus. (2019). Obtenido de <https://litoralcitrus.com.ar/>

Mercedes Benz. (2019). Obtenido de <http://mercedes-benz.com.ar>

Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. (2011). *Complejo citrícola: Limón*.

Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. (2011). *Complejo Algodonero-Textil: Fibra de algodón*.

Ministerio de Producción y Trabajo. (2018). *Listado de Parques Industriales inscriptos en el RENPI actualizado al primero de marzo de 2018*.

Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social. (Diciembre de 2003). *Temas de trabajo: Visita a Tecotex*. Obtenido de Boletín electrónico del ministerio: <http://trabajo.gob.ar/downloads/temastrabajo/temasdetrabajo87.pdf>

Municipio San Isidro de Lules. (2019). Obtenido de <https://www.sanisidrodelules.gob.ar/?q=municipio>

Olivera Doll, I. (25 de Enero de 2007). Cuáles son las provincias más atractivas para instalar empresas. *iProfesional*, págs. <https://www.iprofesional.com/notas/39847-Cuales-son-las-provincias-mas-atractivas-para-instalar-empresas>.

Pérez Ayala, M. (2005). *Línea de elaboración de zumo de naranja pasteurizado y refrigerado de 6.000L/h en Loqui (Murcia)*. España: Universidad Politécnica de Cartagena.

Provincia de Tucumán. (2018). *Ley Tarifaria 2018*. Obtenido de Modificaciones al Código Fiscal y a la Ley Tarifaria N° 9071: [http://www2.bdoargentina.com/impuestos/tarifaria\\_tuc\\_18.pdf](http://www2.bdoargentina.com/impuestos/tarifaria_tuc_18.pdf)

San Miguel S. A. (2019). Obtenido de <http://sanmiguelglobal.com>

Santanocito, A. M., & Vismara, E. (2017). *Estados Unidos Patente nº US 9.771.435 B2*.

Santista Argentina . (2019). Obtenido de <https://www.santista.com.ar/sntar/>

Tecotex. (2019). Obtenido de <http://www.tecotex.com.ar/>

TN & Platex . (2019). Obtenido de <http://www.tnplatex.com/index.php>

Vicente Trapani. (2019). Obtenido de <http://www.vicentetrapani.com/vt.asp>

CAPÍTULO 4

---

CAPACIDAD

---

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## 4. CAPACIDAD

### 4.1 INTRODUCCIÓN

El capítulo de capacidad tiene como objetivo determinar el tamaño que tendrá la planta, uno de los aspectos fundamentales en el desarrollo del proyecto. El estudio de mercado y la localización permiten analizar la disponibilidad de la materia prima y la demanda insatisfecha del mercado del algodón que se utilizan como base para establecer la capacidad. Otros factores que inciden en ésta son la tecnología y los equipos disponibles, así como el financiamiento, de manera que, se deben examinar conjuntamente para generar el tamaño óptimo del proyecto.

### 4.2 ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ALGODÓN

En primer lugar, se analiza la relación entre la demanda insatisfecha del algodón proyectada diez años hacia delante con la cantidad de materia prima que requiere, los resultados se exponen en la Tabla 38 (Cámara Algodonera Argentina, 2017). El estudio se realiza en base a los datos establecidos en el estudio de mercado.

Para ello, se tiene en cuenta que el rendimiento del proceso de la elaboración de fibra es el 9,63% en base a los capítulos Selección de proceso y Balance de masa y energía de esta tesis. Como se puede observar en Gráfico 22 - Comparación entre la cáscara requerida para la demanda insatisfecha de algodón y la cáscara disponible. Fuente: Elaboración propia. la cáscara disponible no es suficiente para satisfacer la demanda del mercado de algodón de manera que el limitante de la capacidad del proyecto pasa a ser la materia prima. Esto queda expresado en la columna 5 de la Tabla 38; dicho porcentaje representa la materia prima existente actualmente en relación a la requerida por la demanda insatisfecha.

Tabla 38 - Cáscara necesaria para la demanda insatisfecha.  
Fuente: Elaboración propia.

AÑO	ALGODÓN (T)	CÁSCARA PARA LA DEMANDA INSATISFECHA (T)	PORCENTAJE (%)
2018	191459,41	1988155,89	4,96
2019	192882,09	2002929,29	5,17
2020	194304,77	2017702,70	4,37
2021	195727,45	2032476,10	6,16
2022	197150,13	2047249,50	5,06
2023	198572,81	2062022,91	4,40
2024	199995,48	2076796,31	3,45
2025	201418,16	2091569,72	5,63
2026	202840,84	2106343,12	6,54
2027	204263,52	2121116,52	5,12

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

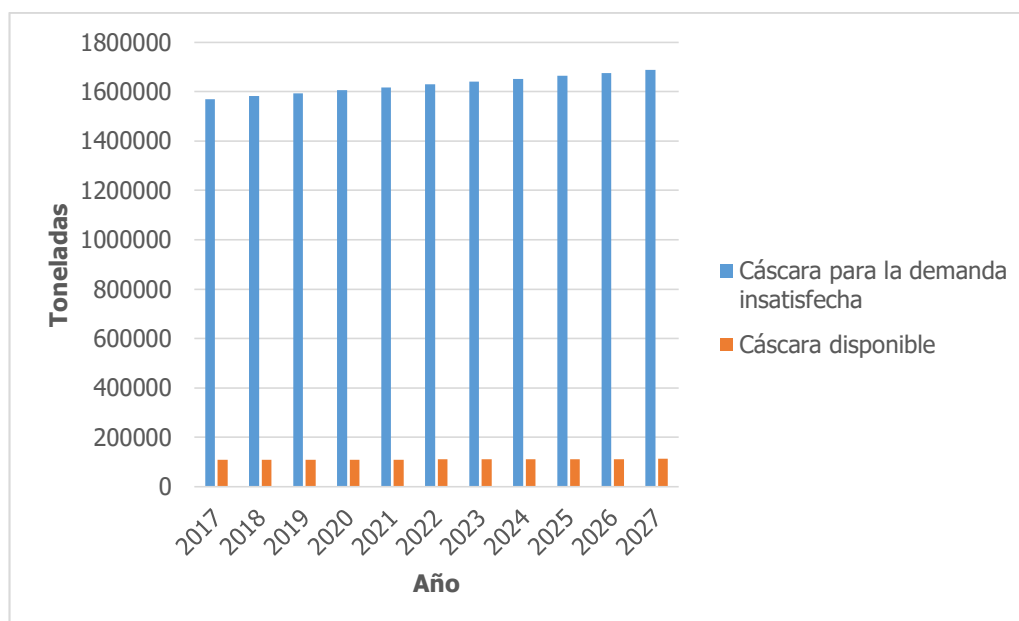


Gráfico 22 - Comparación entre la cáscara requerida para la demanda insatisfecha de algodón y la cáscara disponible. Fuente: Elaboración propia.

### 4.3 DEMANDA DE LA MATERIA PRIMA

Con los valores contenidos en la Tabla 39 para la proyección a diez años de la producción de jugos a nivel nacional (Federcitrus, 2008 - 2018), se puede determinar la tasa de crecimiento ( $r$ ) para, luego, el tamaño óptimo del proyecto ( $D_n$ ).

Tabla 39 - Proyección de la producción de jugo concentrado.  
Fuente: Elaboración propia.

AÑO	PRODUCCIÓN DE JUGO (T)
2018	85316,27
2019	87079,88
2020	88843,49
2021	90607,10
2022	92370,71
2023	94134,33
2024	95897,94
2025	97661,55
2026	99425,16
2027	101188,77

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

### Proyecto final de grado – Ingeniería química

El Gráfico 23 muestra representativamente la tendencia creciente de la producción de jugo.

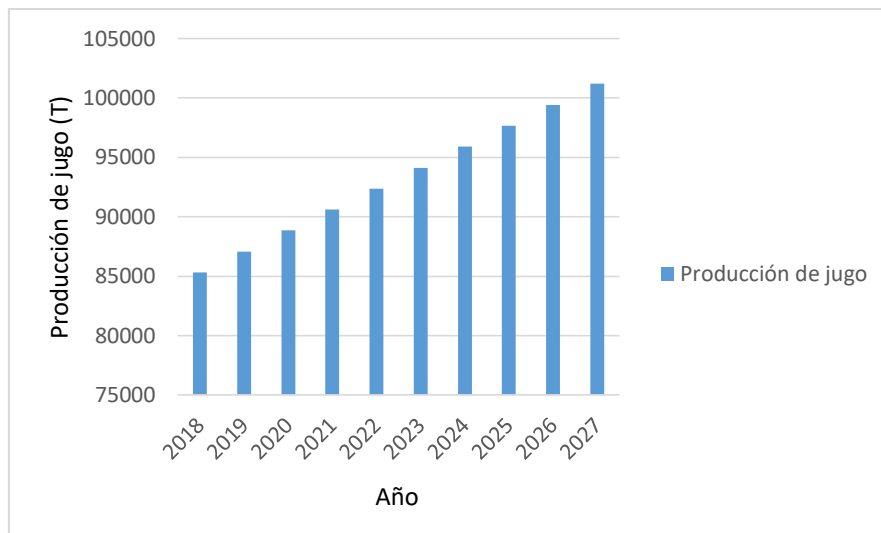


Gráfico 23 - Proyección de la producción de jugo concentrado. Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de determinar la capacidad óptima de producción se considera que la proyección de la producción de jugo es una situación dinámica en el tiempo. Así, la producción deberá crecer al mismo ritmo que ésta.

El cálculo requiere de las siguientes ecuaciones:

$$D_n = D_0 \times (1 + r)^n$$

Ecuación 1

$$\frac{1}{R^2} = 1 - 2 \times \frac{1-\alpha}{\alpha} \times \left(\frac{R-1}{R+1}\right)^{N-n}$$

Ecuación 2

$$R = r + 1$$

Ecuación 3

Donde:

$D_n$  = tamaño óptimo del proyecto.

$D_0$  = cantidad actual que satisface el proyecto.

$r$  = tasa de crecimiento que satisface el proyecto.

$n$  = período óptimo estimado.

$R$  = desarrollo porcentual.

$\alpha$  = factor de escala.

$N$  = vida útil de la maquinaria y equipos.

En los mercados en los que el consumo del producto presenta una tendencia creciente, como es el caso de este proyecto, se comienza por estimar el período óptimo al que corresponde el tamaño óptimo del proyecto ( $n$ ). Para ello, se lo despeja de la Ecuación

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

2. Sin embargo, es necesario conocer el valor de R por lo que, se utiliza en primer lugar la Ecuación 3. El valor r se estimó con los datos obtenidos de la Tabla 39 y el Gráfico 23, así, para este proyecto r es igual 0,0186 y, por lo tanto, R es igual a 1,0186.

Por otro lado, a tiene un valor de 0,65 de acuerdo al boletín N° 20 "Industrialización y Productividad" elaborado por Las Naciones Unidas. El valor N que se eligió para este caso es de diez años.

Con estos datos y ecuaciones, se obtuvo un valor n igual a 9,31 años.

Finalmente, se calcula el valor  $D_n$  mediante la Ecuación 1 y tomando 11998 T/año como la cantidad de jugo producida por las empresas que abastecerán a la hilandería. El mismo es de 14243 T/año y simboliza la cantidad de jugo para el año diez del proyecto. Lo cual representa 19915 T cáscara/año que generarán 1918 T fibra celulósica/año.

### **4.5 CONCLUSIÓN**

Se concluye que no se dispone de materia prima suficiente para satisfacer la demanda insatisfecha del mercado de algodón, por lo tanto, es necesario centrar la determinación de la capacidad del proyecto a la materia prima existente.

Teniendo en cuenta la información concluida en el capítulo de localización, se puede proyectar la capacidad del proyecto en diez años hacia delante. Para ello, se tiene en cuenta que la capacidad instalada inicial es de 1000 toneladas de fibra celulósica al año y que la tasa de crecimiento promedio para la producción de jugo concentrado del 2008 al 2017 es de 5,2 % dando como resultado 1918 toneladas de fibra celulósica al año para 2027.



## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 4.6 REFERENCIAS

Alonso Cabezas , I. (2015). *Diseño y logística de una línea de elaboración de zumo de naranja natural refrigerado de 20.000l/día*. España: Universidad Politécnica de Madrid.

Cámara Algodonera Argentina. (2017). Producción, exportación, importación y consumo de algodón. *Revista de publicación mensual*, 81.

*Federcitrus*. (2008 - 2018). Obtenido de Actividad citrícola argentina:  
<https://www.federcitrus.org/estadisticas/>

Pérez Ayala, M. (2005). *Línea de elaboración de zumo de naranja pasteurizado y refrigerado de 6.000L/h en Loqui (Murcia)*. España: Universidad Politécnica de Cartagena.

Santanocito, A. M., & Vismara, E. (2017). *Estados Unidos Patente nº US 9.771.435 B2*.

CAPÍTULO 5

---

SELECCIÓN DEL PROCESO

---

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## 5. SELECCIÓN DEL PROCESO

### 5.1 INTRODUCCIÓN

Para obtener fibra textil a partir de cáscara de cítricos, en primer lugar se debe extraer la celulosa para luego modificarla y generar la fibra.

Para realizar la elección del método más adecuado se lleva a cabo una recopilación bibliográfica de las diversas alternativas de proceso teniendo en cuenta que se obtendrán distintos rendimientos y productos.

Se puede producir una pasta celulósica mediante extracción mecánica o química, luego, esta pasta se trata y se hila para formar las fibras. Según los solventes y reactivos utilizados se obtendrán distintos tipos de fibras.

### 5.2 OBTENCIÓN DE CELULOSA

Los polisacáridos junto con la lignina constituyen la pared vegetal formando una estructura en el que quedan encapsuladas las fibras de celulosa. El objetivo principal del tratamiento es disolver la lignina y otras porciones no celulósicas para extraer la celulosa.

La lignina puede ser aislada del material lignocelulósico mediante una variedad de métodos que implican diferentes procesos mecánicos y/o químicos. Estos métodos se pueden agrupar en dos vías principales. El primer grupo incluye métodos en los que se libera la celulosa y hemicelulosa mediante solubilización, dejando la lignina como residuo insoluble; mientras que el segundo grupo incluye métodos que implican la disolución de la lignina, dejando como residuos insolubles la celulosa y la hemicelulosa, seguido de la recuperación de lignina a partir de la fase líquida. Debido a la naturaleza heterogénea de las materias primas (madera y pulpa), no hay ningún método disponible actualmente para el aislamiento cuantitativo de lignina natural o residual, sin el riesgo de modificarla estructuralmente durante el proceso (Chávez-Sifontes, 2013).

#### 5.2.1 Extracción Mecánica

El proceso inicia con la trituración de la materia prima bajo determinadas temperaturas y presiones, después se procede a lavar las fibras y se complementa con un ligero blanqueo de la pasta obtenida. Este proceso se destaca por su alto rendimiento. Los mayores inconvenientes son el gran consumo energético y que no se obtienen pastas con una elevada pureza. Debido a que no se extrae la lignina por completo, ésta tiende a oxidarse con el tiempo apareciendo coloraciones amarillentas (Criollo Llimiugsi, 2018).

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 5.2.2 Extracción Química

En el pulpeo o cocción química, la eliminación del compuesto no celulósico se lleva a cabo con la ayuda de agentes químicos ácidos o básicos, en digestores o reactores a altas presiones y temperaturas. Se estima un rendimiento entre el 40% y el 60%. Las fibras se blanquean mejor y son más resistentes y de mayor calidad.

Los métodos químicos se dividen en ácidos o alcalinos dependiendo del pH del reactivo (Barba Pacheco, 2002).

Dependiendo de los químicos que se utilicen para este tratamiento se puede obtener diferentes rendimientos en relación a la  $\alpha$ -celulosa.

#### 5.2.2.1 Proceso Kraft

En la Figura 16 se observa que, para la extracción de la celulosa mediante este proceso, las cáscaras acondicionadas se cuecen en una solución alcalina de sulfuro de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) y soda cáustica ( $\text{NaOH}$ ) para extraer la lignina. El licor de cocción agotado que contiene elementos no celulósicos es llevado a un tratamiento de recuperación para ser reutilizado. La pulpa obtenida se somete a posterior tratamiento de blanqueo con agua oxigenada, lavado y secado obteniéndose un rendimiento del 25% (Criollo Llimiugsi, 2018).

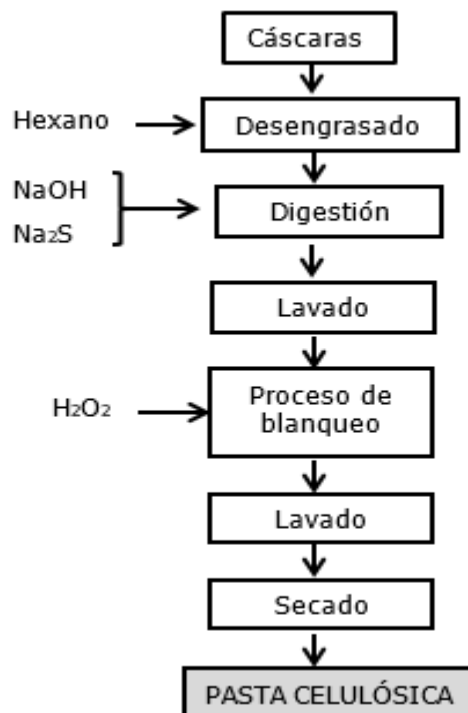


Figura 16 - Diagrama de flujo del proceso Kraft. Fuente: Elaboración propia en base a (Criollo Llimiugsi, 2018)

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 5.2.2.2 Proceso Soda

En primer lugar, se acondiciona la materia prima que consiste en la extracción de aceites esenciales, secado, triturado y tamizado. Luego, se procede a la digestión donde el hidróxido, mediante reacciones de naturaleza hidrolíticas, consigue extraer de la cáscara los constituyentes no celulósicos conformando un efluente oscuro. La pasta celulósica se seca obteniéndose un rendimiento del proceso entre 40% y 13% (Guarnizo, 2016).

### 5.2.2.3 Proceso con Antraquinona

Deriva del proceso a la sosa en el cual se añade un catalizador, la antraquinona (AQ). Este aditivo presenta dos efectos fundamentales, la aceleración del proceso de deslignificación alcalino y la estabilización de los carbohidratos mejorando los rendimientos respecto al proceso Kraft o sosa convencional en las mismas condiciones de operación.

Al final de la cocción, la mayoría de la AQ permanece en el licor negro. Una menor proporción permanece en las fibras de la pulpa, ya sea combinada con la lignina residual de las fibras o como AQ original. El blanqueo posterior elimina toda la AQ residual hasta niveles no detectables (Barba Pacheco, 2002).

### 5.2.2.4 Proceso Santanocito

Para la extracción de la celulosa mediante este proceso (Figura 17), la cáscara se trata en una solución formada por etanol y tolueno para extraer el flavedo. Al sólido libre de flavedo se le añade agua destilada y  $H_2O_2$ ; la suspensión resultante se calienta y se le ajusta el pH neutro con NaOH en continua agitación mecánica.

El sólido se filtra a temperatura ambiente y se lava con agua destilada hasta que el pH del filtrado sea neutro, finalmente se lava con acetona y se seca con aire a temperatura constante. Luego, el material es tratado con una solución de ácido fórmico ( $CH_2O_2$ ), ácido acético ( $CH_3COOH$ ) y  $H_2O_2$ . La suspensión se calienta con agitación magnética, se filtra a temperatura ambiente, se lava con agua hasta un pH neutro y luego con acetona. Finalmente, se seca con aire. Finalmente se añade una solución de NaOH y se calienta con agitación, después se enfría, se filtra y se lava hasta un pH neutro con agua destilada, luego con acetona y se seca con aire.

El rendimiento es del 10% (Italia Patente nº US 9771435 B2, 2017).

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

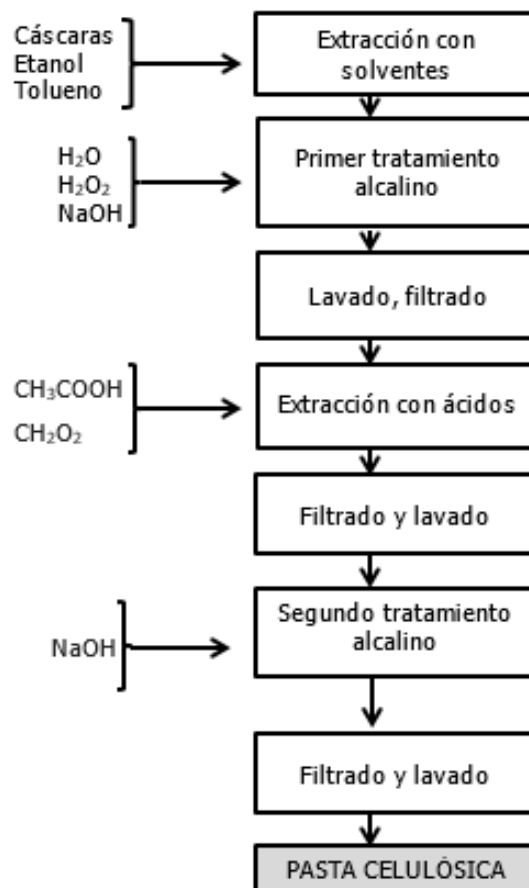


Figura 17 - Diagrama de flujo del proceso Santanocito. Fuente: Elaboración propia en base a (Italia Patente nº US 9771435 B2, 2017).

## 5.3 ANÁLISIS DE SELECCIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CELULOSA

En la Tabla 40 se analizan las ventajas y desventajas de los procesos mencionados anteriormente con el objetivo de elegir el proceso conveniente para la extracción.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

### Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 40 - Análisis de ventajas y desventajas para la selección del proceso. Fuente: Elaboración propia.

PROCESO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Extracción Mecánica	<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay tratamiento térmico.</li> <li>No requiere productos químicos.</li> <li>Se disuelve alrededor de 20% de la lignina inicial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pasta con impurezas (ligninas y hemicelulosas).</li> <li>Las pastas se tornan amarillentas con el paso del tiempo.</li> <li>Elevado consumo de energía.</li> </ul>
Proceso Kraft	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muy conocido industrialmente.</li> <li>Tiempos de cocción bajos.</li> <li>Poco selectivo a la materia prima.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Altamente contaminante.</li> <li>Costoso.</li> <li>Involucra numerosas etapas y equipos.</li> </ul>
Proceso Soda	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es más simple que otros métodos en cuanto a instalaciones, insumos y equipos.</li> <li>Flexible en cuanto a la materia prima.</li> <li>Muy conocido industrialmente.</li> <li>Buen rendimiento con baja degradación de celulosa.</li> <li>Tiempos de cocción bajos.</li> <li>Se logran pulpas muy blancas.</li> <li>Bajo contenido de contaminantes</li> <li>Puede utilizarse para producir fibras textiles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se obtiene un efluente alcalino por lo que requiere tratamiento de efluente.</li> </ul>
Proceso Antraquinona	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se obtiene menos grado de degradación de la celulosa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El reactivo tiene tendencia a producir cáncer por lo que se dificulta su adquisición.</li> <li>Poco utilizado industrialmente.</li> <li>Más costoso que proceso soda.</li> <li>Se obtiene un efluente alcalino por lo que requiere tratamiento de efluente.</li> </ul>
Proceso Santanocito	<ul style="list-style-type: none"> <li>Esta ideado especialmente para cascaras de cítricos.</li> <li>Utiliza productos menos contaminantes que los procesos tradicionales.</li> <li>Puede utilizarse para producir fibras textiles.</li> <li>Se obtiene alfa celulosa con una pureza del 98%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proceso complejo en cuanto a la cantidad de etapas, insumos y equipos requeridos.</li> <li>Proceso en continuo desarrollo.</li> <li>Desconocimiento sobre los efluentes producidos.</li> </ul>

Se decide elegir el proceso sosa para separar la celulosa del resto de los componentes de las cáscaras debido a que es un método con pasos menos complicados que los otros métodos logrando porcentajes de extracción aceptables para el objetivo de la presente tesis. También se tiene en cuenta que sólo se utiliza un insumo y que es de fácil acceso.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## 5.4 DESARROLLO Y FABRICACIÓN DEL PROCESO SODA

En el proceso de fabricación de pasta tipo soda la materia prima fibrosa se digiere con una solución acuosa de hidróxido de sodio. Dado que estas fibras tienen una estructura relativamente accesible y más bajo contenido de lignina, la temperatura para la fabricación de pasta puede ser 160 °C o menor. Las instalaciones para este proceso son de pequeña capacidad, debido al volumen de las materias primas.

Hay muchas similitudes entre la fabricación de pasta tipo soda y la pasta tipo kraft, especialmente reacciones tales como la ruptura de enlaces entre la lignina y los carbohidratos, la despolimerización de la lignina y su recondensación.

El método se basa principalmente en el rompimiento por hidrólisis (y en presencia de un catalizador ácido y/o básico en la mayoría de los casos) los principales enlaces C-O presentes en la lignina.

Se utiliza este insumo ya que la alfa celulosa es resistente a NaOH.

### 5.4.1 Acondicionamiento de la materia prima

- Molienda: se realiza con el objetivo de permitir un mejor contacto entre el licor de digestión y la materia prima, facilitando de este modo la separación de la matriz celulosa - lignina.
- Tamizado: se realiza con la finalidad de obtener homogeneidad en el tamaño, permitiendo que la digestión se realice de manera uniforme. Se utilizan cribas para obtener un rango entre 1mm y 3mm (Ioan, 2013).

### 5.4.2 Impregnación

Esta etapa tiene como objetivo aumentar el contacto entre el licor blanco y las cáscaras para lograr una mayor disolución de la lignina.

El tratamiento consiste en dejar la materia prima en el medio alcalino durante 24 horas a temperatura y presión ambiente. Al finalizar este tiempo, el % del NaOH se ha neutralizado por lo que es necesario agregar una cantidad igual en la etapa siguiente.

### 5.4.3 Digestión

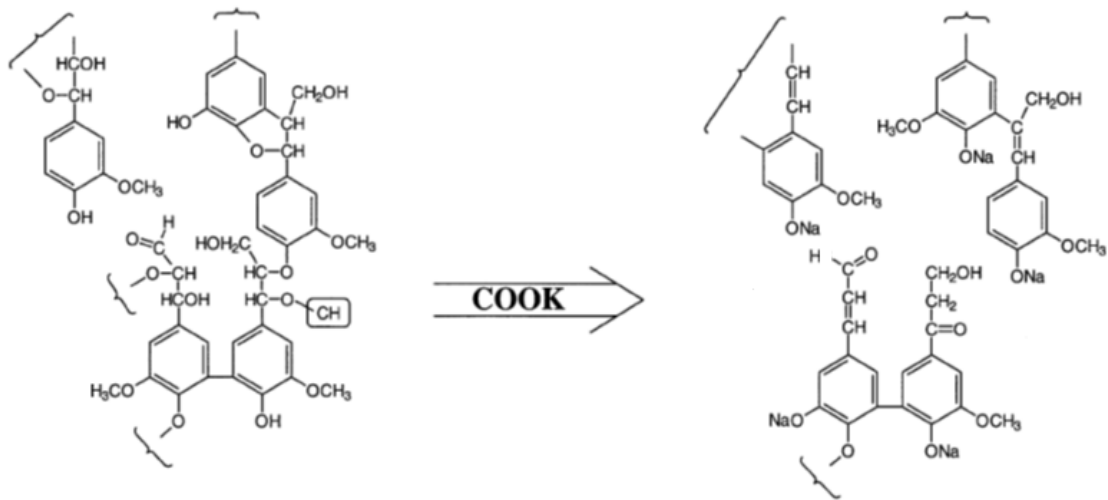
Se separa la matriz lignina-celulosa, mediante la utilización de hidróxido de sodio en una relación de 30% en base seca manteniendo relación 1:7 materia prima y licor de blanqueo constante en 1:7, lo que permite obtener las condiciones óptimas del proceso. La digestión se realiza en un reactor con agitación mecánica, la reacción se produce a presión atmosférica y a temperatura constante de 90°.

El proceso de digestión se puede esquematizar de la siguiente forma:



## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química



Las reacciones que ocurren durante la misma son complejas, las mismas son:

- Rotura de enlaces Beta-O-4.
- Aparición de nuevas unidades fenólicas.
- Pérdida de metoxilos
- Diaril éteres y uniones C-C más estables
- Despolimerización
- Mayor hidrofiliidad
- Mayor disolución en el licor
- Reacciones de condensación

Globalmente, la reacción es de primer orden.

### 5.4.4 Filtración

Una vez finalizada la digestión, se despresuriza el tanque lo que genera el flujo del contenido en el mismo hacia un tanque auxiliar donde se realiza la separación del licor agota de la pulpa. EL medio filtrante es una chapa perforada instalada en el tanque.

### 5.4.5 Lavado

Para evitar la degradación de la fibra es necesario neutralizar la acción del licor de digestión. Para ello, se realiza un lavado con agua en relación 1:7 hasta llegar a un pH neutro (Bernal Portilla, 1980). En una primera instancia, se deja llena el tanque con la mitad del agua necesario durante una cantidad de tiempo determina para luego dejar fluir el resto del agua (Montero, 1998).

### 5.4.5 Blanqueamiento y secado

El objetivo de este blanqueo es la destrucción de la materia colorante que no se pudo separar en la digestión. Las principales sustancias absorbentes de luz en las pastas celulósicas son la lignina y las resinas. Para lograr el blanqueo, estas sustancias deben

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

ser transformadas químicamente en estado sólido, disminuyen sus características de absorción de luz, o ser oxidadas, reducidas o hidrolizadas para hacerlas solubles en soluciones acuosas y

Cuando las condiciones de operación son suaves, el peróxido de hidrógeno puede carecer de efecto deslignificante haciéndolo atractivo para el blanqueo de pastas de alto rendimiento (mecánicas y semiquímicas); en cambio, cuando las condiciones de operación son más severas, se puede aplicar a pastas químicas, consiguiendo pastas de blancura elevada, muy estables y poco degradadas.

El efecto blanqueante del peróxido se atribuye a la acción oxidante del  $\text{HOO}^-$ , procedente de la disociación del peróxido, sobre los grupos carbonilos conjugados para producir aldehídos y ácidos carboxílicos incoloros. La concentración de  $\text{HOO}^-$  aumenta con la temperatura y con el pH, por lo que el blanqueo se debe realizar en condiciones alcalinas (Ferrer Carrera, 2013).

En las pastas mecánicas y semiquímicas, la eliminación de lignina y resinas conduce a una pérdida de rendimiento elevada.

Para las pastas químicas y algunas semiquímicas, la eliminación de lignina es necesaria si el grado de blancura deseado es más elevado, provocando una pérdida de rendimiento entre el 3-10 % o más.

En la Tabla 41 se muestran diferentes tipos de agentes blanqueantes.

Tabla 41 – Descripción de los diferentes agentes blanqueantes.

AGENTE BLANQUEANTE	DESCRIPCIÓN
Peróxido	Reacción con peróxido en medio alcalino. Se usa como una etapa adicional de blanqueo, o para reforzar la etapa de extracción. Los peróxidos se utilizan en blanqueo de pastas químicas y de pastas de alto rendimiento. Cuando se aplica bajo condiciones relativamente suaves (35-55°C) el peróxido es un agente de blanqueo efectivo que mejora la blancura de las pastas mecánicas y otras altamente lignificadas preservando la lignina sin pérdidas significativas de rendimiento. El pH influye mucho en este proceso por lo que, para obtener mejores resultados, se debe tamponar a pH 10,5. La concentración de iones perhidroxilo activos se incrementa con el pH según la reacción $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{HOO}^- + \text{H}_2\text{O}$ A pH superiores a 10,5 se producen reacciones competitivas indeseables que disminuyen la acción de blanqueo. El pH se controla por adición de hidróxido sódico y silicato sódico (actúa de tampón y estabilizador en el sistema de blanqueo con peróxido), también se utiliza sulfato magnésico que actúa como estabilizador. El silicato actúa inactivando concentraciones de contaminantes metálicos.
Oxígeno	Reacción con oxígeno elemental a alta presión y dióxido de cloro. Es usado tanto en la etapa de deslignificación como para reforzar la etapa de extracción. Su poder oxidante es 4,4 veces de del cloro.
Ozono	Reacción con ozono en medio ácido. El ozono $\text{O}_3$ es caro pero ofrece ventajas medioambientales al eliminar compuestos clorados.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Para iniciar el proceso de blanqueo se agrega el agua e hidróxido de sodio para lograr un pH de 10,5. Se calienta hasta 80°C y se adiciona el peróxido de hidrógeno. En este momento comienza la reacción, la cual es de primer orden, y finaliza luego de 50 minutos (CAR/PL, 2005). La presión es 1 atmósfera, se puede obtener mejores resultados a presiones superiores, pero en este caso no es necesario.

Se obtiene un rendimiento en base a la pasta de celulosa seca del 15,81 % p/p con un contenido de  $\alpha$ -celulosa del 83,68 % p/p.

### 5.4.5.1 Balance de masa

El blanqueo requiere de una solución conformada por 91,5% de agua (Montero, 1998) 3,5% de NaOH (Montero, 1998), 5% de agua oxigenada en base seca (Ioan, 2013).

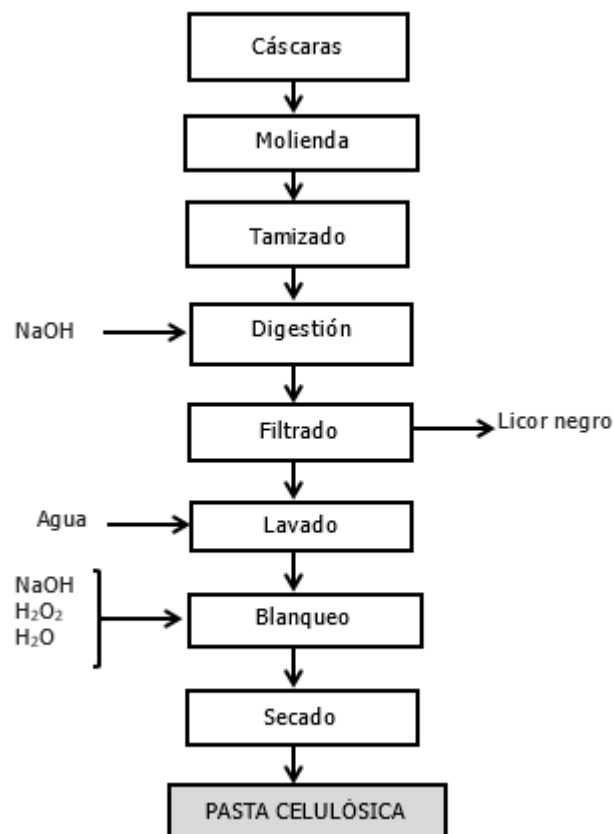


Figura 18 - Diagrama de flujo del proceso sosa. Fuente: Elaboración propia en base a (Guarnizo, 2016).

## 5.5 PROCESOS DE OBTENCIÓN DE LA FIBRA CELULÓSICA

### 5.5.1 Fibra Viscosa

El proceso viscosa o seda artificial, es el proceso de solución-hilatura más conocido. Como se puede observar en la Figura 19 la celulosa procedente de pulpa de celulosa se transforma en xantato de celulosa soluble, mediante alcalinización con NaOH y una reacción posterior con sulfuro de carbono.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Posteriormente, la regeneración de este derivado en forma de fibra de celulosa, se consigue por precipitación en un baño de coagulación ácido con  $H_2SO_4$ , que contiene una sal ( $ZnSO_4$ ). En esta etapa, se produce sulfato sódico y sulfuro de carbono en forma de gas, que se recupera parcialmente mediante condensación. El sulfuro de carbono no condensado se recupera mediante un proceso de absorción.

Durante la etapa de formación del xantato de celulosa se produce tritocarbonato de sodio que origina el color anaranjado característico de la viscosa.

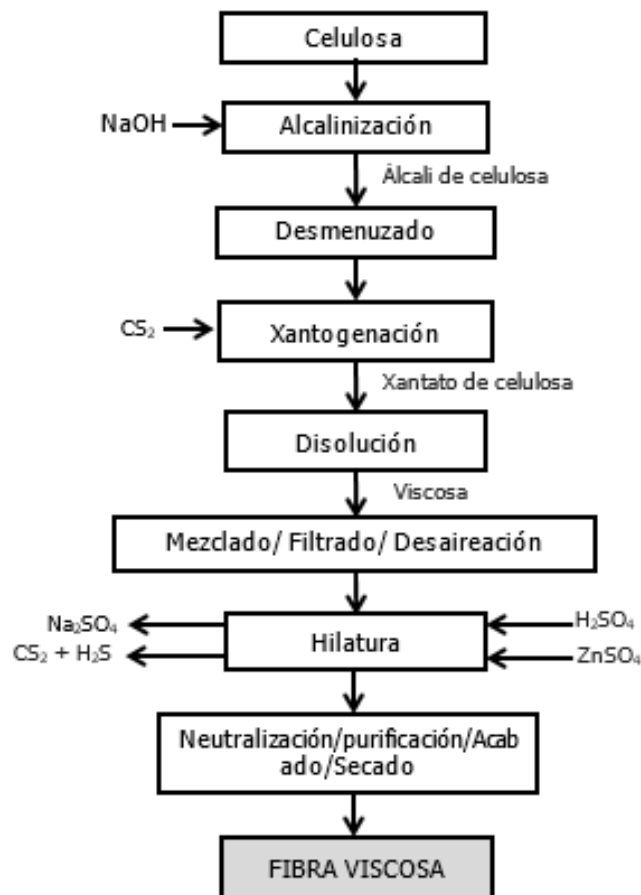


Figura 19 - Diagrama de flujo de fibra Viscosa. Fuente: Elaboración propia en base a (Carrillo Navarrete, 2002)

Este proceso requiere numerosas etapas y conlleva considerables efectos medioambientales, debido a los altos contenidos de sulfuro de carbono y sales en las aguas residuales, así como de sulfuro de hidrógeno, subproducto del proceso en los gases de salida y de notable poder contaminante. Otro inconveniente es que el producto obtenido presenta unas propiedades débiles de resistencia en húmedo (Carrillo Navarrete, 2002).

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 5.5.2 Fibra Celca

La celulosa sufre un pretratamiento de activación para aumentar su reactividad, por impregnación con una disolución de urea en amoníaco. La reacción se produce en ausencia de disolventes, obteniéndose el carbamato de celulosa más estable. El carbamato de celulosa se disuelven una solución de hidróxido sódico, para formar el dope de hilatura y se hila en húmedo, pudiéndose emplear para la coagulación los mismos baños ácidos que se emplean en la coagulación de viscosa o soluciones de una sal alcalina o alcohol (ver Figura 20 - Diagrama de flujo de fibra Celca. Fuente: Elaboración propia en base a ).

En medio neutro o ácido los grupos carbamatos son estables y permanecen en la fibra, pero en medio alcalino se produce una hidrólisis lenta. Esto es importante ya que incide en algunas propiedades como tenacidad, alargamiento y módulo de las fibras obtenidas. El proceso de fabricación presenta menos dificultades que el proceso de producción de viscosa o modal (Carrillo Navarrete, 2002).

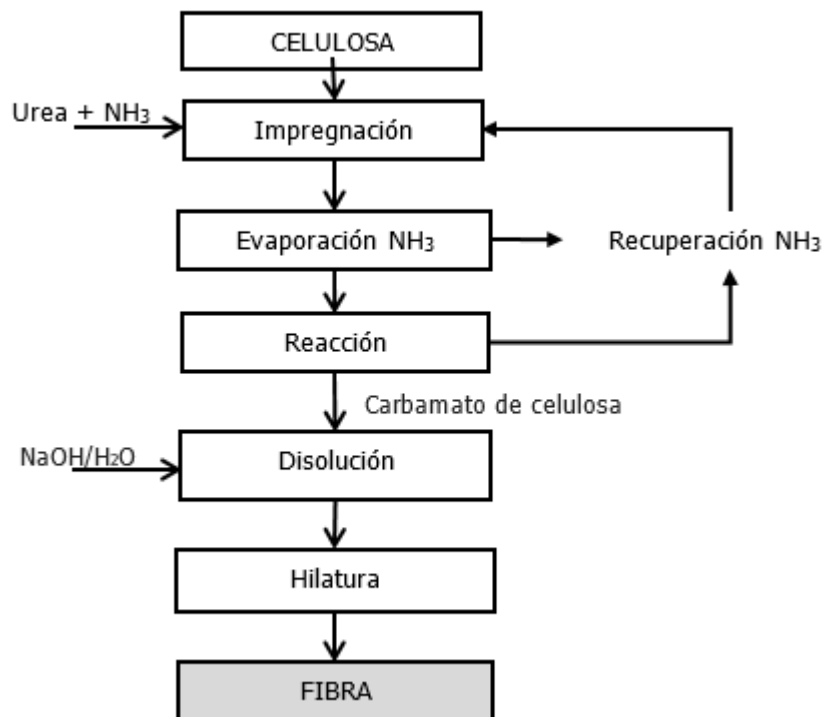


Figura 20 - Diagrama de flujo de fibra Celca. Fuente: Elaboración propia en base a (Carrillo Navarrete, 2002)

### 5.5.3 Fibra Lyocell

El proceso de obtención del Lyocell tiene tres etapas generales, la disolución de la celulosa, la hilatura y posterior tratamiento de las fibras y la recuperación del disolvente y reciclado.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Cuando el solvente está caliente, disuelve la celulosa y produce una solución muy clara y viscosa que se filtra y se hila en un baño de coagulación que contiene una solución diluida de disolvente. El baño de coagulación elimina el óxido de amina de las fibras, que se lavan y se secan; el disolvente eliminado se regenera para ser reutilizado (Lis Arias, 2002).

El proceso NMMO ofrece una alternativa viable a escala industrial entre los diferentes nuevos métodos de producción existentes. El disolvente utilizado es un óxido de amina, el N-óxido de N-metilmorfolina. Con la ayuda de este disolvente es posible fabricar con pocas etapas una fibra artificial que supera en muchos aspectos a las fibras actuales de celulosa regenerada. Además, el disolvente posibilita la regeneración de las fibras, sin excesivos aditivos químicos, en un baño de precipitación de agua. Las ventajas frente a las fibras convencionales, radican en que ofrece una solución a los problemas medioambientales de emisiones al agua y al aire, y por otra parte, muestra mejores propiedades mecánicas: elevada tenacidad y alto módulo, especialmente en húmedo (Carrillo Navarrete, 2002).

El proceso para obtener la celulosa en solución con el disolvente es un sistema puramente físico. En este punto radica una de las diferencias importantes respecto de las demás fibras de celulosa regenerada ya que, la mayoría de éstas, involucran durante su proceso de fabricación reacciones químicas con las dificultades que ello conlleva, tanto a nivel de producto final obtenido como por las características contaminantes de los efluentes.

El proceso de lavado produce una fibra de blancura y pureza muy regular. El sistema de secado permite un excelente control del grado de humedad, y toda la ruta hilado-acabado está diseñada para eliminar la contaminación de la fibra con cualquier material indeseable.

La fibra resultante es una de las fibras celulósicas más puras.

### 5.6 ANÁLISIS DE SELECCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA FIBRA

En la Tabla 42 se analizan las ventajas y desventajas de los procesos mencionados anteriormente con el objetivo de elegir el proceso conveniente para la extracción.

Tabla 42 - Análisis de ventajas y desventajas para la selección del proceso. Fuente: Elaboración propia.

PROCESO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Fibra Viscosa	<ul style="list-style-type: none"><li>• Proceso ampliamente conocido y utilizado a nivel industrial.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Altamente contaminante.</li><li>• Necesita numerosas etapas y reactivos.</li><li>• Involucra numerosas reacciones.</li></ul>

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Fibra Celca	<ul style="list-style-type: none"><li>• Utiliza reactivos que mejoran la estabilidad de las reacciones y del producto final.</li><li>• Presenta menos dificultades en el desarrollo del proceso.</li><li>• Producto con mejores propiedades que la fibra viscosa.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Utiliza numerosos reactivos y etapas.</li></ul>
Fibra Lyocell	<ul style="list-style-type: none"><li>• Involucra un único solvente por lo que prácticamente es un proceso físico.</li><li>• Involucra pocas etapas.</li><li>• El producto presenta mejores propiedades mecánicas.</li><li>• Ofrece solución a problemas medioambientales generados por otros procesos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• El solvente debe importarse.</li><li>• Proceso poco aplicado a nivel industrial.</li></ul>

Del análisis anterior, se elige el proceso de fabricación del lyocell para transformar la pulpa de celulosa en una fibra textil, ya que, es un proceso menos contaminante al utilizar menos reactivos que los otros procesos. Además, el solvente utilizado es no tóxico y se puede recuperar hasta cuatro veces solo perdiendo 1% de la cantidad inicial.

### 5.7 DESARROLLO Y FABRICACIÓN DE FIBRAS LYOCELL

El disolvente utilizado en este proceso es el N-óxido de N-metilmorfolina, NMMO (Figura 21), un óxido de amina cíclico de fórmula química  $O(C_4H_8)NOCH_3$ . Este disolvente es sólido a temperatura ambiente presentando un punto de fusión de  $170^{\circ}C$  y un alto poder higroscópico. Asociado con una molécula de agua, el NMMO monohidratado (Figura 22), constituye un sistema con un alto poder disolvente de la celulosa y un punto de fusión de  $74^{\circ}C$ . Los estudios de toxicología realizados con NMMO sobre varios organismos vivos (ratas, pescado, algas y bacterias), demuestran que este disolvente es menos tóxico que el etanol.

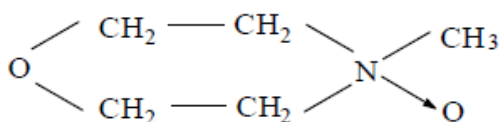


Figura 21 - N-óxido de N-metilmorfolina. Fuente: (Carrillo Navarrete, 2002).

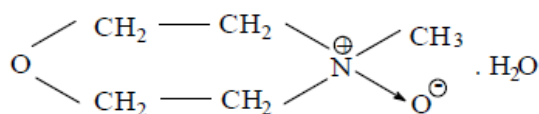


Figura 22 - NMMO monohidratado. Fuente: (Carrillo Navarrete, 2002).

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

En caliente, este disolvente es capaz de disolver directamente la pasta de celulosa, produciendo una solución muy clara y viscosa. Esta solución se hila, después del filtrado, en un baño que contiene una disolución muy diluida del mismo disolvente. A continuación, las fibras se lavan y se secan y el óxido de amina se recupera (Figura 23).

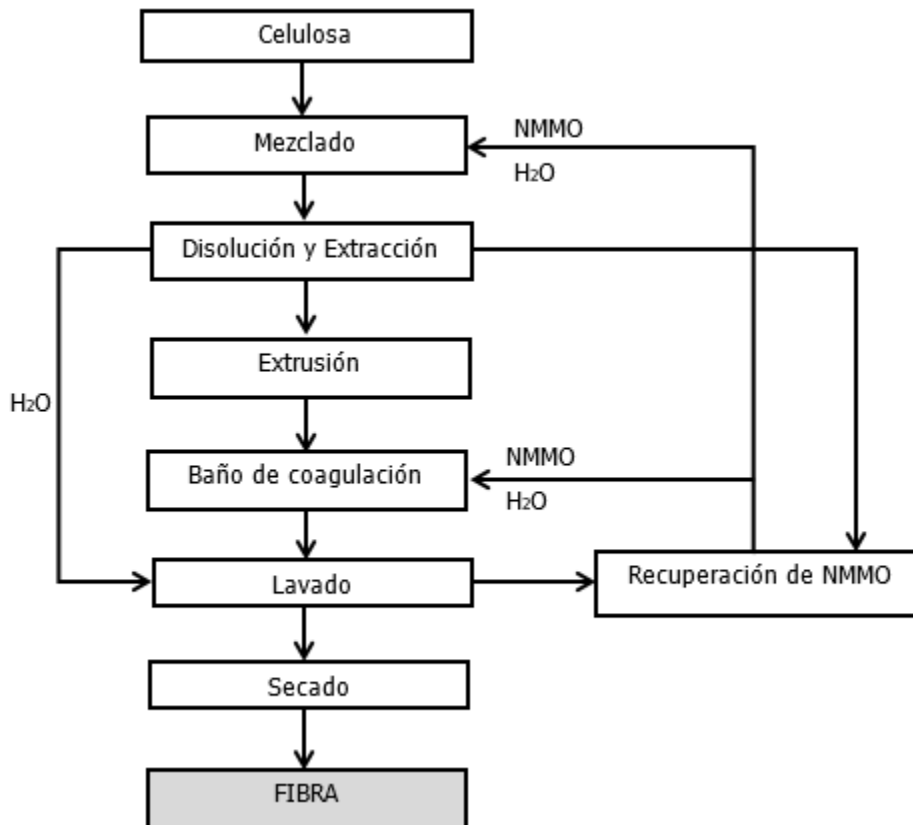


Figura 23 - Diagrama de flujo de Lyocell. Fuente: Elaboración propia en base a (Carrillo Navarrete, 2002)

El proceso puede resumirse básicamente en tres etapas esenciales (Figura 24):

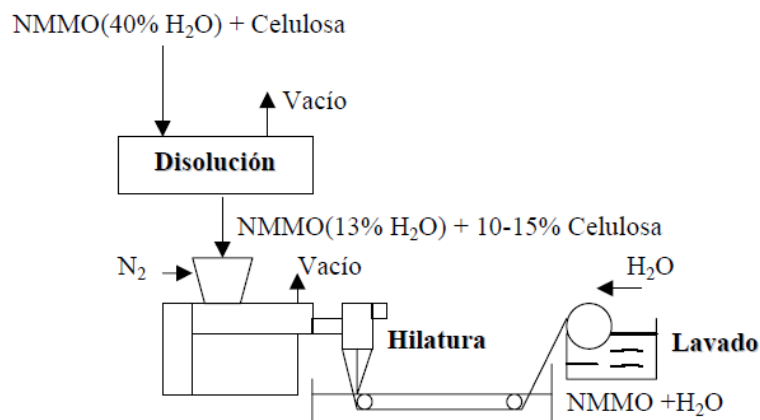


Figura 24 - Esquema representativo del proceso NMMO. Fuente: (Carrillo Navarrete, 2002).



## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 1) Disolución de la celulosa

La pulpa industrial de celulosa, preparada con un grado de polimerización entre 500-1000 y un alto contenido de  $\alpha$ -celulosa (~95 %), se dispone junto con una mezcla de agua y disolvente orgánico. Para prevenir problemas de almacenamiento el disolvente se utiliza en la forma altamente hidratada (40 % p/p de agua). Inicialmente, la mezcla celulosa-NMMO se mantiene durante 3-4 horas a 90°C y a vacío de 1 mm Hg, hasta reducir el contenido de agua a un 15 %, produciéndose la gelificación de la mezcla.

Las proporciones iniciales de cada uno de los componentes corresponden aproximadamente a un 13% de pulpa, 20% de agua y un 67% de NMMO. En estas condiciones la celulosa no es soluble, y por lo tanto, es necesaria la evaporación del agua de esta suspensión, hasta alcanzar una solución con un contenido de agua del 13% (NMMO monohidratado). Para ello, es necesario calentar a 110-125°C y a vacío. Cuando se consigue la solución completa de la mezcla, ésta se estabiliza mediante la adición de antioxidantes como el sulfato de magnesio, evitando así la oxidación de la celulosa que podría producirse, por la presencia de oxígeno proveniente de la descomposición del disolvente a altas temperaturas.

### 1) Hilatura y posterior tratamiento de las fibras

La solución obtenida anteriormente se extruye, después de un filtrado previo, hilándose en un baño de coagulación que contiene una solución diluida del mismo disolvente.

### 2) Recuperación y reciclado del disolvente

Las fibras se lavan y se secan, recuperando el disolvente que se regenera para ser reciclado. La proporción de NMMO recuperado es superior al 99%.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 5.7.1 Condiciones de proceso

Tabla 43 – Comparación de condiciones de proceso para las distintas etapas. Fuente: Elaboración propia.

ETAPA	CONDICIÓN DEL PROCESO	REFERENCIA
Conservación del solvente	50%	(Subramanian Senthilkannan, 2017)
	40%	(Carrillo Navarrete, 2002)
Formación de la corriente de entrada	13% pulpa (95% $\alpha$ -celulosa) 20% agua 67% NMMO	(Carrillo Navarrete, 2002)
	15% pulpa 85% agua - NMMO	(Paulitz, 2017)
	14% pulpa 10% agua 76% NMMO	(Li, 2018)
Deshidratación	3 - 4 h 90°C 1 mm Hg Hasta lograr 15% de humedad	(Carrillo Navarrete, 2002)
Disolución	110°C – 125°C Vacío	(Carrillo Navarrete, 2002)
	120°C Vacío	(Subramanian Senthilkannan, 2017)
	100°C 2 kPa 20 rpm	(Paulitz, 2017)
Salida de la disolución	10 rpm 20 min 1 mol H <sub>2</sub> O / mol NMMO 10,4 % celulosa	(Paulitz, 2017)

### 5.8 CONCLUSIÓN

En base a las referencias se elige el proceso sosa para aislación y obtención de la pasta celulósica ya que es un proceso simple y conocido a nivel industrial, se obtiene un buen rendimiento en relación a la  $\alpha$ -celulosa y una pulpa apta para la utilización textil. Para la producción de la fibra textil se elige el proceso Lyocell con la utilización de NMMO como solvente debido a que el producto obtenido presenta mejores propiedades mecánicas.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 5.9 REFERENCIAS

- Barba Pacheco, C. (2002). *Síntesis de carboximetilcelulosa (CMC) a partir de pastas de plantas anuales*. Tarragona: Universitat Rovira I Virgili.
- Bernal Portilla, N. B. (1980). *Obtención de celulosa industrial a partir de linter de algodón*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Carchi Maurat, D. E. (2014). *Aprovechamiento de los Residuos Agrícolas provenientes del cultivo de Banano para obtener Nanocelulosa*. Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Carrillo Navarrete, F. (2002). *Caracterización estructural de fibras lyocell y su comportamiento frente a procesos de degradación*. España: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Criollo Llimiugsi, G. P. (2018). *Extracción de celulosa de cáscara de naranja, estudio del método y aplicaciones*. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Guarnizo, E. M. (2016). *Obtención de pulpa de papel a partir de residuos de la naranja común y limón ponderoso*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Ioan, B. (2013). *Optimization of isolation of cellulose from orange peel using sodium hydroxide and chelating agents*. Romania: Elsevier Ltd.
- Li, H. (2018). *Regenerated cellulose by the lyocell process, a brief review of the process and*. Canadá: University of New Brunswick.
- Lis Arias, M. (2002). *Comportamiento cinético de las fibras Tencell con colorantes directos*. Barcelona: Universitat politècnica de Catalunya.
- Morales de la Rosa, S. (2015). *Hidrólisis ácida de celulosa y biomasa lignocelulósica asistida con líquidos iónicos*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Paulitz, J. (2017). Lyocell fibers for textile processig derived form organically grown hemp. *Elsevier Ltd*, 260-268.
- Santanocito, A. M. (2017). *Italia Patente nº US 9771435 B2*.
- Subramanian Senthilkannan, M. (2017). *Sustainable production of regenerated cellulosic fibres*. India: Elsevier.

CAPÍTULO 6

---

**BALANCE DE MASA Y ENERGÍA**

---

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## 6. BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

### 6.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo, se desarrollan los balances de masa y energía de las corrientes involucradas en el proceso de producción de fibras textiles tomando como base la capacidad establecida en los capítulos de Estudio de Mercado y Capacidad.

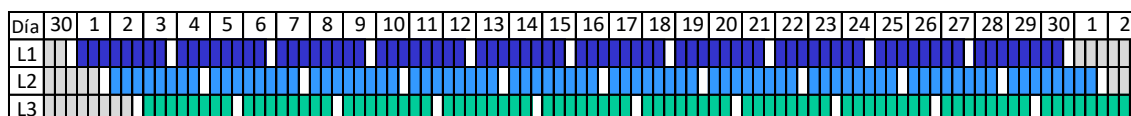
En primer lugar, se establece el régimen de trabajo realizando un diagrama de Gantt. Así, se obtienen la cantidad de lotes, el tipo de proceso y los turnos necesarios para obtener la capacidad deseada. Luego, se realiza un balance global y balances parciales por cada operación; se analizan las composición y valores máxicos y los requerimientos energéticos de cada corriente de acuerdo a lo recopilado en el capítulo de Selección de Proceso.

### 6.2 CONSIDERACIONES

Para realizar los cálculos de los balances de masa y energía se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- El proceso se produce en estado estacionario, por lo que, no existe acumulación.
- El proceso es discontinuo llevo a cabo en dos turnos diarios de 8 horas cada uno.
- Cada etapa posee un rendimiento asignado en base a las referencias bibliográficas.
- Mediante el diagrama de Gantt (Tabla 44) se determina la cantidad de lotes producidos durante el año. Se obtiene que, se requieren 30 lotes por mes, es decir, que por cada día se produce un lote. Por lo tanto, las cantidades se expresarán en toneladas por día. También, se puede concluir que de los 350 días laborables al año se deben restar 4 días no productivos pertenecientes al primer y último mes.

Tabla 44 - Diagrama de Gantt.



- Las cantidades producidas se exponen en la Tabla 45.

Tabla 45 - Capacidad productiva.

<b>CAPACIDAD PRODUCTIVA</b>	
<b>Anual</b>	999,9319 T
<b>Mensual</b>	83,3276 T
<b>Diaria</b>	2,8899 T
<b>Horaria</b>	0,1806 T

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

- El proceso se dividió en dos etapas principales, en la primera, se produce la pulpa de celulosa y en la segunda la fibra textil. Las operaciones involucradas con las respectivas duraciones detallan en la Tabla 46.
- Se toma como temperatura ambiente promedio en Tucumán como 20°C (Provincia de Tucumán, 2019; Weather Atlas, 2019).

Tabla 46 - Operaciones del proceso y duración de las mismas.

PROCESO	OPERACIÓN	HORAS	TURNO	
Pulpa de celulosa	Transporte 1	1,00	1	
	Molino	6,00		
	Transporte 2	1,00		
		Impregnación	24,00	3
		Digestión	2,00	1
		Lavado 1	2,17	
		Blanqueo	1,33	
		Lavado 2	1,00	
		Transporte 3	1,50	
		Deshidratado	8,00	1
		Secado 1	2,50	1
Fibra	Mezclado	0,50		
	Transporte 4	0,50		
	Disolución	4,50		
	Extracción	1,17	1	
	Extrusión	2,33		
	Coagulación	1,50		
	Lavado 3	1,50		
	Secado 2	1,00		
	Transporte 5	0,50		

- Balance general del proceso se establece en la Tabla 47.

Tabla 47 - Balance de masa general del proceso.

BALANCE GENERAL	
Entrada	Salida
C1+C4+C8+C11+C14+C17+C24+C25+C31+C34	C10+C13+C16+C19+C20+C23+C37+C38+C40+C42+C43

- La materia prima utilizada es cáscara de cítricos que está compuesta por 65% de agua y 35% de material sólido. Éste, está conformado por 30% de celulosa, 7% de lignina y 63% de otros (pectinas, hemicelulosa, cenizas, solubles, etc.) (Marín, 2007).

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 6.3 BALANCES DE MASA Y ENERGÍA PARA PRODUCCIÓN DE PULPA DE CELULOSA

En la Figura 25, se encuentra detallado el diagrama de esta etapa conteniendo los equipos involucrados en la producción de la misma. Se debe considerar que para el uso del software de simulación se utilizan corrientes y equipos que no forman parte del esquema real.

La Tabla 48 contiene la denominación de los equipos en base al diagrama realizado.

Tabla 48 - Tabla de referencia de los equipos involucrados en la obtención de pulpa celulósica.

DENOMINACIÓN	EQUIPO
M-01	Molino
T-01 y T-02	Tanque pulmón NaOH
R-01, R-02, R-03, R-04, R-05 y R-06	Reactores para impregnación y digestión
A-01, A-02, A-03, A-04, A-05 y A-06	Tanque auxiliares para impregnación y digestión
T-03	Tanque H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
R-07	Reactor de blanqueo
A-07	Tanque auxiliares para lavado
S-01	Deshidratador
S-02	Secador

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

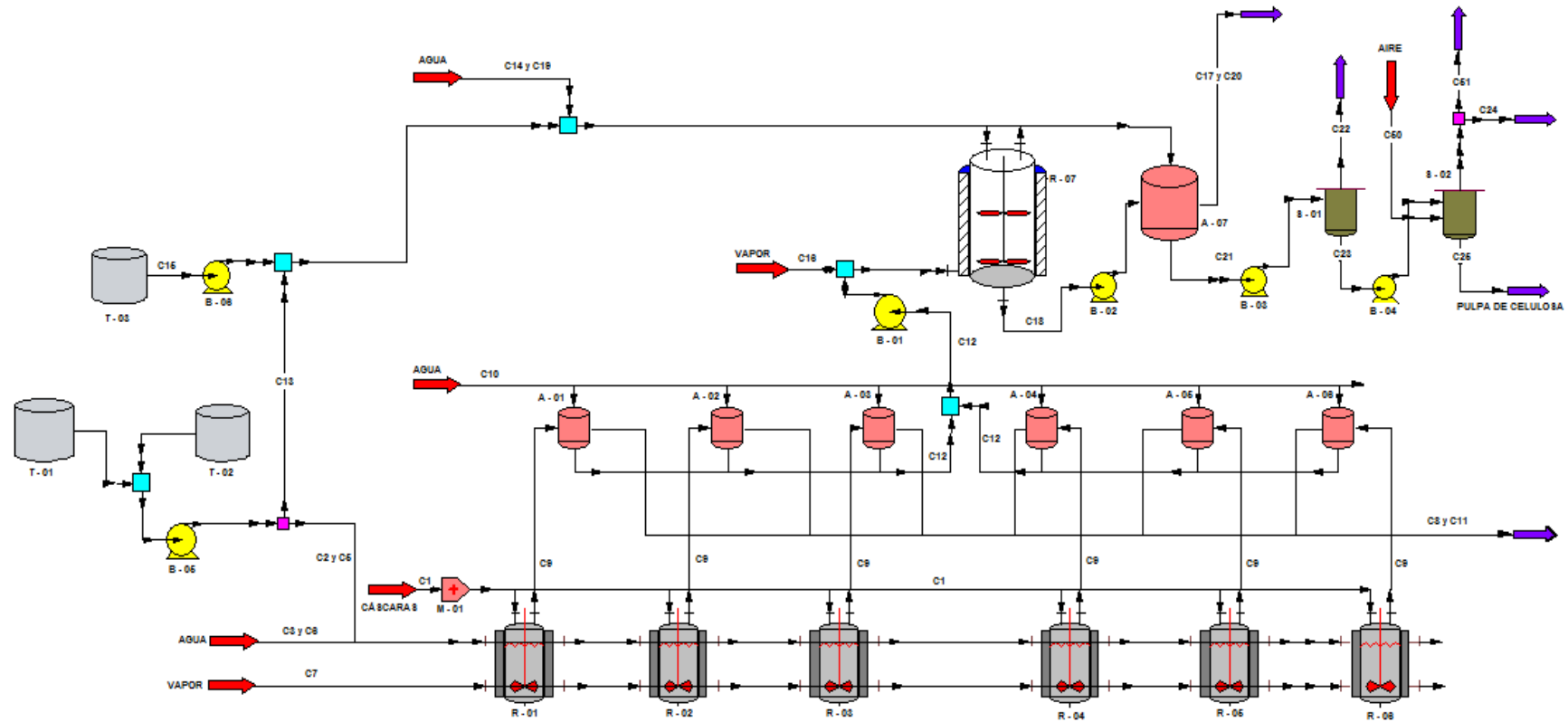


Figura 25 - Esquema representativo del proceso general de producción de la pulpa de celulosa.



# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## 6.3.1 Molienda y tamizado

Se considera que el rendimiento del molino (Figura 26) es 100%, ya que solo se reduce de tamaño de la materia prima.

Al no producirse un cambio en la temperatura de entrada y salida, no se efectúa un cambio energético. En estas condiciones, no es necesario realizar balances de masa y energía.

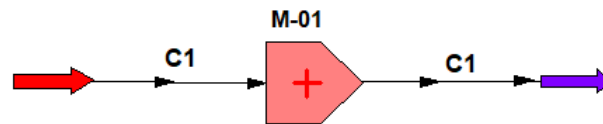


Figura 26 - Esquema representativo de la molienda.

## 6.3.2 Impregnación

En la Figura 27 se observa el esquema de la misma.

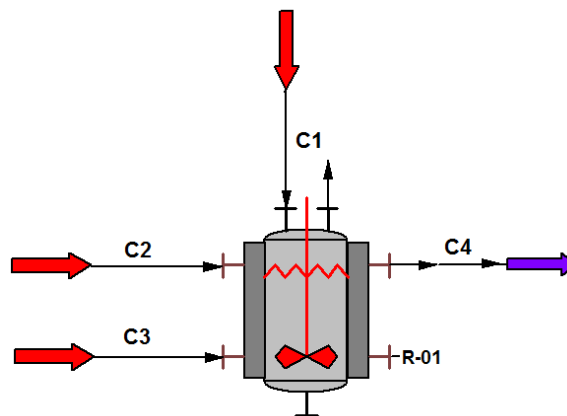


Figura 27 - Esquema representativo de la disolución de NaOH y de la impregnación.

Consideraciones:

- La impregnación y la digestión se realizan en el mismo reactor. Para facilitar los cálculos de los balances se toman por separado.
- El tiempo de operación es de 24 horas, sin agitación a 20°C y 1 atm (Barba Pachecho, 2002).
- Se requiere una relación de 1:7 de entrada sólida seca con respecto a licor blanco (Suárez Guarnizo, 2016).
- El licor blanco se constituye de 30% NaOH en relación a la entrada seca. El 34% del mismo se neutraliza (Barba Pachecho, 2002).
- La solución acuosa de NaOH se almacena al 50%, la cual se ingresa al reactor y se agrega el agua requerida para lograr la concentración requerida por la bibliografía.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

- El agua contenida en las cáscaras se resta al agua total requerida por la etapa de lavado, ya que no se realiza un secado previo a las mismas.
- No se produce un cambio energético al no haber diferencia entre la temperatura de entrada y salida, por lo que, no es necesario realizar el balance de energía.

Las cantidades necesarias de NaOH y agua se exponen en la

Tabla 49. El balance de masa de la impregnación se presenta en la Tabla 50.

Tabla 49 - Balance de componentes para la disolución de NaOH.

BASE DE CALCULO			
Masa de la corriente (T/día)	Componente	Fracción	Masa de componente (T/día)
3,1500	NaOH	1,0000	3,1500
50,8500	Agua	1,0000	50,8500
54,0000	NaOH	0,0583	3,1500
	Agua	0,9417	50,8500

Tabla 50 - Balance de componentes para la etapa de impregnación.

IMPREGNACIÓN				
R-01, R-02, R-03, R-04, R-05 y R-06				
Corriente	Masa de la corriente (T/día)	Componente	Fracción	Masa de componente (T/día)
Entrada C1	30,0000	Celulosa	0,3500	10,5000
		Lignina		
		Otros		
		Agua ligada	0,6500	19,5000
Entrada C2	6,3000	NaOH	0,5000	3,1500
		Agua	0,5000	3,1500
Entrada C3	47,7000	Agua	1,0000	47,7000
Salida C4	84,0000	Celulosa	0,1250	10,5000
		Lignina		
		Otros		
		Solución NaOH Neutralizada	0,2975	24,9900
		Solución NaOH Restante	0,5775	48,5100

### 6.3.3 Digestión

Al finalizar el tiempo de digestión, el tanque se despresuriza y el contenido del mismo se transporta a un tanque auxiliar donde se realiza la primera filtración, el lavado y una

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

posterior filtración. A fines prácticos, se trata la digestión y la primera filtración como como si se realizara en el reactor (Figura 28).

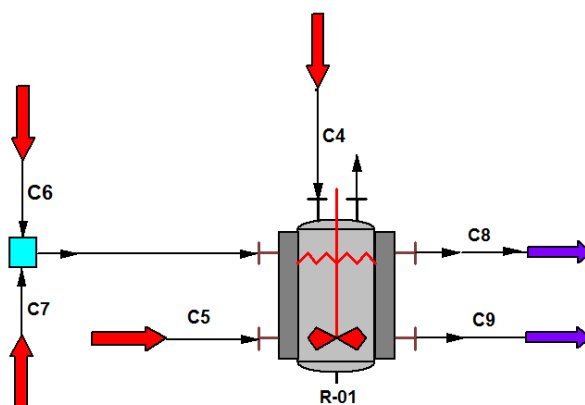


Figura 28 - Esquema representativo de la disolución de NaOH y de la digestión.

### 6.3.3.1 Balance de masa

Consideraciones:

- La operación se realiza durante 1 hora a 150°C y 5 kg/cm<sup>2</sup> con agitación continua (Carrillo Navarrete, Caracterización estructural de fibras lyocell y su comportamiento frente a procesos de degradación, 2002).
- Es necesario incorporar una idéntica cantidad de licor blanco neutralizado en la impregnación a igual concentración (Barba Pachecho, 2002).
- La solución acuosa de NaOH se almacena al 50%; se ingresa al reactor y se agrega el agua requerida para lograr la concentración requerida por la bibliografía.
- Al finalizar, la pulpa contiene 23,1% del álcali inicialmente incorporado (Barba Pachecho, 2002).
- Se digiere el 10% de celulosa, 95% de lignina y 75% de otros (Barba Pachecho, 2002).

En la Tabla 51 se muestra la base de cálculo para la disolución de NaOH y en la Tabla 52 se observa el balance para la digestión.

Tabla 51 - Balance de componentes para la disolución de NaOH.

BASE DE CALCULO			
Masa de la corriente (T/día)	Componente	Fracción	Masa de componente (T/día)
1,0710	NaOH	1,0000	1,0710
23,9190	Agua	1,0000	23,9190
24,9900	NaOH	0,0429	1,0710
	Agua	0,9571	23,9190

**PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**  
Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 52 - Balance de componentes para la etapa de reacción química.

DIGESTIÓN Y FILTRACIÓN				
R-01, R-02, R-03, R-04, R-05 y R-06				
Componente	Masa de la corriente (T/día)	Componente	Fracción	Masa de componente (T/día)
Entrada C4	84,0000	Celulosa	0,0378	3,1731
		Lignina	0,0094	0,7907
		Otros	0,0778	6,5363
		Solución NaOH Neutralizado	0,2975	24,9900
		Solución NaOH Restante	0,5775	48,5100
Entrada C5	2,1420	NaOH	0,5000	1,0710
		Agua	0,5000	1,0710
Entrada C6	22,8480	Agua	1,0000	22,8480
Entrada C7	25,7045	Vapor de agua	1,0000	25,7045
Salida C8	19,9763	Celulosa	0,1429	2,8559
		Lignina	0,0019	0,0395
		Otros	0,0818	1,6341
		Solución NaOH	0,7732	16,9785
Salida C9	108,0881	Celulosa	0,0029	0,3173
		Lignina	0,0069	0,7511
		Otros	0,0054	0,5930
		Solución NaOH	0,5191	56,5215
		NaOH Neutralizado	0,2295	24,9900
		Vapor de agua condensado	0,2361	25,7045

**6.3.3.2 Balance de energía**

Consideraciones:

- Para lograr la temperatura requerida se calienta con vapor directo. Las características se exponen en la Tabla 54 ( (Apuntes de Cátedra de Integración III, 2014)). El caudal se calcula mediante los balances de energía (Tabla 53 , Tabla 55).
- Las capacidades caloríficas de las soluciones se calcularon teniendo en cuenta las proporciones de los componentes y los valores:  $C_{p_{NaOH}}=3,3556$  kcal/kg°C (NIST, 2019) y  $C_{p_{agua}}=1$  kcal/kg°C.

**PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**  
Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 53 - Características de los componentes involucrados en la digestión.

DIGESTIÓN				
Características de los componentes				
Componente	Masa de la corriente (kg/día)	Cp (kcal/kg°C)	Temperatura de entrada (°C)	Temperatura de salida (°C)
Cáscaras	10500,0000	0,3318	20	150
Solución NaOH	24990,0000	0,9785	20	150
Solución NaOH Neutralizado	24990,0000	0,9785	20	150
Solución NaOH Remanente	48510,0000	0,9785	20	150

Tabla 54 - Características del vapor necesario para la digestión.

DIGESTIÓN				
Características del vapor				
Componente	Temperatura (°C)	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Entalpía del líquido (kcal/kg)	Entalpía del vapor (kcal/kg)
Vapor	150	5	152,1000	656,3000

Tabla 55 - Balance de energético del reactor.

R - 01		
- $Q_v = Q_T$		
Denominación	Ecuación	Calor (kcal/día)
$Q_C$	$m \times C_p \times \Delta t$	452907,0000
$Q_{NaOH}$	$m \times C_p \times \Delta t$	3178778,3598
$Q_{NaOH,N}$	$m \times C_p \times \Delta t$	3178778,3598
$Q_{NaOH,R}$	$m \times C_p \times \Delta t$	6170569,7574
$Q_T$	$Q_C + Q_{NaOH} + Q_{NaOH,N} + Q_{NaOH,R}$	12981033,4770
$Q_v$	$m \times (h_l - h_v)$	-12981033,4770
Masa de vapor (kg/día)		25745,8022

Donde:

$Q_C$ = Calor necesario para cambiar la temperatura de las cáscaras de 20°C a 150°C.

$Q_{NaOH}$ = Calor necesario para cambiar la temperatura de la solución de NaOH de 20°C a 150°C.

$Q_{NaOH,N}$ = Calor necesario para cambiar la temperatura de la solución de NaOH neutralizada en la impregnación de 20°C a 150°C.

$Q_{NaOH,R}$ = Calor necesario para cambiar la temperatura de la solución de NaOH remanente de la impregnación de 20°C a 150°C.

$Q_T$ = Calor total para calentar el contenido del digestor de 20°C a 150°C.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

$Q_v$  = Calor transferido por el vapor a 150°C.

### 6.3.4 Lavado

La Figura 29 contiene un esquema representativo de la operación.

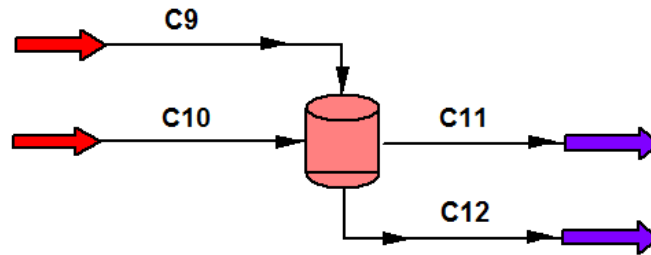


Figura 29 - Esquema representativo del lavado.

#### 6.3.4.1 Balance de masa

Consideraciones:

- El lavado se realiza hasta lograr un pH neutro (Bernal Portilla N. , 1980; Carrillo Navarrete, Caracterización estructural de fibras lyocell y su comportamiento frente a procesos de degradación, 2002).
- Se utiliza una relación 1:7 de entrada C9 con respecto a C11 (Bernal Portilla, 1980). Del total, 152,7764 T, se resta el vapor utilizado en la etapa anterior, el cual se condensó al despresurizar el reactor.
- Se requiere una consistencia 12% para la entrada al blanqueo, por lo cual, esa es la concentración de salida de la filtración (CAR/PL, 2005).
- El 30% de otros se eliminan al considerarse solubles (CAR/PL, 2005).

En la Tabla 56 se visualiza el balance de masa de lavado y filtrado.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 56 - Balance de componentes para la etapa de lavado.

LAVADO Y FILTRACIÓN				
A-01, A-02, A-03, A-04, A-05 y A-06				
Componente	Masa de la corriente (T/día)	Componente	Fracción	Masa de componente (T/día)
Entrada C9	19,9764	Celulosa	0,1308	2,8558
		Lignina	0,0018	0,0395
		Otros	0,0749	1,6341
		Solución NaOH	0,7779	16,9785
Entrada C10	114,0887	Agua	1,0000	114,0887
Salida C11	100,4053	Solución NaOH	0,1478	16,9785
		Agua	0,8479	97,4100
		Otros	0,0043	0,4902
Salida C12	33,6597	Celulosa	0,0848	2,8558
		Lignina	0,0012	0,0395
		Otros	0,0340	1,1438
		Agua	0,8800	29,6206

### 6.3.4.2 Balance de energía

Se requiere calcular la temperatura de salida de la combinación de la corriente a 150°C del digestor con el agua de pozo a 18°C. Los resultados se observan en la Tabla 57 y la

Tabla 58 .

La capacidad calorífica de la solución de NaOH se calcula teniendo en cuenta las proporciones y  $C_{p_{NaOH}}=0,3556$  kcal/kg°C (NIST, 2019).

Tabla 57 - Características de los componentes involucrados en el lavado.

LAVADO				
Características de los componentes				
Componente	Masa de la corriente (kg/día)	Cp (kcal/kg°C)	Temperatura de entrada (°C)	Temperatura de salida (°C)
Pulpa	4529,3850	0,3318	150	34,5
Solución NaOH	16978,5000	0,9785	150	34,5
Agua	127030,5650	1,0000	18	34,5

**PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**  
 Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 58 - Balance energético del lavado.

A-01, A-02, A-03, A-04, A-05 y A-06		
- $Q_a = Q_T$		
Denominación	Ecuación	Calor (kcal/día)
$Q_p$	$m \times C_p \times \Delta t$	-173616,1349
$Q_{NaOH}$	$m \times C_p \times \Delta t$	-1919263,5411
$Q_T$	$Q_p + Q_{NaOH}$	-2092879,6760
$Q_A$	$m \times C_p \times \Delta t$	2092879,6760

Donde:

$Q_p$ = Calor necesario para cambiar la temperatura de la pulpa de 150°C a la temperatura de salida.

$Q_{NaOH}$ = Calor necesario para cambiar la temperatura de la solución de NaOH de 150°C a la temperatura de salida.

$Q_T$ = Calor total involucrado en el cambio de temperatura durante el lavado.

$Q_A$ = Calor transferido por el agua de pozo.

6.3.5 Blanqueo

El blanqueo y el lavado posterior se realizan en el mismo reactor. Luego de cada etapa, se efectúa una filtración. En la Figura 30 se visualiza la etapa de blanqueo y filtración.

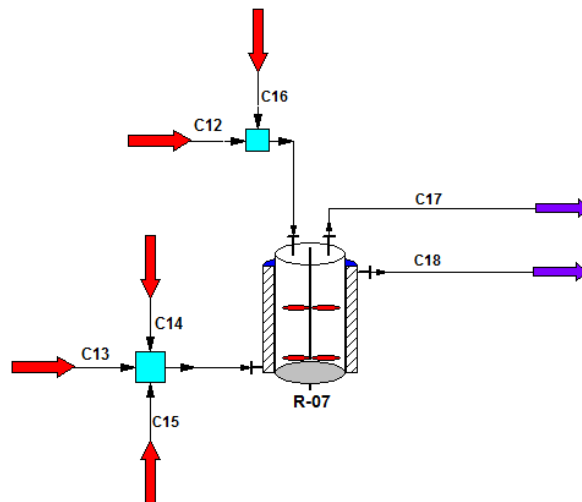


Figura 30 . Esquema representativo del blanqueo.

6.3.5.1 Balance de masa

Consideraciones:

- Las condiciones de operación son 50 minutos, 80°C y 1 atm en continua agitación (CAR/PL, 2005; Montero, 1998).



## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

- El blanqueo requiere de una solución conformada por 91,5% de agua (Montero, 1998), 3,5% de NaOH (Montero, 1998) y 5% de agua oxigenada en base seca (Bicu, 2013).
- El agua y el NaOH se agregan inicialmente, mientras que, el agua oxigenada se adiciona al alcanzar la temperatura de reacción. Para facilitar los cálculos del balance de masa se considera que la solución blanqueadora entra en una corriente (Montero, 1998).
- Se disuelve el 32,18% de la lignina (Montero, 1998).
- Permanece el 10% de agua oxigenada en la corriente de salida (Ferrer Carrera, 2013).
- Las pectinas se disuelven completamente en estas condiciones (Bernal Portilla, 1980).
- Se disuelve el 5% de la celulosa (CAR/PL, 2005).

El balance de masa se expone en la Tabla 59.

Tabla 59 - Balance de componentes para la etapa de blanqueo.

BLANQUEO Y FILTRACIÓN				
R-07				
Componente	Masa de la corriente (T/día)	Componente	Fracción	Masa de componente (T/día)
Entrada C12	33,6597	Celulosa	0,0848	2,8558
		Lignina	0,0012	0,0395
		Otros	0,0340	1,1438
		Agua	0,8800	29,6206
Entrada C13	0,1414	NaOH	1,0000	0,1414
Entrada C14	3,6958	Agua	1,0000	3,6958
Entrada C15	0,2020	Agua oxigenada	1,0000	0,2020
Entrada C16	2,9699	Vapor de agua	1,0000	2,9699
Salida C17	37,0609	Lignina	0,0004	0,0127
		Otros	0,0199	0,6796
		Agua oxigenada	0,0053	0,1818
		NaOH	0,0037	0,1272
		Agua	0,9664	32,9468
		Celulosa	0,0042	0,1428
		Vapor de agua condensado	1,0000	2,9699
Salida C18	3,6079	Celulosa	0,7520	2,7130
		Lignina	0,0074	0,0268
		Otros	0,1287	0,4642
		Agua oxigenada	0,0056	0,0202
		NaOH	0,0039	0,0141
		Agua	0,1024	0,3696

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 6.3.5.2 Balance de energía

Las capacidades caloríficas se calculan teniendo en cuenta las proporciones de la corriente y que:  $C_{p_{\text{celulosa}}}=0,3318 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$  (Propiedades termodinámicas de sólidos y líquidos, 2019),  $C_{p_{\text{agua}}}=1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$ ,  $C_{p_{\text{H}_2\text{O}_2}}=0.2359 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$  (DePA, 2019),  $C_{p_{\text{NaOH}}}=0,3556 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$  (NIST, 2019).

Para lograr la temperatura requerida se utiliza vapor directo, cuya cantidad se calcula teniendo en cuenta las características expuestas en la Tabla 61 (Apuntes de Cátedra de Termodinámica, 2014) y mediante los balances de energía de las corrientes involucradas (Tabla 60 y Tabla 62).

Tabla 60 - Características de los componentes involucrados en el blanqueo.

BLANQUEO				
Características de los componentes				
Componente	Masa de la corriente (kg/día)	Cp (kcal/kg°C)	Temperatura de entrada (°C)	Temperatura de salida (°C)
Pulpa	33659,7188	0,9198	34,5	80
Solución Blanqueadora	4039,1663	0,9392	20	80

Tabla 61 - Características del vapor necesario para el blanqueo.

BLANQUEO				
Características del vapor				
Componente	Temperatura (°C)	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Entalpía del líquido (kcal/kg)	Entalpía del vapor (kcal/kg)
Vapor	80	1,0290	79,9500	631,3000

Tabla 62 - Balance de energético del blanqueo.

R-07		
- $Q_v = Q_T$		
Denominación	Ecuación	Calor (kcal/día)
$Q_P$	$m \times C_p \times \Delta t$	1409475,5877
$Q_B$	$m \times C_p \times \Delta t$	227625,0329
$Q_T$	$Q_P + Q_B$	1637100,6205
$Q_v$	$m \times (h_l - h_v)$	-1637100,6205
Masa de vapor (kg/día)		2969,2584

Donde:

$Q_P$  = Calor necesario para cambiar la temperatura de la pulpa de 34,5°C a 80°C.

$Q_B$  = Calor necesario para cambiar la temperatura de la solución de blanqueadora de 20°C a 80°C.

$Q_T$  = Calor total para calentar el contenido del reactor hasta 80°C.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

$Q_v$ = Calor transferido por el vapor a 80°C.

## 6.3.6 Lavado

En la Figura 31 se encuentra el esquema representativo del lavado.

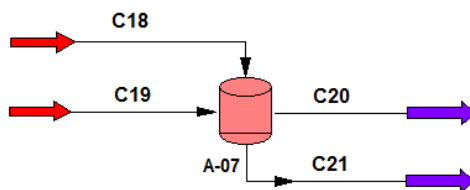


Figura 31 - Esquema representativo del lavado.

### 6.3.6.1 Balance de masa

Consideraciones:

- Se realiza hasta obtener pH neutro (Bernal Portilla N. , 1980; Carrillo Navarrete, Caracterización estructural de fibras lyocell y su comportamiento frente a procesos de degradación, 2002).
- Se utiliza una relación 1:7 de entrada C9 con respecto a C11 (Bernal Portilla, 1980). De esa cantidad (25,2555T), se resta al agua total de lavado el vapor utilizado en la etapa anterior, el cual se condensó al mezclarse con el contenido del reactor.
- Se considera la misma contracción de salida que en el primer lavado (12%) (CAR/PL, 2005).

La Tabla 63 contiene el balance de masa para el lavado y la filtración.

Tabla 63 - Balance de componentes para la etapa de lavado.

LAVADO Y FILTRACIÓN				
A-07				
Componente	Masa de la corriente (T/día)	Componente	Fracción	Masa de componente (T/día)
Entrada C18	3,6079	Celulosa	0,7520	2,7130
		Lignina	0,0074	0,0268
		Otros	0,1287	0,4642
		Agua oxigenada	0,0056	0,0202
		NaOH	0,0039	0,0141
		Agua	0,1024	0,3696
Entrada C19	22,2863	Agua	1,0000	22,2863
Salida C20	1,7435	Agua oxigenada	0,0500	0,0202
		NaOH	0,0350	0,0141
		Agua	0,9150	1,7594
Salida C21	26,7002	Celulosa	0,1016	2,7130
		Lignina	0,0010	0,0268
		Otros	0,0174	0,4642
		Agua	0,8800	23,4961

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 6.3.6.2 Balance de energía

Se requiere calcular la temperatura de salida ya que, se combina la corriente a 150°C proveniente del digestor con agua de pozo a 18°C (Tabla 64 y Tabla 65).

Las capacidades caloríficas se calculan teniendo en cuenta las proporciones de la corriente y que:  $C_{p_{\text{celulosa}}}=0,3318$  kcal/kg°C (Propiedades termodinámicas de sólidos y líquidos, 2019),  $C_{p_{\text{agua}}}=1$  kcal/kg°C,  $C_{p_{\text{H}_2\text{O}_2}}=0,2359$  kcal/kg°C (DePA, 2019),  $C_{p_{\text{NaOH}}}=0,3556$  kcal/kg°C (NIST, 2019).

Tabla 64 - Características de los componentes involucrados en el lavado.

LAVADO				
Características de los componentes				
Componente	Masa de la corriente (kg/día)	Cp (kcal/kg°C)	Temperatura de entrada (°C)	Temperatura de salida (°C)
Pulpa	3204,0181	0,3318	80	21,3
Solución Blanqueadora	403,9166	0,9392	80	21,3
Agua	25255,5434	1,0000	18	21,3

Tabla 65 - Balance energético del lavado.

R-07		
- $Q_a = Q_T$		
Denominación	Ecuación	Calor (kcal/día)
$Q_P$	$m \times C_p \times \Delta t$	-62350,6287
$Q_B$	$m \times C_p \times \Delta t$	-22250,4224
$Q_T$	$Q_P + Q_B$	-84601,0511
$Q_A$	$m \times C_p \times \Delta t$	84601,0511

Donde:

$Q_P$ = Calor necesario para lograr el cambio de temperatura de la pulpa de 80°C hasta la temperatura de salida.

$Q_B$ = Calor necesario para lograr el cambio de temperatura de la solución de blanqueo de 80°C hasta la temperatura de salida.

$Q_D$ = Calor total requerido para lograr el cambio de temperatura del contenido del reactor de 80°C hasta la temperatura de salida.

$Q_A$ = Calor necesario para lograr el cambio de temperatura del agua de pozo de 18°C hasta la temperatura de salida.

**PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**  
 Proyecto final de grado – Ingeniería química

6.3.7 Deshidratado

La Figura 32 es un esquema representativo de la deshidratación.

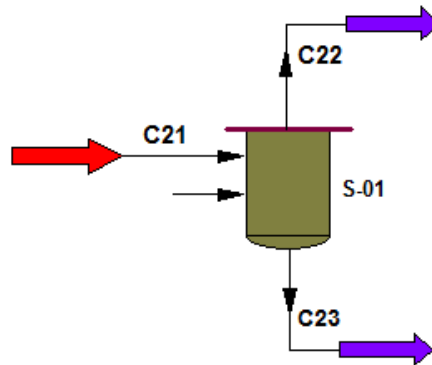


Figura 32 - Esquema representativo del deshidratado.

Consideraciones:

- Se elimina el agua necesaria para poder realizar el secado, es decir, un porcentaje de humedad menor a 1%.
- Se opera durante 8 horas, a temperatura y presión ambiente.

El balance de masa se encuentra en la Tabla 66.

Tabla 66 - Balance de componentes para la etapa de deshidratado.

DESHIDRATADO				
S-01				
Componente	Masa de la corriente (T/día)	Componente	Fracción	Masa de componente (T/día)
Entrada C21	26,7002	Celulosa	0,1016	2,7130
		Lignina	0,0010	0,0268
		Otros	0,0174	0,4642
		Agua	0,8800	23,4961
Salida C22	21,0000	Agua	1,0000	21,0000
Salida C23	5,7002	Celulosa	0,4760	2,7130
		Lignina	0,0047	0,0268
		Otros	0,0814	0,4642
		Agua	0,4379	2,4961

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

## Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 6.3.8 Secado

Para completar esa etapa, la pulpa se somete a un secado, cuyo esquema representativo se muestra en la Figura 33.

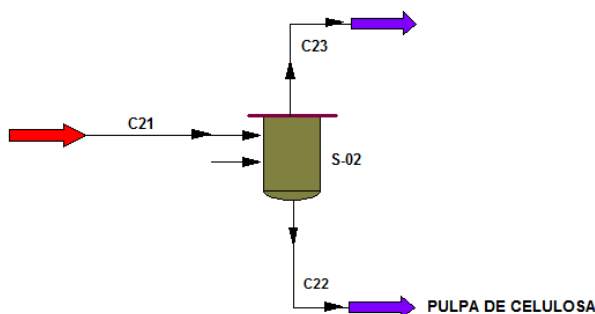


Figura 33 - Esquema representativo del secado.

#### 6.3.8.1 Balance de masa

Consideraciones:

- La pulpa debe entrar a la siguiente etapa con un 80% de sólidos (Paulitz, Lyocell fibers for textile processing derived from organically grown hemp, 2017).
- El secado se realiza en un secador rotatorio durante 2,5 horas con aire a 90°C (Treybal, 1988).

El balance de masa se observa en la Tabla 67.

Tabla 67 - Balance de componentes para la etapa de secado.

SECADO				
S-02				
Componente	Masa de la corriente (T/día)	Componente	Fracción	Masa de componente (T/día)
Entrada C23	5,7002	Celulosa	0,4760	2,7130
		Lignina	0,0047	0,0268
		Otros	0,0814	0,4642
		Agua	0,4379	2,4961
Salida C24	1,6951	Agua	1,0000	1,6951
Salida C25	4,0050	Celulosa	0,6774	2,7130
		Lignina	0,0067	0,0268
		Otros	0,1159	0,4642
		Agua	0,2000	0,8010

#### 6.3.8.2 Balance de energía

Se calcula la entrada de aire caliente mediante balances entálpicos resumidos en la Tabla 68 y la Tabla 70 (Treybal, 1988).

Las características del aire utilizado se muestran en la Tabla 69.

**PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**  
Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 68 - Características de los componentes involucrados en el secado.

SECADO				
Características de los componentes				
Componente	Masa de la corriente (kg/día)	Cp (kcal/kg °C)	Temperatura de entrada (°C)	Temperatura de salida (°C)
Pulpa	3204,0181	0,3318	20	60
Agua	2496,1331	1,0000	20	60

Tabla 69 - Características del aire utilizado para el secado.

SECADO				
Características del aire				
Componente	Temperatura de entrada (°C)	Temperatura de salida (°C)	Entalpía de entrada (kcal/kg aire seco)	Humedad de entrada (%)
Aire	90	32	28,0114	50

Tabla 70 - Balance energético del secado.

S-02		
$S_s H'_{s1} + G_s H'_{g2} = S_s H'_{s2} + G_s H'_{g1} + Q$		
Denominación	Ecuación	Valor
$S_s$ (kg sólido/h)	$m \times (1 - X_2)$	1710
$H'_{s1}$ (J/kg sólido seco)	$C_{PS} \times (t_{s1} - t_o) + X_1 \times C_{PA} \times (t_{s1} - t_o)$	92951,74000
$H'_{s2}$ (J/kg sólido seco)	$C_{PS} \times (t_{s2} - t_o) + X_2 \times C_{PA} \times (t_{s2} - t_o)$	146055,0720
$H'_{g1}$ (J/kg aire seco)	$(1005 + 1884 \times Y_1) + 2502300 \times Y_1$	110395,7600
Q (kJ/h)	$R \times 3,6 \times \Delta T \times A$	53417,9750
$\Delta T$ (°C)	$\frac{(T_{G2} - T_{amb}) + (T_{G1} - T_{amb})}{2}$	41
A (m <sup>2</sup> )	$\pi \times D \times L$	30,1592
$G_s$ (kg/h)		27528,7

Donde:

$S_s$ = Velocidad del sólido en base seca.

$H'_{s1}$ = Entalpía del sólido húmedo por unidad de masa de sólido seco a la entrada.

$H'_{s2}$ = Entalpía del sólido húmedo por unidad de masa de sólido seco a la salida.

$H'_{g1}$ = Entalpía del gas húmedo por unidad de masa de gas seco a la salida.

Q= Perdida de calor estimado.

R= Coeficiente estimado de transferencia de calor y radiación combinadas desde el secador a los alrededores; 12 W/m<sup>2</sup>°C.

$\Delta T$ = Diferencia de temperatura promedio entre el secador y los alrededores.

$T_{G2}$ = Temperatura del aire a la entrada del secador.

$T_{G1}$ = Temperatura del aire a la salida del secador.

$T_{amb}$ = Temperatura ambiente, 20°C.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

A= Área expuesta.

D= Diámetro del secador; 1,2m (KMEC, 2019).

L= Longitud del secador; 8m (KMEC, 2019).

### 6.4 BALANCE DE MASA Y ENERGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL

En Figura 34 se encuentra detallado el diagrama de esta etapa conteniendo los equipos involucrados en la producción de la misma. Se debe considerar que, para el uso del software de simulación se utilizan corrientes y equipos que no forman parte del esquema real.

La Tabla 71 contiene la denominación de los equipos en base al diagrama realizado.

Tabla 71 - Tabla de referencia de los equipos involucrados en la obtención de la fibra textil.

DENOMINACIÓN	EQUIPO
T-04 y T-05	Tanque de NMMO
A-08	Tanque de mezclado
R-08	Extractor
EX-01	Extrusor
C-01	Tina de baño de coagulación
T-06	Tanque de mezclado de agua
C-02	Tina de lavado
S-03	Secador
A-09	Tanque de mezclado para la recuperación
F-01	Filtro
E-01	Evaporador efecto 1
E-02	Evaporador efecto 2



# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

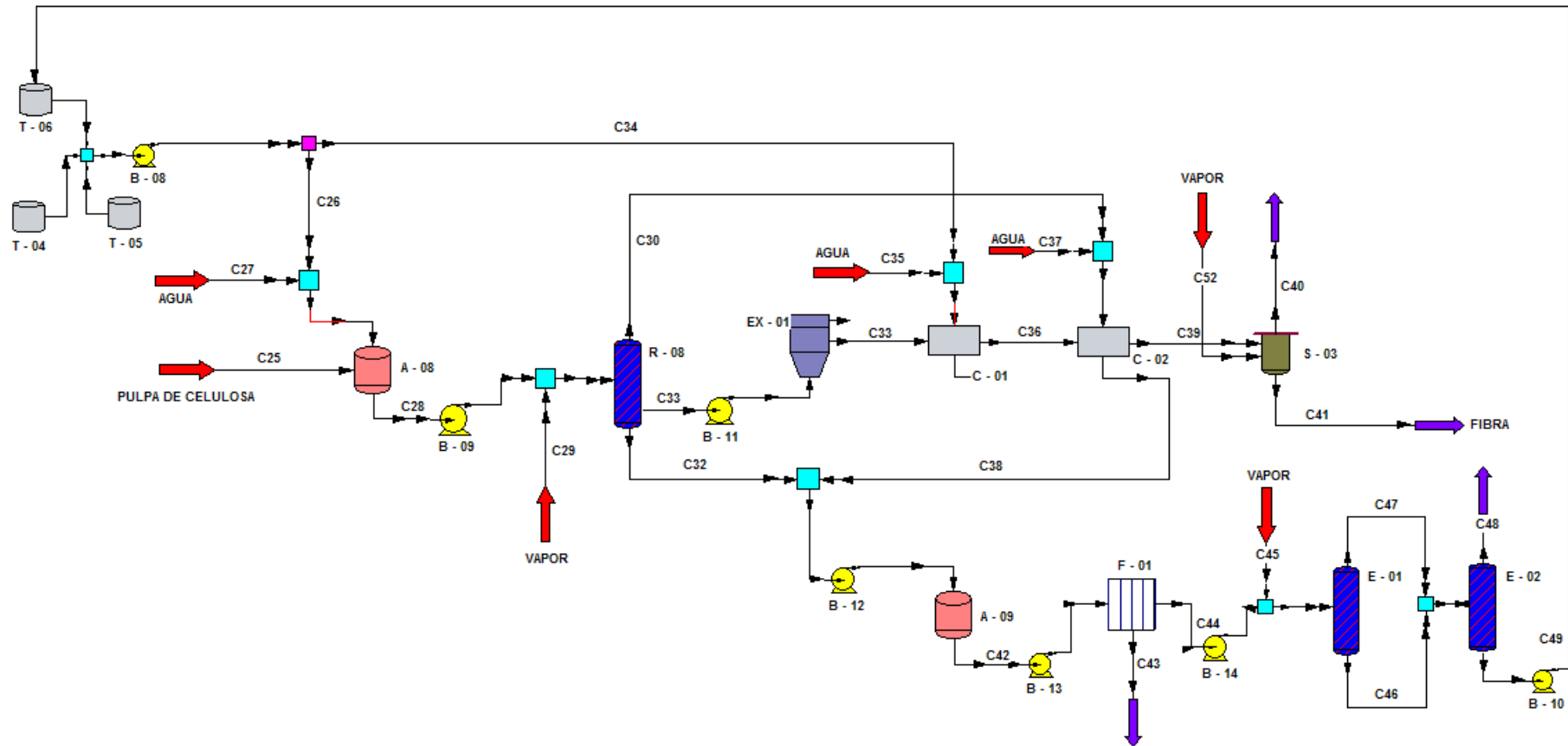


Figura 34 - Esquema representativo del proceso general de producción de fibra textil.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## 6.4.1 Mezclado

La Figura 35 es una representación de la etapa.

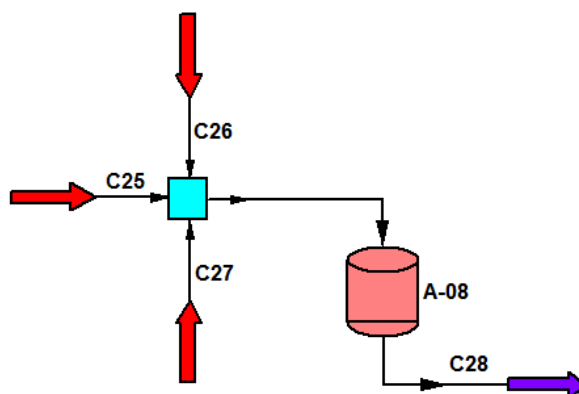


Figura 35 - Esquema representativo del mezclado.

### 6.4.1.1 Balance de masa

Consideraciones:

- El solvente se compra a la concentración requerida, ya que, así es más estable durante el almacenamiento (Liu, The Online Measurement of Lyocell Fibers and Investigation of Elongational Viscosity of CelluloseN-methylmorpholine-N-oxide Monohydrate Solutions, 2001; Kosan, 2008).
- Las concentraciones requeridas para la correcta extracción de la celulosa son 13% de Pulpa, 67% de solución de NMMO y 20% de agua (Carrillo Navarrete, Caracterización estructural de fibras lyocell y su comportamiento frente a procesos de degradación, 2002; Muthu, 2017; Zhang, 2018).

El balance de masa se expone en la Tabla 72.

Tabla 72 - Balance de componentes para la etapa de mezclado.

MEZCLADO				
A-08				
Componente	Masa de la corriente (T/día)	Componente	Fracción	Masa de componente (T/día)
Entrada C25	4,0050	Celulosa	0,6774	2,7130
		Lignina	0,0067	0,0268
		Otros	0,1159	0,4642
		Agua	0,2000	0,8010
Entrada C26	20,6413	NMMO	0,5000	10,3206
		Agua	0,5000	10,3206
Entrada C27	6,1616	Agua	1,0000	6,1616
Salida C28	30,8079	Celulosa	0,0881	2,7130
		Lignina	0,0009	0,0268
		Otros	0,0151	0,4642
		Agua de pulpa	0,0260	0,8010
		Solución NMMO	0,6700	20,6413
		Agua	0,2000	6,1616

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## 6.4.1.2 Balance de energía

Se requiere calcular la temperatura de salida de la combinación de la corriente a 60°C proveniente del secador con el agua de pozo a 18° y la solución de NMMO a 20°C. Los resultados se observan en la Tabla 73.

Tabla 73 - Características de los componentes involucrados en el mezclado.

OPERACIÓN						
Mezclado						
COMPONENTE	TEMPERATUR A		MASA (kg)	Cp(kcal/kg °C)	CALOR (kcal)	CALOR TOTAL(kcal)
	T1	T2				
Pulpa	60	24,8	4005	0,3318	-46775	92988,1222
NMMO-Agua	20	24,8	20641	0,9878	97875	
Agua	18	24,8	6160	1	41888	

## 6.4.2 Disolución

En la Figura 36 se encuentra un esquema representativo de la operación y las corrientes involucradas.

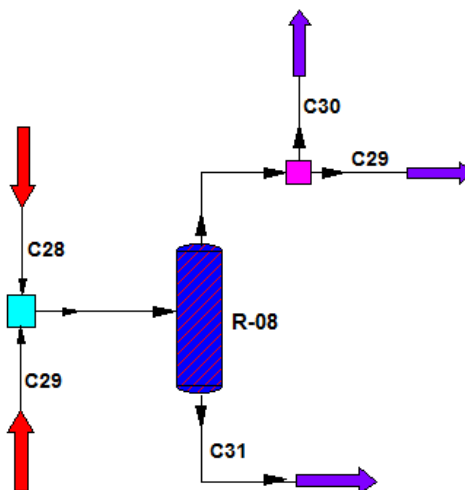


Figura 36 - Esquema representativo de la disolución.

### 6.4.2.1 Balance de masa

Se requiere eliminar el agua contenida en la solución acuosa del solvente de manera de obtener el estado monohidrato del solvente, requerido para mejorar el rendimiento (Carrillo Navarrete, Caracterización estructural de fibras lyocell y su comportamiento frente a procesos de degradación, 2002; Kosan, 2008; Paulitz, Lyocell fibers for textile processing derived from organically grown hemp, 2017). Esto se puede observar en la Tabla 74.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 74 - Balance de componentes para la etapa de disolución.

DISOLUCIÓN				
R-08				
Componente	Masa de la corriente (T/día)	Componente	Fracción	Masa de componente (T/día)
Entrada C28	30,8079	Celulosa	0,0881	2,7130
		Lignina	0,0009	0,0268
		Otros	0,0151	0,4642
		Agua de pulpa	0,0260	0,8010
		Solución NMMO	0,6700	20,6413
		Agua	0,2000	6,1616
Entrada C29	3,0333	Vapor de agua	1,0000	3,2796
Salida C29	3,0333	Vapor de agua condensado	1,0000	3,2796
Salida C30	10,3206	Agua	1,0000	10,3206
Salida C31	20,4872	Celulosa	0,1324	2,7130
		Lignina	0,0013	0,0268
		Otros	0,0227	0,4642
		Agua de pulpa	0,0391	0,8010
		NMMO	0,5038	10,3206
		Agua	0,3008	6,1616

### 6.4.2.2 Balance de energía

Consideraciones:

- Se calienta el contenido con vapor indirecto (Apuntes de Cátedra de Termodinámica, 2014), por lo que, se requiere calcular la masa (Tabla 75, Tabla 76 y Tabla 77).
- Se divide la corriente de la solución acuosa de NMMO por los datos bibliográficos encontrados. Por un lado, el NMMO que se considera con la pulpa y, por otro, el agua. La capacidad calorífica se selecciona en base a la concentración de celulosa en la pulpa, obteniéndose  $C_{p,NMMO}=0,59751$  kcal/kg°C (Liu, An Analysis of Lyocell Fiber Formation as a Melt-spinning Process, 2001)

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 75 - Características de los componentes involucrados en la disolución.

DISOLUCIÓN				
Características de los componentes				
Componente	Masa de la corriente (kg/día)	Cp (kcal/kg°C)	Temperatura de entrada (°C)	Temperatura de salida (°C)
Pulpa-NMMO	14325,6581	0,6200	24,8	90
Agua de pulpa	6161,5734	1,0000	24,8	90
Agua de solución de NMMO	10320,6354	1,0000	24,8	90
Agua de pozo	10320,6000	1,0000	18	90

Tabla 76 - Características del vapor necesario para la disolución.

DISOLUCIÓN				
Características del vapor				
Componente	Temperatura (°C)	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Entalpía del líquido (kcal/kg)	Entalpía del vapor (kcal/kg)
Vapor	90	0,7149	89,9800	635,1000

Tabla 77 - Balance de energético de la disolución.

R-08		
- Q <sub>v</sub> = Q <sub>T</sub>		
Denominación	Ecuación	Calor (kcal/día)
Q <sub>P,NMMO</sub>	$m \times C_p \times \Delta t$	579100,4030
Q <sub>Ap</sub>	$m \times C_p \times \Delta t$	401734,5857
Q <sub>A,SOL</sub>	$m \times C_p \times \Delta t$	672905,4281
Q <sub>A</sub>		743083,2
Q <sub>T</sub>	Q <sub>P,NMMO</sub> + Q <sub>A</sub> + Q <sub>A,SOL</sub>	2396823,6169
Q <sub>V</sub>	$m \times (h_l - h_v)$	-2396823,6169
Masa de vapor (kg/día)		4396,87338

Donde:

Q<sub>P,NMMO</sub>= Calor necesario para cambiar la temperatura de celulosa asociada a NMMO de 24,8°C a 90°C.

Q<sub>Ap</sub>= Calor necesario para cambiar la temperatura del agua de la pulpa de 24,8°C a 90°C.

Q<sub>A,SOL</sub>= Calor necesario para cambiar la temperatura de agua perteneciente a la solución de NMMO 24,8°C a 90°C.

Q<sub>A</sub>= Calor necesario para cambiar la temperatura de la solución de agua de pozo de 18°C a 90°C.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

$Q_T$  = Calor total para calentar el contenido hasta 90°C.

$Q_v$  = Calor transferido por el vapor a 90°C.

### 6.4.3 Extracción y filtración

La filtración se realiza en un equipo diferente al que se realiza la extracción, por conveniencia en la resolución de los balances se considera que se realizan en el mismo equipo (Figura 37).

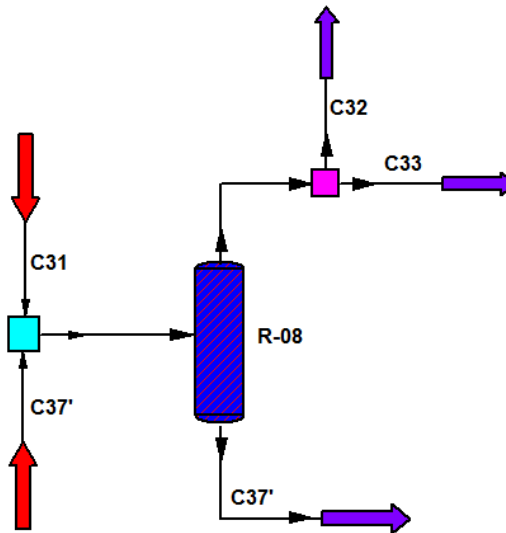


Figura 37 - Esquema representativo de la extracción.

#### 6.4.3.1 Balance de masa

Consideraciones:

- Se disuelve el 98,44% de la lignina (Estados Unidos Patente nº US 7,090,744 B2, 2006) SEALEY.
- Se disuelve el 5% de la celulosa (Duchemin, 2009).
- Permanece el 13% de NMMO en la corriente de la salida (Carrillo Navarrete, Caracterización estructural de fibras lyocell y su comportamiento frente a procesos de degradación, 2002).
- El vapor de agua utilizado para alcanzar la temperatura requerida se condensa aparte y se utiliza en el lavado.

El balance de masa de observa en la Tabla 78.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 78 - Balance de componentes para la etapa de extracción.

EXTRACCIÓN Y FILTRACIÓN				
R-08				
Componente	Masa de la corriente (T/día)	Componente	Fracción	Masa de componente (T/día)
Entrada C31	20,4872	Celulosa	0,1324	2,7130
		Lignina	0,0013	0,0268
		Otros	0,0227	0,4642
		Agua de pulpa	0,0391	0,8010
		NMMO	0,5038	10,3206
		Agua	0,3008	6,1616
Entrada C37'	1,4474	Vapor de agua	1,0000	1,4474
Salida C37'	1,4474	Vapor de agua condensado	1,0000	1,4474
Salida C32	16,5769	Lignina	0,0016	0,0264
		Otros	0,0266	0,4410
		NMMO	0,5919	9,8123
		Agua	0,3717	6,1616
		Celulosa	0,0082	0,1357
Salida C33	3,9103	Celulosa	0,6591	2,5774
		Lignina	0,0001	0,0004
		Otros	0,0059	0,0232
		Agua de pulpa	0,2048	0,8010
		NMMO	0,1300	0,5083

### 6.4.3.2 Balance de energía

Consideraciones:

- Se calienta con vapor indirecto para cambiar la temperatura de 90°C a 120°C (Apuntes de Cátedra de Integración III, 2014). Así, es necesario calcular la cantidad de masa de vapor, lo que se realiza mediante balances de energía expuestos en la Tabla 80 y la Tabla 81.
- Las capacidades caloríficas se calculan teniendo en cuenta las proporciones de la corriente (Tabla 79).
- Se divide la corriente de la solución acuosa de NMMO por los datos bibliográficos. El NMMO que se considera con la pulpa. La capacidad calorífica se selecciona en base a la concentración de celulosa en la pulpa obteniéndose  $C_{p,NMMO} = 0,59751 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$  (Liu, An Analysis of Lyocell Fiber Formation as a Melt-spinning Process, 2001).

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 79 - Características de los componentes involucrados en la extracción.

EXTRACCIÓN				
Características de los componentes				
Componente	Masa de la corriente (kg/día)	Cp (kcal/kg°C)	Temperatura de entrada (°C)	Temperatura de salida (°C)
Pulpa-NMMO	14325,6581	0,6200	90	120
Agua	6161,5734	1,0000	90	120

Tabla 80 - Características del vapor necesario para la extracción.

EXTRACCIÓN				
Características del vapor				
Componente	Temperatura (°C)	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Entalpía del líquido (kcal/kg)	Entalpía del vapor (kcal/kg)
Vapor	120	2,0245	120,3000	646,0000

Tabla 81 - Balance de energético de la extracción.

R-08		
- $Q_v = Q_T$		
Denominación	Ecuación	Calor (kcal/día)
$Q_{P,NMMO}$	$m \times C_p \times \Delta t$	266459,5506
$Q_A$	$m \times C_p \times \Delta t$	184847,2008
$Q_T$	$Q_{P,NMMO} + Q_A$	451306,7514
$Q_v$	$m \times (h_l - h_v)$	-451306,7514
Masa de vapor (kg/día)		1447,4526

Donde:

$Q_{P, NMMO}$ = Calor necesario para cambiar la temperatura de celulosa asociada a NMMO de 90°C a 120°C.

$Q_A$ = Calor necesario para cambiar la temperatura de agua de la solución de NMMO de 90°C a 120°C.

$Q_T$ = Calor total para calentar el contenido hasta 120°C.

$Q_v$ = Calor transferido por el vapor a 120°C.

### 6.4.5 Extrusión

Se considera que la operación posee un rendimiento de 100%, ya que, no hay pérdidas solo se cambia la forma del producto. No existe cambio energético, al no producirse un cambio en la temperatura de entrada y salida. Por lo tanto, no es necesario realizar balances de masa y energía. La Figura 38 es un esquema representativo de la extrusión.



# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

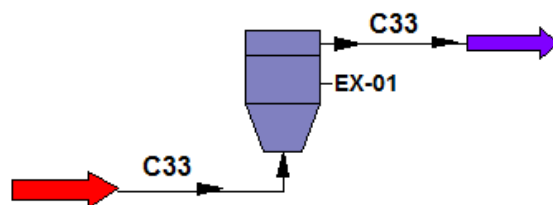


Figura 38 - Esquema representativo de la extrusión.

## 6.4.6 Baño de coagulación

Se utiliza para darle la estructura definitiva a la fibra, el equipo consta de una tina conteniendo solución acuosa diluida de NMMO. Un esquema de esta etapa es el de la Figura 39.

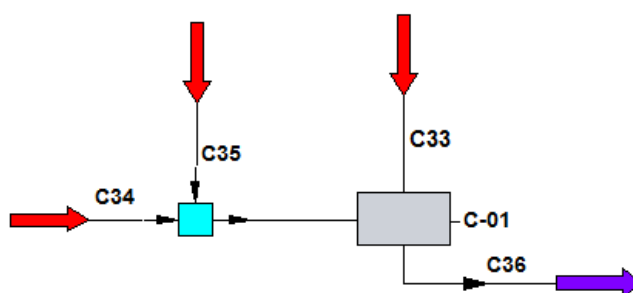


Figura 39 - Esquema representativo del baño de coagulación.

### 6.4.6.1 Balance de masa

Se utiliza una solución diluida de NMMO al 10% (Zhang, 2018). El balance de masa se muestra en la Tabla 82.

Tabla 82 - Balance de componentes para el baño de coagulación.

BAÑO DE COAGULACIÓN				
C-01				
Componente	Masa de la corriente (T/día)	Componente	Fracción	Masa de componente (T/día)
Entrada C33	3,9103	Celulosa	0,6591	2,5774
		Lignina	0,0001	0,0004
		Otros	0,0059	0,0232
		Agua de pulpa	0,2048	0,8010
		NMMO	0,1300	0,5083
Entrada C34	0,9384	NMMO	0,5000	0,4692
		Agua	0,5000	0,4692
Entrada C35	3,7540	Agua	1,0000	3,7540
Salida C36	8,6027	Celulosa	0,2996	2,5774
		Lignina	4,86184E-05	0,0004
		Otros	0,0027	0,0232
		Agua de fibra	0,0931	0,8010
		NMMO	0,1136	0,9776
		Agua	0,4909	4,2232

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 6.4.6.2 Balance de energía

Los balances de energía involucrados en la mezcla de las corrientes a distintas temperaturas se exponen en la Tabla 83 y la Tabla 84. Las capacidades caloríficas se calculan teniendo en cuenta las proporciones de la corriente y que se divide la corriente de la solución acuosa de NMMO por los datos bibliográficos. Por un lado, el NMMO que se considera con la pulpa y por otro, el agua. La capacidad calorífica se selecciona en base a la concentración de celulosa en la pulpa obteniéndose  $C_{p,NMMO}=0,7000$  kcal/kg °C (con la concentración más baja de celulosa posible) y  $C_{p,NMMO}=0,2000$  kcal/kg °C (con la concentración más alta de celulosa posible) (Liu, An Analysis of Lyocell Fiber Formation as a Melt-spinning Process, 2001).

Tabla 83 - Características de los componentes involucrados en el baño de coagulación.

BAÑO DE COAGULACIÓN				
Características de los componentes				
Componente	Masa de la corriente (kg/día)	Cp (kcal/kg°C)	Temperatura de entrada (°C)	Temperatura de salida (°C)
Pulpa-NMMO	3910,3260	0,3639	120	43,8
Solución NMMO	4692,3912	0,9700	20	43,8

Tabla 84 - Balance de energético del baño de coagulación.

C-01		
- $Q_{p,NMMO} = Q_{NMO}$		
Denominación	Ecuación	Calor (kcal/día)
$Q_{p,NMMO}$	$m \times C_p \times \Delta t$	108400,2029
$Q_{NMMO}$	$m \times C_p \times \Delta t$	-108400,2029

Donde:

$Q_{p,NMMO}$ =Calor transferido por la celulosa con el NMMO a 120°C durante el contacto con la solución diluida de NMMO.

$Q_{NMMO}$ = Calor transferido por la solución diluida de NMMO a 20°C durante el contacto con la fibra.

### 6.4.7 Lavado

En el lavado, se elimina el solvente de la fibra. La Figura 40 es un esquema representativo de la etapa.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

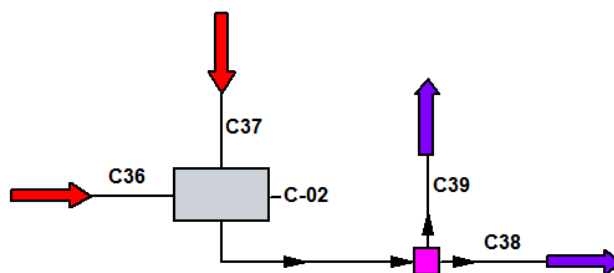


Figura 40 - Esquema representativo de la mezcla de aguas y del lavado.

## 6.4.7.1 Balance de masa

Consideraciones:

- Se utiliza el agua eliminada de la disolución y el vapor condensado de la etapa de extracción, además, se agrega una cantidad de agua igual a la corriente de entrada que se desea lavar. De esta forma, se logra una relación proporcional adecuada para la etapa teniendo en cuenta la bibliografía del lavado de la pulpa de celulosa (Bernal Portilla, 1980).
- Se elimina todo el NMMO, ya que solo se pierde en todo el proceso el 1% de la solución original y esto ocurre en la etapa de recuperación (Carrillo Navarrete, Caracterización estructural de fibras lyocell y su comportamiento frente a procesos de degradación, 2002; Taiwán Patente nº US 2011/0226427 A1, 2011).

La Tabla 85 contiene el balance del lavado.

Tabla 85 - Balance de componentes para el lavado.

LAVADO				
C-02				
Componente	Masa de la corriente (T/día)	Componente	Fracción	Masa de componente (T/día)
Entrada C36	8,6027	Celulosa	0,2996	2,5774
		Lignina	4,8618E-05	0,0004
		Otros	0,0027	0,0232
		Agua de pulpa	0,0931	0,8010
		NMMO	0,1136	0,9776
		Agua	0,4909	4,2232
Entrada C37	18,9234	Agua	1,0000	18,9234
Salida C38	24,1241	NMMO	0,0405	0,9776
		Agua	0,9595	23,1465
Salida C39	3,4020	Celulosa	0,6591	2,5774
		Lignina	0,0001	0,0004
		Otros	0,0059	0,0232
		Agua de pulpa	0,2048	0,8010

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 6.4.7.2 Balance de energía

- Se mezcla agua a 90°C proveniente de la etapa de disolución con agua de pozo a 18°C. Se calcula temperatura obtenida del contacto de agua y fibra mediante los balances energéticos (Tabla 86 y Tabla 87).
- Las capacidades caloríficas se calculan teniendo en cuenta las proporciones de la corriente y que se divide la corriente de la solución acuosa de NMMO por los datos bibliográficos. El NMMO que se considera con la pulpa.
- La capacidad calorífica se selecciona en base a la concentración de celulosa en la pulpa obteniéndose  $C_{p,NMMO}=0,7000$  kcal/kg °C (con la concentración más baja de celulosa posible) y  $C_{p,NMMO}=0,2000$  kcal/kg °C (con la concentración más alta de celulosa posible) (Liu, An Analysis of Lyocell Fiber Formation as a Melt-spinning Process, 2001).

Tabla 86 - Características de los componentes involucrados en el lavado.

LAVADO				
Características de los componentes				
Componente	Masa de la corriente (kg/día)	Cp (kcal/kg°C)	Temperatura de entrada (°C)	Temperatura de salida (°C)
Fibra-NMMO	8602,7171	0,5292	43,8	54,6
Agua	18923,3525	1,0000	57,3	54,6

Tabla 87 - Balance de energético del lavado.

C-02		
- $Q_{F,NMMO} = Q_A$		
Denominación	Ecuación	Calor (kcal/día)
$Q_{F,NMMO}$	$m \times C_p \times \Delta t$	-49366,8175
$Q_A$	$m \times C_p \times \Delta t$	49366,8175

Donde:

$Q_{F,NMMO}$  = Calor necesario para cambiar la temperatura de celulosa asociada a NMMO de 43,8°C hasta la temperatura de salida.

$Q_A$  = Calor necesario para cambiar la temperatura de la mezcla de agua hasta la temperatura de salida.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## 6.4.8 Secado

El esquema de la operación se muestra en la Figura 41.

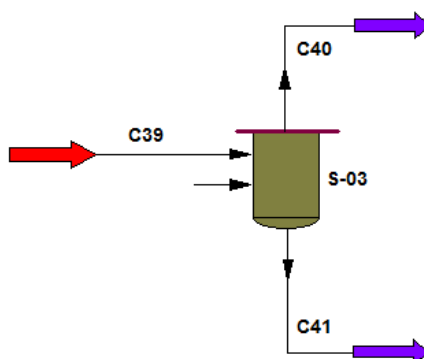


Figura 41 - Esquema representativo del secado.

### 6.4.8.1 Balance de masa

Se considera que el producto final contiene 10% de contenido de agua (Dormanns, 2016; Paulitz, Lyocell fibers for textile processing derived from organically grown hemp, 2017; Sixta, 2016).

El balance de masa se muestra en la Tabla 88.

Tabla 88 - Balance de componentes para el secado.

SECADO				
S-03				
Componente	Masa de la corriente (T/día)	Componente	Fracción	Masa de componente (T/día)
Entrada C39	3,4020	Celulosa	0,6591	2,5774
		Lignina	0,0001	0,0004
		Otros	0,0059	0,0232
		Agua de pulpa	0,2048	0,8010
Salida C40	0,5120	Agua	1,0000	0,5120
Salida C41	2,8900	Celulosa	0,8918	2,5774
		Lignina	0,0001	0,0004
		Otros	0,0080	0,0232
		Agua	0,1000	0,2890

### 6.4.8.2 Balance de energía

La temperatura de secado se elige de acuerdo a la bibliografía de secadores similares a los elegidos, los cuales son de rodillos hueco calentado con vapor indirecto (Perry, 1976). Por lo tanto, se requiere calcular la cantidad de vapor (Tabla 89 y Tabla 91). Las características se muestran en la Tabla 90 (Apuntes de Cátedra de Termodinámica, 2014).

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 89 - Características de los componentes involucrados en el secado.

SECADO				
Características de los componentes				
Componente	Masa de la corriente (kg/día)	Cp (kcal/kg °C)	Temperatura de entrada (°C)	Temperatura de salida (°C)
Fibra	2600,9791	0,3318	54,7	140
Agua	801,0045	1,0000	54,7	140

Tabla 90 - Características del vapor necesario para el secado.

SECADO				
Características del vapor				
Componente	Temperatura (°C)	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Entalpía del líquido (kcal/kg)	Entalpía del vapor (kcal/kg)
Vapor	140	3,6850	140,6000	652,5000

Tabla 91 - Balance de energético para el secado.

S-03		
- Q <sub>v</sub> = Q <sub>T</sub>		
Denominación	Ecuación	Calor (kcal/día)
Q <sub>F</sub>	$m \times C_p \times \Delta t$	73649,3437
Q <sub>A</sub>	$m \times C_p \times \Delta t$	68358,2002
Q <sub>T</sub>	Q <sub>F</sub> + Q <sub>A</sub>	142007,5438
Q <sub>v</sub>	$m \times (h_l - h_v)$	-142007,5438
Masa de vapor (kg/día)		277,4127

Donde:

Q<sub>F</sub>= Calor necesario para cambiar la temperatura de la fibra de 54,6°C a 140°C.

Q<sub>A</sub>= Calor necesario para cambiar la temperatura de agua contenida en la fibra de 54,6°C a 140°C.

Q<sub>T</sub>= Calor total para lograr el cambio de temperatura de 54,6°C a 140°C.

Q<sub>v</sub>= Calor transferido por el vapor a 140°C.

### 6.4.9 Recuperación de NMMO

La recuperación del solvente se realiza mediante una filtración, para eliminar las impurezas y lograr la decoloración. Posteriormente, se evapora el agua hasta lograr la concentración deseada mediante evaporadores de doble efecto a contracorriente (Taiwán Patente n° US 2011/0226427 A1, 2011).

La Figura 42 es un esquema de las etapas mencionadas.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

## Proyecto final de grado – Ingeniería química

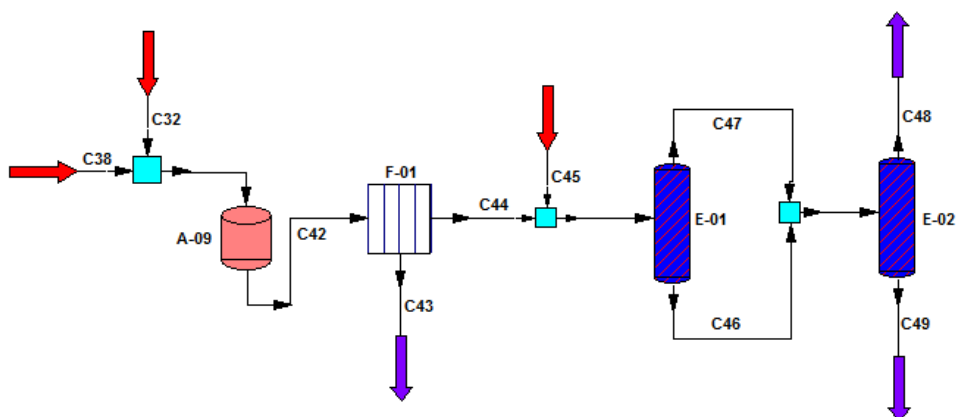


Figura 42 – Esquema representativo de las etapas involucradas en la recuperación de NMMO.

### 6.4.9.1 Balance de masa

Consideraciones (Taiwán Patente nº US 2011/0226427 A1, 2011):

- Se mezclan las corrientes que provienen de la extracción y el lavado (Tabla 92).
- En la filtración se eliminan todas las impurezas y se pierde 1% de NMMO original (Tabla 93).
- La filtración se realiza durante 7 horas mediante un filtro de cartucho con carbón activado.
- Se somete a una evaporación hasta alcanzar el 50% de concentración (Tabla 94).
- La solución obtenida se almacena en un tanque distinto al de la solución original.

Tabla 92 - Balance de componentes para el mezclado en la recuperación de NMMO.

RECUPERACIÓN NMMO: Mezclado				
A-09				
Componente	Masa de la corriente (T/día)	Componente	Fracción	Masa de componente (T/día)
Entrada C32	16,5769	Lignina	0,0016	0,0264
		Otros	0,0266	0,4410
		NMMO	0,5919	9,8123
		Agua	0,3717	6,1616
		Celulosa	0,0082	0,1357
Entrada C38	24,1241	NMMO	0,0405	0,9776
		Agua	0,9595	23,1465
Salida C42	40,7010	Celulosa	0,0033	0,1357
		Lignina	0,0006	0,0264
		Otros	0,0108	0,4410
		NMMO	0,2651	10,7899
		Agua	0,7201	29,3081

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 93 - Balance de componentes para la filtración en la recuperación de NMMO.

RECUPERACIÓN NMMO: Filtración				
F-01				
Componente	Masa de la corriente (T/día)	Componente	Fracción	Masa de componente (T/día)
Entrada C42	40,7010	Celulosa	0,0033	0,1357
		Lignina	0,0006	0,0264
		Otros	0,0108	0,4410
		NMMO	0,2651	10,7899
		Agua	0,7201	29,3081
Salida C43	0,7109	Celulosa	0,1908	0,1357
		Lignina	0,0371	0,0264
		Otros	0,6203	0,4410
		NMMO	0,1518	0,1079
Salida C44	39,9901	NMMO	0,2671	10,6820
		Agua	0,7329	29,3081

Tabla 94 - Balance de componentes para la evaporación en la recuperación de NMMO.

RECUPERACIÓN NMMO: Evaporación				
E-01 y E-02				
Componente	Masa de la corriente (T/día)	Componente	Fracción	Masa de componente (T/día)
Entrada C44	39,9901	NMMO	0,2671	10,6820
		Agua	0,7329	29,3081
Salida C49	21,3640	NMMO	0,5000	10,6820
		Agua	0,5000	10,6820
Salida C48	18,6261	Agua	1,0000	18,6261

### 6.4.9.2 Balance de energía

Consideraciones:

- Las 6,5 horas entre la disolución y el lavado son suficientes para disminuir la temperatura de la corriente de 120°C a 20°C.
- Las capacidades caloríficas se calculan teniendo en cuenta las proporciones de la corriente y que se divide la corriente de la solución acuosa de NMMO por los datos bibliográficos.
- De esta manera, el NMMO que se considera con la pulpa. La capacidad calorífica se selecciona en base a la concentración de celulosa en la pulpa obteniéndose  $C_{p,NMMO}=0,7000$  kcal/kg °C (con la concentración más baja de celulosa posible a 120°C) y  $C_{p,NMMO}=0,6000$  kcal/kg °C (con la concentración más baja de celulosa



## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

posible a 54°C) (Liu, An Analysis of Lyocell Fiber Formation as a Melt-spinning Process, 2001).

- Las capacidades caloríficas se calculan considerando las proporciones de los componentes en las corrientes.
- Se calcula la temperatura obtenida del contacto de agua y fibra mediante balances energéticos (Tabla 95 y Tabla 96).
- La evaporación se realiza durante 5 horas.

Tabla 95 - Características de los componentes involucrados del mezclado en la recuperación de NMMO.

RECUPERACIÓN NMMO: Mezclado				
Características de los componentes				
Componente	Masa de la corriente (kg/día)	Cp (kcal/kg °C)	Temperatura de entrada (°C)	Temperatura de salida (°C)
Fibra-NMMO	16576,9055	0,7487	20	42,8
Solución NMMO	24124,0861	0,9878	54,6	42,8

Tabla 96 - Balance de energético del mezclado en la recuperación de NMMO.

A-08		
- $Q_{F,NMMO} = Q_{NMMO}$		
Denominación	Ecuación	Calor (kcal/día)
$Q_{F,NMMO}$	$m \times C_p \times \Delta t$	-533228,7208
$Q_{NMMO}$	$m \times C_p \times \Delta t$	533228,7208

Donde:

$Q_{R, NMMO}$  = Calor necesario para cambiar la temperatura de la fibra asociada a NMMO de 20°C a la temperatura de salida.

$Q_{NMMO}$  = Calor necesario para cambiar la temperatura de la solución de NMMO de 54,6°C a la temperatura de salida.

En la Tabla 97, Tabla 98 y Tabla 99 se muestran los resultados obtenidos en el cálculo del balance de energía de los evaporadores,

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 97 - Datos y cálculos de las corrientes para el balance.

E-01 y E-02	
Balance Primer efecto: $W\lambda_w + S_2h_{T2} = E_1H_{T1} + (S_2 - E_1)h_{T1}$	
Balance Segundo efecto: $E_1\lambda_{T1} + Fh_F = E_2H_{T2} + S_2h_{T2}$	
Balance agua total removida por evaporación: $E = E_1 + E_2$	
Flujo másico de alimentación por unidad de tiempo (F) [kg/h]	8000
Flujo másico de alimentación de vapor por unidad de tiempo (W) [kg/h]	2623
Cantidad másica evaporada por unidad de tiempo en el efecto 1. (E <sub>1</sub> ) [kg/h]	2104
Cantidad másica evaporada por unidad de tiempo en el efecto 2. (E <sub>2</sub> ) [kg/h]	1622
Flujo de NMMO concentrado por unidad de tiempo que sale del efecto I (S <sub>1</sub> ) [kg/h]	6656
Flujo de NMMO concentrado por unidad de tiempo de producto (S <sub>2</sub> ) [kg/h]	6137
Fracción másica de NMMO de alimentación (x <sub>1</sub> )	0,2671
Fracción másica de NMMO que sale del efecto II (x <sub>2</sub> )	0,348
Fracción másica de NMMO del producto (x <sub>3</sub> )	0,5
Fracción másica de agua de alimentación (y <sub>1</sub> )	0,7329
Fracción másica de agua que sale del efecto II (y <sub>2</sub> )	0,652
Fracción másica de agua del producto (y <sub>3</sub> )	0,5

Tabla 98 - Cálculos determinados a partir del balance de energía.

DATOS Y CÁLCULOS DE LOS BALANCES DE ENERGÍA	
Calor latente del vapor de calentamiento ( $\lambda_w$ ) [kcal/kg]	525,7
Entalpia de la alimentación (h <sub>f</sub> ) [kcal/kg]	20,03
Temperatura de la alimentación (T <sub>f</sub> ) [°C]	20
Entalpia del vapor a T <sub>1</sub> (H <sub>T1</sub> ) [kcal/kg]	634,03
Entalpia del vapor a T <sub>2</sub> (H <sub>T2</sub> ) [kcal/kg]	619
Entalpia del líquido a T <sub>1</sub> (h <sub>T1</sub> ) [kcal/kg]	87,16
Entalpia del líquido a T <sub>2</sub> (h <sub>T2</sub> ) [kcal/kg]	49,95
Temperatura del vapor de alimentación (T <sub>w</sub> ) [°C]	120
Temperatura de ebullición del efecto 1 (T <sub>1</sub> ) [°C]	87,19
Temperatura de ebullición del efecto 2 (T <sub>2</sub> ) [°C]	50
Cantidad másica evaporada total (E) [kg/h]	$3,726 \times 10^3$

Tabla 99 - Calores transmitidos.

E - 01 y E - 02		
Denominación	Ecuación	Valor
Calor transmitido en el efecto 1 (Q <sub>1</sub> ) [kcal]	$W \times \lambda_w$	$1,379 \times 10^6$
Calor transmitido en el efecto 2 (Q <sub>2</sub> ) [kcal]	$E_1 \times \lambda_{T1}$	$1,151 \times 10^6$

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 6.5 REFERENCIAS

- Apuntes de Cátedra de Integración III. (2014). *Propiedades de sustancias*. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Villa María.
- Apuntes de Cátedra de Termodinámica. (2014). *Tablas de propiedades de diversas sustancias*. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Villa María.
- Barba Pachecho, C. (2002). *Síntesis de carboximetilcelulosa (CMC) a partir de pastas de plantas anuales*. Tarragona, España: Universitat Rovira I Virgili.
- Bernal Portilla, N. (1980). *Obtención de celulosa industrial a partir de linter de algodón*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Bicu, I. (2013). Optimization of isolation of cellulose from orange peel using sodium. *Carbohydrates Polymers*, 341-348.
- CAR/PL. (2005). Prevención de la contaminación en el sector papero. En C. d. Limpia. Barcelona, España: Ministerio de Ambiente de España.
- Carrillo Navarrete, F. (2002). *Caracterización estructural de fibras lyocell y su comportamiento frente a procesos de degradación*. España: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Chou, W.-T. (2011). *Taiwán Patente nº US 2011/0226427 A1*.
- DePA. (Julio de 2019). *Departamento de Programas Audiovisuales*. Obtenido de Propiedades termodinámicas de diversas sustancias a 298.15 K: [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Tablasdepropiedadestermodinamicas\\_12182.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Tablasdepropiedadestermodinamicas_12182.pdf)
- Dormanns, J. (2016). Positive size and scale effects of all-cellulose composite laminates. *Composites*, 65-75.
- Duchemin, B. (2009). All-cellulose composites by partial dissolution in the ionic liquid 1-butyl-3-methylimidazolium chloride. *Composites*, 2031-2037.
- Ferrer Carrera, A. (2013). *Aprovechamiento integral del residuo de la industria del aceite de Palma. Obtención de derivado de las hemicelulosas pastas celulósicas y celulosa nanofibrilar*. Córdoba, España: Universidad de Córdoba.
- Kern, D. (1999). *Procesos de transferencia de calor*. Mexico: McGraw-Hill Book Company.
- KMEC. (Julio de 2019). *Henan Kingman M&E Complete Plant Co.,Ltd*. Obtenido de Secador de tambor rotatorio: <http://www.plantaspeletizadoras.com/Secador-de-tambor-rotatorio.html>
- Kosan, B. (2008). Dissolution and forming of cellulose with ionic liquids. *Cellulose* 15, 59-66.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

- Liu, R.-G. (2001). An Analysis of Lyocell Fiber Formation as a Melt-spinning Process. *Cellulose* 8, 13-21.
- Liu, R.-G. (2001). The Online Measurement of Lyocell Fibers and Investigation of Elongational Viscosity of CelluloseN-methylmorpholine-N-oxide Monohydrate Solutions. *Macromolecular Materials and Engineering*, 179-186.
- Marín, F. (2007). By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. *Food Chemistry*, 736-741.
- Montero, L. (1998). *Estudio cinético de la reacción entre peróxido de hidrógeno y la lignina Klason*. Universidad de Concepción: Laboratorio de Productos Forestales.
- Muthu, S. (2017). *Sustainable Fibres and Textiles*. Hong Kong: SGS.
- NIST. (Julio de 2019). *National Institute of Standards and Technology*. Obtenido de Libro Web de Química, Sodium hydroxide: <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C1310732&Units=SI&Mask=2#Thermo-Condensed>
- Paulitz, J. (2017). Lyocell fibers for textile processing derived from organically grown hemp. *Procedia Engineering*, 260-268.
- Perry, J. (1976). *Manual del ingeniero químico*. Mexico: McGraw-Hill Book Company.
- Propiedades termodinámicas de sólidos y líquidos*. (Julio de 2019). Obtenido de <https://es.scribd.com/document/269921839/Datos-viscosidad-densidad-capacidad-calorifica-conductividad-termica>
- Provincia de Tucumán. (Julio de 2019). *Clima de Tucumán*. Obtenido de <http://mitucuman.blogspot.com/2011/04/clima-de-tucuman-temperatura-ventos.html>
- Sealey, J. (2006). *Estados Unidos Patente nº US 7,090,744 B2*.
- Sixta, H. (2016). *Postgraduate course on Cellulose Chemistry , Lyocell Fibers*. Otaniemi, Finlandia: Aalto University.
- Suárez Guarnizo, E. (2016). *Obtención de pulpa de papel a partir de residuos de la naranja común y limón ponderoso*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Treybal, R. (1988). *Operaciones de transferencia de masa*. Mexico: McGraw-Hill Book Company.
- Weather Atlas. (Julio de 2019). *Previsión meteorológica y clima mensual San Miguel de Tucumán, Argentina*. Obtenido de <https://www.weather-arg.com/es/argentina/san-miguel-de-tucuman-clima>

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Zhang, S. (2018). Regenerated cellulose by the lyocell process, a brief review of the process and properties. *Bioresources*, 4577-4592.

CAPÍTULO 7

---

DISEÑO Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS

---

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## 7. DISEÑO Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS

### 7.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se realiza la adopción, dimensionamiento y diseño de los tanques, equipos y reactores necesarios para la producción de la fibra textil, en base a lo expuesto en los capítulos de Selección de proceso y Balance de masa y energía.

La Tabla 100 contiene la manera en la cual se dividen los equipos y tanques.

Tabla 100 – Equipos para diseño y adopción.

ADOPCIÓN	Transportador de sólidos tipo tornillo sinfín
	Molino de martillos
	Deshidratador
	Secador cilíndrico rotatorio
	Evaporador tipo Filmtruder
	Línea de extrusión e hilatura
	Filtro de cartuchos
	Evaporador de doble efecto
DISEÑO	Tanques reguladores de insumos
	Reactores
	Tanques auxiliares

### 7.2 RECEPCIÓN, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE MATERIA PRIMAS E INSUMOS

#### 7.2.1 Recepción de materia prima

La materia prima del proceso es cáscaras de cítricos, provenientes de empresas procesadoras de este tipo de frutas para la elaboración de diversos productos. Esta materia prima no requiere ningún tratamiento especial al transportarlo y almacenarlo, por lo tanto, las cáscaras se pueden colocar formando un montón al aire libre sin protección contra los agentes atmosféricos. Este método está restringido a materiales gruesos no solubles en agua, como este caso. La ubicación se hace por estimación del volumen de la pila por medio de inspecciones aéreas o terrestres y multiplicando la masa por la densidad global del material (McCabe, 1991).

Ingresan dos camiones de 30 toneladas cada uno para asegurar el abastecimiento.

#### 7.2.2 Transporte de materia prima a molino M-01

Las cáscaras se transportan desde la pila al molino mediante un tornillo sin fin.

La pila de materia prima se ubica sobre con fondo en forma cónica conectado a un alimentador de tornillo sinfín, el cual, proporciona una corriente uniforme del material, como lo ilustra la Figura 43. La capacidad, en una máquina de tamaño dado, se varía modificando la velocidad del eje del tornillo, por lo que, el alimentador es impulsado a menudo por intermedio de transmisión de velocidad variable. A veces, se colocan brazos

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

de agitadores en la tolva por encima del tornillo para soltar el material si éste tiende a quedar colgado (Perry, Manual del Ingeniero Químico, 1976).

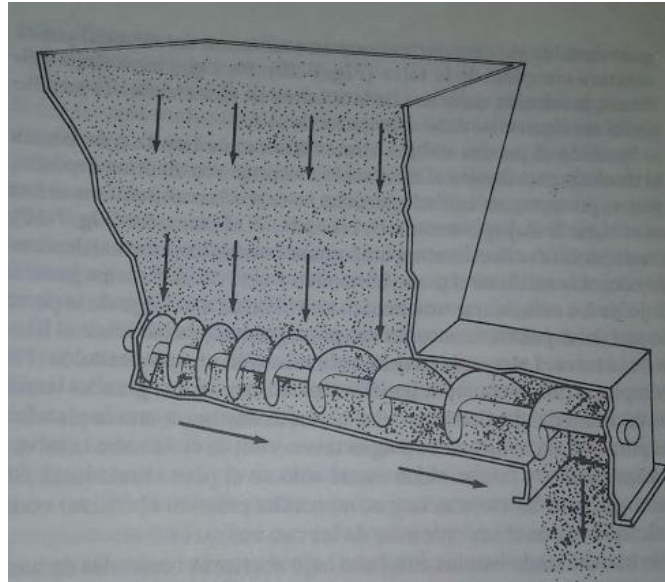


Figura 43 - Funcionamiento del sinfín.

Este transportador consiste en un sistema de aspas helicoidales (hélice laminadas a partir de una barra plana de acero) o seccionales (secciones individuales cortadas y formadas en hélice, a partir de una placa plana) montadas en una tubería o en un eje y giran en un artesa, como se puede observar en la Figura 44. La potencia del transporte debe transmitirse a través del eje o la tubería. Pueden adaptarse a una gran variedad de operaciones de procesamientos y fabricarse en gran variedad de materiales. La potencia requerida tiene dos componentes, el necesario para impulsar el tornillo en vacío y el que se requiere para el desplazamiento del material. El primero, es función de la longitud del transportador, la velocidad de rotación y la fricción de los cojinetes. El segundo, es función del peso total del material transportador por unidad de tiempo, la longitud del recorrido y la profundidad de carga.



Figura 44 - Esquema ilustrativo del sinfín adoptado.



## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Las Ecuación 1, Ecuación 2, Ecuación 3 (Torregiani, 2019) y Ecuación 4 (Claver Delgado Rodriguez, 2019) son utilizadas para calcular la potencia requerida por el sinfín.

$$\delta = \frac{m}{V}$$

Ecuación 1

$$Q = \pi \times \frac{D^2}{4} \times P \times n \times 60 \times C1$$

Ecuación 2

$$v = \frac{P \times n}{60}$$

Ecuación 3

$$P = \frac{C \times L \times W \times F}{4500}$$

Ecuación 4

El recorrido de las cáscaras se puede diferenciar en dos: uno horizontal y uno inclinado. La distancia horizontal es 8m, de los cuales, 4,5m son los correspondientes al primer tramo. La Tabla 101 contiene los datos necesarios para la resolución de las ecuaciones, mientras que, en la Tabla 102 se encuentran los valores adoptados.

El proveedor es Sinfines Fas, que elabora bajo Sistema de gestión de calidad ISO 9001.

Tabla 101 – Datos necesarios para el cálculo del sinfín.

DATO	SIMBOLO	VALOR	REFERENCIA
Caudal másico [T/h]	Q	30	
Densidad cáscaras [T/m <sup>3</sup> ]	δ	0,85	(IQCitrus, 2019)
Velocidad	v	0,4	(Torregiani, 2019)
Coeficiente de relleno	C1	0,4	(Osorio Orellana, 2018; Ingemecánica, 2019)
Diámetro del eje [mm]	d	76,2	(Perry, Manual del Ingeniero Químico, 1976)

Tabla 102 – Dimensiones del sinfín adoptado.

DATO ADOPTADO	DETERMINACIÓN	REFERENCIA
Diámetro de ala [mm]	105	(Sinfines Fas, 2019)
Diámetro calculado [mm]	280	
Diámetro total [mm]	286	(Sinfines Fas, 2019)
Capacidad de caudal másico [T/h]	31,35	
Espesor [mm]	4	(Sinfines Fas, 2019)
Largo [m]	4,5	(Sinfines Fas, 2019)
Paso [mm]	286	(Sinfines Fas, 2019)
Velocidad [rpm]	55	(Perry, 1976)
Potencia [kW]	0,13	
Material	Acero al carbono SAE 1010	(Sinfines Fas, 2019)

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Para el segundo tramo, el sinfín debe realizar tramos inclinados con el objetivo de alcanzar la altura del molino Figura 45; al hacerlo pierde capacidad, ya que, cuanto mayor sea el ángulo, más capacidad pierde. El caudal debe multiplicarse por 0,6 (Ingemecánica, 2019) debido a que se utiliza un ángulo de 20°. Por lo tanto, para transportar la misma cantidad de cáscaras, es necesario cambiar las dimensiones de tornillo con respecto a tramo horizontal Tabla 103 y Tabla 104.



Figura 45 - Esquema ilustrativo del sinfín inclinado.

Tabla 103 – Datos necesarios para el cálculo del sinfín inclinado.

DATO	SIMBOLO	VALOR	REFERENCIA
Caudal másico [T/h]	Q	30	
Densidad cáscaras [T/m <sup>3</sup> ]	$\delta$	0,85	(IQCitrus, 2019)
Velocidad	v	0,4	(Torregiani, 2019)
Coefficiente de relleno	C1	0,6	(Osorio Orellana, 2018; Ingemecánica, 2019)
Diámetro del eje [mm]	d	76,2	(Perry, Manual del Ingeniero Químico, 1976)
Profundidad de la base cónica [mm]		505,9	
Altura del molino [mm]		950	(TUR S. A., 2019)
Distancia entre la pila y el molino [mm]		4000	
Ángulo		20°	

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 104 - Dimensiones del sinfín inclinado adoptado.

DATO ADOPTADO	DETERMINACIÓN	REFERENCIA
Diámetro de ala [mm]	140	(Sinfin Fas, 2019)
Diámetro calculado [mm]	353,95	
Diámetro total [mm]	356	(Sinfin Fas, 2019)
Capacidad de caudal másico [T/h]	48,56	
Espesor [mm]	3,2	(Sinfin Fas, 2019)
Largo [m]	11	(Sinfin Fas, 2019)
Paso [mm]	286	(Sinfin Fas, 2019)
Velocidad [rpm]	55	(Perry, 1976)
Potencia [kW]	0,6	
Material	Acero al carbono SAE 1010	(Sinfin Fas, 2019)

### 7.2.3 Transporte desde el molino M-01 a los reactores R-01 a R-06

Este transporte también se realiza mediante un tornillo sinfín, con dos tramos como en la etapa anterior, por lo que, se utilizan las mismas bases teóricas. En este caso, el primer tramo es inclinado, conformado por 6 metros entre el molino y el primer reactor. El segundo tramo es horizontal, 58m desde el primer al último reactor.

En la Tabla 105, se encuentran los datos requeridos por las ecuaciones, en la Tabla 106 se muestran los resultados para el tramo inclinado y en la Tabla 107 los correspondientes al tramo horizontal, teniendo en cuenta que, como la capacidad no varía, se adopta el mismo tornillo que para el tramo desde la pila al molino.

Tabla 105 - Datos necesarios para el cálculo del sinfín.

DATO	SIMBOLO	VALOR	REFERENCIA
Caudal másico [T/h]	Q	30	
Densidad cáscaras [T/m <sup>3</sup> ]	$\delta$	0,85	(IQCitrus, 2019)
Velocidad	v	0,4	(Torregiani, 2019)
Coficiente de relleno	C1	0,6	(Osorio Orellana, 2018; Ingemecánica, 2019)
Diámetro del eje [mm]	d	76,2	(Perry, 1976)
Diferencia de altura del molino y el digestor [m]		5,17	
Distancia entre el molino y el digestor[m]		6	
Distancia entre el primer y el último reactor [m]		58	
Ángulo		20°	

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 106 - Dimensiones del sinfín inclinado adoptado.

DATO ADOPTADO	DETERMINACIÓN	REFERENCIA
Diámetro de ala [mm]	140	(Sinfines Fas, 2019)
Diámetro calculado [mm]	353,95	
Diámetro total [mm]	356	(Sinfines Fas, 2019)
Capacidad de caudal másico [T/h]	48,56	
Espesor [mm]	3,2	(Sinfines Fas, 2019)
Largo [m]	6,5	(Sinfines Fas, 2019)
Paso [mm]	286	(Sinfines Fas, 2019)
Velocidad [rpm]	55	(Perry, Manual del Ingeniero Químico, 1976)
Potencia [kW]	0,2	
Material	Acero al carbono SAE 1010	(Sinfines Fas, 2019)

Tabla 107 - Dimensiones del sinfín adoptado.

DATO ADOPTADO	DETERMINACIÓN	REFERENCIA
Diámetro de ala [mm]	105	(Sinfines Fas, 2019)
Diámetro calculado [mm]	280	
Diámetro total [mm]	286	(Sinfines Fas, 2019)
Capacidad de caudal másico [T/h]	31,35	
Espesor [mm]	4	(Sinfines Fas, 2019)
Largo [m]	58	(Sinfines Fas, 2019)
Paso [mm]	286	(Sinfines Fas, 2019)
Velocidad [rpm]	55	(Perry, 1976)
Potencia [kW]	1,2	
Material	Acero al carbono SAE 1010	(Sinfines Fas, 2019)

### 7.2.4 Transporte desde el secador S-02 a tanque auxiliar A-08

Finalmente, para el transporte de la pulpa seca al tanque auxiliar de mezclado se utiliza un tornillo sinfín inclinado. La base de cálculo es la utilizada anteriormente, los datos se encuentran en la Tabla 108 y los resultados en la Tabla 109.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 108 - Datos necesarios para el cálculo del sinfín inclinado.

DATO	SIMBOLO	VALOR	REFERENCIA
Caudal másico [T/h]	Q	4	
Densidad [T/m <sup>3</sup> ]	$\delta$	1,45	(Goodfellow, 2019)
Velocidad	v	0,4	(Torregiani, 2019)
Coefficiente de relleno	C1	0,6	(Osorio Orellana, 2018; Ingemecánica, 2019)
Diámetro del eje [mm]	d	48	(Perry, Manual del Ingeniero Químico, 1976)
Diferencia de altura del secador y el tanque [m]		5,25	
Distancia entre el secador y el tanque [m]		8,3	
Ángulo		20°	

Tabla 109 - Dimensiones del sinfín inclinado adoptado.

DATO ADOPTADO	DETERMINACIÓN	REFERENCIA
Diámetro de ala [mm]	37	(Sinfines Fas, 2019)
Diámetro calculado [mm]	118,94	
Diámetro total [mm]	122	(Sinfines Fas, 2019)
Capacidad de caudal másico [T/h]	6,7	
Espesor [mm]	3,2	(Sinfines Fas, 2019)
Largo [m]	8	(Sinfines Fas, 2019)
Paso [mm]	286	(Sinfines Fas, 2019)
Velocidad [rpm]	55	(Perry, Manual del Ingeniero Químico, 1976)
Potencia [kW]	0,06	
Material	Acero al carbono SAE 1010	(Sinfines Fas, 2019)

### 7.3 ADOPCIÓN DE EQUIPOS

#### 7.3.1 Molino de martillos M-01

Con el objetivo de reducir el tamaño de las cáscaras, de manera que se aumente la superficie de contacto entre la materia prima y el licor blanco, se utiliza un molino de martillo. Este molino sirve para pulverizar y desintegrar, muelen casi todo: sólidos fibrosos duros, pastas húmedas blandas, rocas duras, etc.

Con respecto a la composición, tiene un rotor de alta velocidad que gira dentro de una carcasa cilíndrica. El eje sostiene a los martillos, que pueden ser barras rectas de metal con extremos planos, alargados o agudos con un borde cortante.

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

La alimentación se introduce por la parte superior de la carcasa, se rompe y sale por una abertura en el fondo. Una partícula de alimentación que entra en la zona de molienda no se puede escapar y es golpeada con los martillos, se quiebra en trozos que se proyectan contra la placa estacionaria dentro de la carcasa, donde se rompen en partículas más pequeñas. Éstas, son convertidos en polvo por los martillos que lo empujan a través de un tamiz que cubre la abertura de descarga (McCabe, 1991).

La finura del producto se regula cambiando la velocidad del rotor, la velocidad de alimentación o la abertura entre el martillo y la placa de molienda, así como cambiando la cantidad y el tipo de martillos utilizados y el tamaño de las aberturas de descarga. La descarga por criba o rejilla del molino sirve como clasificador interno. (Perry, Manual del Ingeniero Químico, 1976).

El molino adoptado se muestra en la Figura 46 y la Figura 47. Las dimensiones del mismo se encuentran en la Figura 48. El molino se trabaja durante 6 horas al día.



Figura 46 - Molino de martillos adoptado.



Figura 47 – Molino de martillos adoptado.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

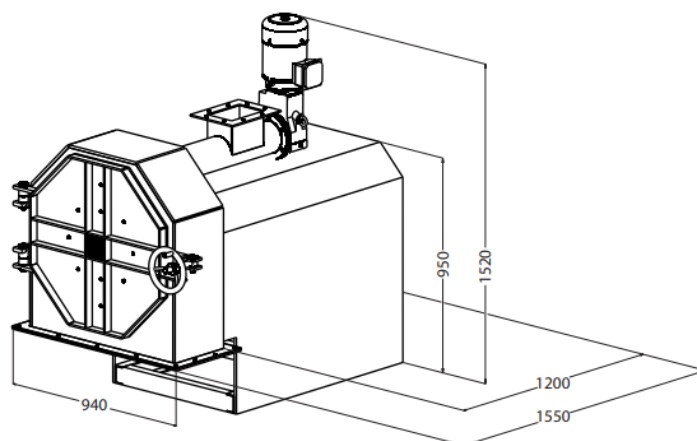


Figura 48 - Dimensiones del molino de martillo adoptado.

La Tabla 110 presenta las características del molino adoptado

Tabla 110 - Características del molino de martillos adoptado.

DIMENSIÓN	VALOR
Proveedor	TUR S.A.
Modelo TM0770-100	TM0770-100
Material	Acero al carbono
Cantidad de cabezas de martillos	16
Capacidad [kg/h]	5000
Volumen [m <sup>3</sup> ]	4
Potencia [HP]	100,7
Velocidad [rpm]	500-1800
Dimensiones [A x H, mm]	1500 x 1520

### 7.3.2. Deshidratador S-01

Una vez terminado el blanqueo de la pulpa se comienza con el proceso de secado, que tiene como finalidad de obtener la humedad requerida en las etapas de la obtención del lyocell.

En primer lugar, se realiza una deshidratación mediante un cilindro perforado giratorio para lograr el contenido de agua necesario para ingresar la pulpa al secador giratorio. El equipo se encuentra inclinado de 25° a 30° de manera que la extracción de agua se realiza por gravedad; el ángulo es variable para controlar el caudal de agua que se elimina. El cuerpo del deshidratador está provisto de una malla que retiene la parte sólida, el equipo está ilustrado en la Figura 49.

El deshidratador funciona durante 8 horas.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

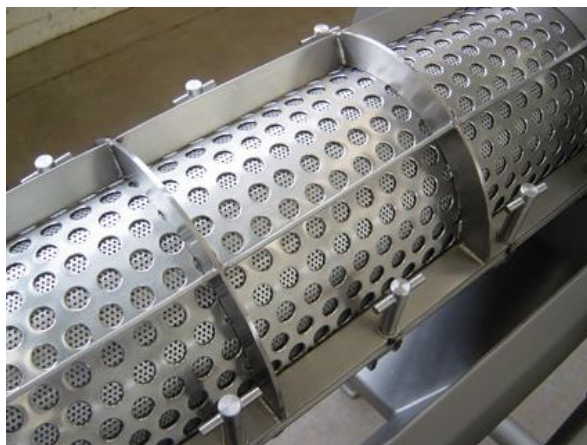


Figura 49 – Esquema ilustrativo del cuerpo del deshidratador.

En la Tabla 111 se encuentran las dimensiones del equipo.

Tabla 111 - Características del deshidratador adoptado.

DIMENSIÓN	VALOR
Proveedor	SIMM inoxidable
Diámetro del rolo [m]	0,7
Largo del rolo [m]	1,85
Velocidad del rolo [rpm]	7
Malla N° 60 [m]	0,246
Angulo	25°-30°
Potencia del motor [kW]	2,2
Material de construcción	Cobre fosforoso

### 7.3.3 Secador S-02

Para lograr la humedad final de la etapa de la extracción de celulosa, se utiliza un secador de aire caliente directo a contracorriente, los cuales son adecuados para manejar materiales granulares de flujo libre que pueden arrojarse sin temor a romperlos. El sólido por secar se introduce en uno de los extremos de un cilindro giratorio, mientras que el aire caliente fluye por el otro extremo (Figura 50). El cilindro está instalado en un pequeño ángulo con respecto a la horizontal; en consecuencia, el sólido se mueve lentamente a través del aparato. Dentro del secador, unos elevadores que se extienden desde las paredes del cilindro en la longitud total del secador levantan el sólido y lo riegan en una cortina móvil a través del aire, así lo exponen a la acción secadora del gas (Treybal, Operaciones de transferencia de masa, 1988).



## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

### Proyecto final de grado – Ingeniería química

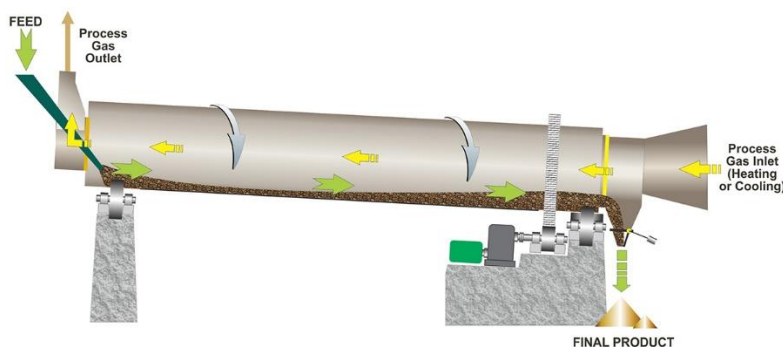


Figura 50 - Representación del funcionamiento del secador.

Una representación es la Figura 51. El cilindro de chapa de acero al carbono es de gran tamaño y está provisto de un sistema de paletas desfasadas de forma que aseguren la mejor distribución del producto en la sección del secadero. El cilindro rota sobre dos estaciones de rodadura equipados de rodillos de acero templado con re-empuje de centrado. El movimiento de rotación se obtiene por medio de una transmisión por cadena, piñón y rueda dentada a través de un moto-reductor. Las instalaciones estándar están equipadas por una cámara de combustión metálica con cemento refractario y un grupo ciclónico de alta eficiencia, donde aguas abajo está montado el ventilador.

El secador funciona durante 2,5 horas.

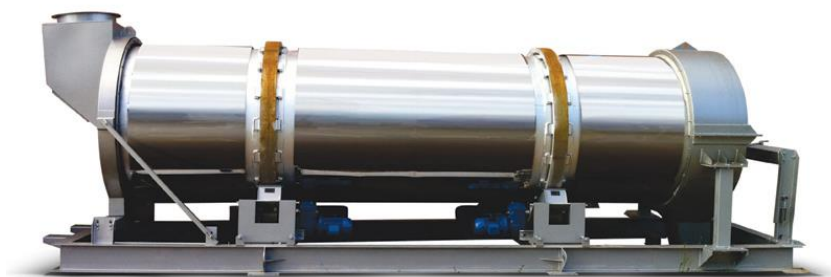


Figura 51 - Esquema ilustrativo del secador adoptado.

En la Tabla 112 se visualizan las características del secador.

Tabla 112 - Características del secador adoptado.

DIMENSIÓN	VALOR	
Proveedor	ALLOCCO	
Diámetro [m]	1,2	(KMEC, 2019)
Largo [m]	8	(KMEC, 2019)
Velocidad del rolo [rpm]	0,6 - 6	(KMEC, 2019)
Potencia del motor [kW]	5,5 kW	(KMEC, 2019)
Material de construcción	Acero al carbono	

#### 7.3.4 Filmtruder R-08

El filmtruder, o evaporador tipo película agitada, es un equipo que produce una película delgada agitada mecánicamente, la cual es distribuida por toda la superficie interna de

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

un cilindro vertical calentado por un rotor (Figura 52). El rotor agita continuamente a la película, creando renovación de la superficie y resultando en alto flujo de calor y transferencia de masa (SMS, 2019; VTA, 2019).

El producto entra tangencialmente a la unidad, arriba de la zona calentada, y es distribuido uniformemente sobre la circunferencia interior de la pared del cuerpo por el rotor, descendiendo en espiral por la pared como se puede observar en la Figura 53. El vapor fluye cocorriente o, más comúnmente, contracorriente dentro de la unidad, dependiendo de la aplicación. Los vapores son condensados en un condensador externo. La combinación de tiempo de residencia extremadamente corto, limitada distribución de tiempo de residencia, alta turbulencia, y rápida renovación de la superficie permiten el evaporador de película fina agitada exitosamente manejar materiales viscosos y sensibles al calor (Glover, 1997).



Figura 52 - Representación del funcionamiento del filmtruder.

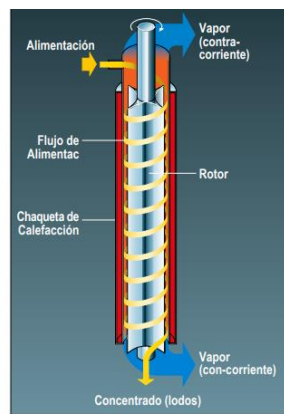


Figura 53 - Representación del funcionamiento del filmtruder.

Para adoptar el equipo se consideró la capacidad obtenida en el Capítulo 6 de esta tesis, por lo que, se requieren tres efectos (Figura 54). El equipamiento está formado por: evaporador, separador, condensador, bombas necesarias para el funcionamiento, plataforma de operación, instrumentos, válvulas, etc. Además, puede ser equipado con

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

un sistema de limpieza CIP (BEYOND, 2019). Las dimensiones y características se encuentran en la Tabla 113.



Figura 54 - Esquema ilustrativo del filmtruder adoptado.

Tabla 113 - Características del filmtruder adoptado.

DIMENSIÓN	VALOR
Constructor	STI Ingeniería
Modelo	BYJM-3-3
Dimensiones: largo, ancho, alto [m]	5 x 2,8 x 10
Evaporación [kg/h]	3000
Consumo de vapor [kg/h]	900-1200
Velocidad [rpm]	63
Potencia del motor [kW]	18,5
Material de construcción	Acero al carbono

### 7.3.5 Línea de extrusión e hilatura C-01, C-02 y S-03

En la línea adoptada se realizan las operaciones de extrusión, baño de coagulación, lavado y secado que se describieron en el balance de masa. La máquina extrusora es la encargada de otorgar la forma y características específicas al hilo de manera rápida y continúa.

La solución extraída hilable es extrudada a través de un cañón central, el cual contiene un husillo encargado de empujar el material, presionándolo a través de pequeños orificios hasta conseguir darle la forma deseada. Luego, ayudado por rodillos de guía, es sumergido en el baño de coagulación que consiste en una tina que contiene una disolución de NMMO diluido al 10 %.

A la salida del baño de coagulación, los filamentos obtenidos son estirados por una serie de rodillos donde se produce el estiramiento de la misma.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

El solvente es extraído por medio de lavados, en estructuras similares a tina de coagulación.

La sección final de la línea contiene una serie de rodillos, los primeros se encuentran calientes que tienen como objetivo secar la fibra y estirlarla. Finalmente, una serie de rodillos bobinan la fibra. En la Figura 55 se visualiza la línea textil adoptada y en la Figura 56 se ilustran algunas partes de la misma, mientras que la Tabla 114 contiene información detallada del modelo.



Figura 55 - Esquema ilustrativo de la línea textil adoptada.



Figura 56 - Esquema ilustrativo de partes de la línea textil adoptada.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 114 - Características de la línea textil adoptada.

LINEA TEXTIL ADOPTADA	
Marca	A-ZEN
Modelo	SJPL-Z120*33-1800
Proveedor	ALLOCO y CABB PLASTICS
Uso	Hilo de monofilamento de extrusión
Máximo volumen [kg/h]	500
Potencia del motor del extrusor [HP]	177
Diseño del tornillo	Un tornillo
Diámetro del tornillo [m]	0,12
Máxima velocidad de producción [m/h]	18000
Dimensiones (L x W x H) [m]	42 x 5 x 3,6

## 7.3.6 Filtro de cartuchos F-01

La filtración por cartuchos consiste en hacer circular mediante presión un fluido por el interior de una carcasa (Figura 57) en el que se encuentran alojados los cartuchos filtrantes (Figura 58). El líquido contaminado entra a la carcasa y se distribuye uniformemente alrededor de los cartuchos que retiene los contaminantes. El proceso de filtrado se realiza desde afuera hacia adentro, los sólidos son recolectados en la superficie exterior de cada cartucho mientras que el líquido filtrado se dirige hacia la zona inferior de la carcasa para salir por la tubería de descarga. En la Tabla 115 y la Tabla 116 se detallan las características del filtro y cartucho adoptados.

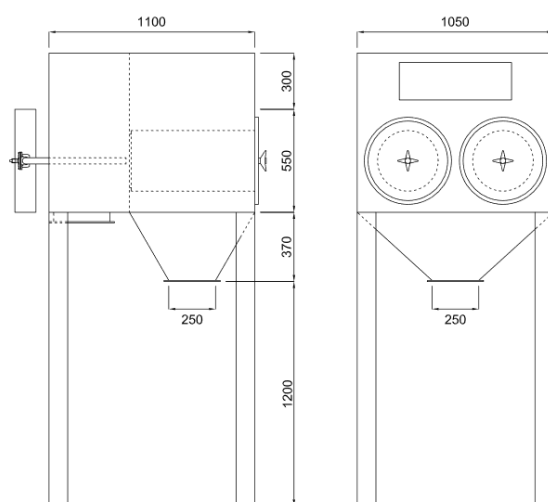


Figura 57 - Representación del filtro adoptado.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

## Proyecto final de grado – Ingeniería química

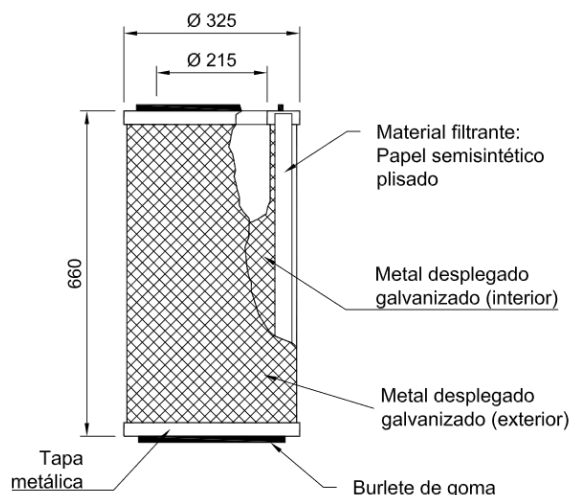


Figura 58 - Representación del cartucho de filtración adoptado.

Tabla 115 - Características del filtro adoptado.

FILTRO ADOPTADO	
Marca	TOMADONI S.A.
Modelo	FC – ½ Simple
Código	649a
Lugar de origen	Buenos Aires
Capacidad [l/h]	3000
Área filtrante m <sup>2</sup>	42
Numero de cartuchos	2
Numero de válvulas	2
Características constructivas	Chapa laminada con tapas de acceso para recambio de cartucho, terminación en esmalte sintético epoxi.
Dimensiones (L x W x H) m	1,10 x 1,05 x 2,42

Tabla 116 - Características del cartucho de filtración adoptado.

CARTUCHO DE FILTRACION ADOPTADO	
Marca	TOMADONI S.A
Modelo	Cartucho AG
Código	646
Lugar de origen	Buenos Aires
Medio filtrante	80% Celulosa – 20% polyester
Diámetro de poros [micrón]	1
Eficiencia (%)	99,9
Temperatura máxima de operación [°C]	85
Capacidad [l/h]	1500
Área filtrante m <sup>2</sup>	21
Dimensiones (H x Ø) m	0,660 x 0,325

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 7.3.7 Evaporador de doble efecto E-01 y E-02

El criterio adoptado para la elección del evaporador doble efecto es el de utilizar áreas de intercambio iguales para a cada etapa, el cual va a operar un tiempo de 5 horas.

El modelo físico-matemático utilizado para el sistema de concentración final, corresponde a un evaporador de doble efecto en contra corriente, el cual contempla el balance de masa y energía combinados para los dos cuerpos del evaporador. Se determina la transferencia de calor para cada efecto y el área de los mismos.

A continuación, se presenta el balance de masa y componentes para cada uno de los cuerpos del evaporador.

Balance de masa

Efecto 2

$$F + E_1 = S_2 + E_2$$

Ecuación 5

$$F(x_1) = S_2(x_2)$$

Ecuación 6

$$F(y_1) + E_1 = S_2(y_2) + E_2$$

Ecuación 7

Efecto 1

$$W + S_2 = E_1 + S_1$$

Ecuación 8

$$S_2(x_2) = S_1(x_3)$$

Ecuación 9

$$W + S_2(y_2) = S_1(y_3) + E_1$$

Ecuación 10

En la Tabla 117 se exponen los datos necesarios y calculados de cada corriente determinados a partir de las ecuaciones expuestas anteriormente.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 117 - Datos y cálculos de las corrientes necesarias.

DATOS Y CÁLCULOS DE LAS CORRIENTES	
Flujo másico de alimentación por unidad de tiempo (F) [kg/h]	8000
Flujo másico de alimentación de vapor por unidad de tiempo (W) [kg/h]	2623
Cantidad másica evaporada por unidad de tiempo en el efecto 1. (E <sub>1</sub> ) [kg/h]	2104
Cantidad másica evaporada por unidad de tiempo en el efecto 2. (E <sub>2</sub> ) [kg/h]	1622
Flujo de NMMO concentrado por unidad de tiempo que sale del efecto I (S <sub>1</sub> ) [kg/h]	6656
Flujo de NMMO concentrado por unidad de tiempo de producto (S <sub>2</sub> ) [kg/h]	6137
Fracción másica de NMMO de alimentación (x <sub>1</sub> )	0,2671
Fracción másica de NMMO que sale del efecto II (x <sub>2</sub> )	0,348
Fracción másica de NMMO del producto (x <sub>3</sub> )	0,5
Fracción másica de agua de alimentación (y <sub>1</sub> )	0,7329
Fracción másica de agua que sale del efecto II (y <sub>2</sub> )	0,652
Fracción másica de agua del producto (y <sub>3</sub> )	0,5

Los balances de energía para los dos cuerpos se determinan a partir de las ecuaciones siguientes y en la Tabla 118 se exponen los resultados obtenidos:

$$W \lambda_w + S_2 h_{T_2} = E_1 H_{T_1} + (S_2 - E_1) h_{T_1}$$

Ecuación 11

$$E_1 \lambda_{T_1} + F h_F = E_2 H_{T_2} + S_2 h_{T_2}$$

Ecuación 12

$$E_1 + E_2 = E$$

Ecuación 13

Tabla 118 - Cálculos determinados a partir del balance de energía.

DATOS Y CÁLCULOS DE LOS BALANCES DE ENERGÍA	
Calor latente del vapor de calentamiento ( $\lambda_w$ ) [kcal/kg]	525,7
Entalpia de la alimentación (h <sub>f</sub> ) [kcal/kg]	20,03
Temperatura de la alimentación (T <sub>f</sub> ) [°C]	20
Entalpia del vapor a T <sub>1</sub> (H <sub>T1</sub> ) [kcal/kg]	634,03
Entalpia del vapor a T <sub>2</sub> (H <sub>T2</sub> ) [kcal/kg]	619
Entalpia del líquido a T <sub>1</sub> (h <sub>T1</sub> ) [kcal/kg]	87,16
Entalpia del líquido a T <sub>2</sub> (h <sub>T2</sub> ) [kcal/kg]	49,95
Temperatura del vapor de alimentación (T <sub>w</sub> ) [°C]	120
Temperatura de ebullición del efecto 1 (T <sub>1</sub> ) [°C]	87,19
Temperatura de ebullición del efecto 2 (T <sub>2</sub> ) [°C]	50
Cantidad másica evaporada total (E) [kg/h]	3,726×10 <sup>3</sup>



## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Calor transmitido en cada efecto se realiza a partir de las ecuaciones expuestas a continuación:

$$Q_1 = Wx\lambda_w$$

Ecuación 14

$$Q_2 = E_1\lambda T_1$$

Ecuación 15

Finalmente, se determina el área de cada unidad de evaporación con la ecuación siguiente:

$$A = \frac{\frac{Q_1}{Ud_1} + \frac{Q_2}{Ud_2}}{\Delta T_u}$$

Ecuación 16

En la Tabla 119 se muestran los resultados obtenidos en la determinación del área de cada evaporador.

Tabla 119 - Cálculo del área de cada evaporador.

DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE CADA EFECTO	
Calor transmitido en el efecto 1 (Q1)[kcal]	1,379×10 <sup>6</sup>
Calor transmitido en el efecto 2 (Q2)[kcal]	1,151×10 <sup>6</sup>
Coefficiente integral de transferencia de calor del efecto I (U <sub>d1</sub> )[kcal/m <sup>2</sup> .h.°C]	1700
Coefficiente integral de transferencia de calor del efecto II (U <sub>d2</sub> ) [kcal/m <sup>2</sup> .h.°C]	1500
Área de cada efecto (A)[m <sup>2</sup> ]	22,546
Diferencia útil de temperatura (ΔT <sub>u</sub> )[°C]	70

A partir de los cálculos anteriores, se adopta un evaporador doble efecto como el ilustrado en la Figura 59, el cual tiene las características detalladas en la Tabla 120.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

## Proyecto final de grado – Ingeniería química



Figura 59 - Esquema ilustrativo del evaporador doble efecto adoptado.

Tabla 120 - Características del evaporador doble efecto adoptado.

CARACTERÍSTICAS DEL EVAPORADOR ADOPTADO	
Marca	Gemina
Modelo	CF-T/8000-A
Constructor	STI Ingeniería
Capacidad [l/h]	8000
Sistema	Piro-tubular vertical-recirculación forzada ascendente
Impulsión	Centrífuga
Numero de efecto	2
Condensador	Directo
Control	Automático
Dimensiones (L x W x H) [m]	13 x 9 x 9
Energía [kW]	150
Área [m <sup>2</sup> ]	22,541

### 7.4 DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES

En la siguiente sección se encuentran los dimensionamientos de los tanques de almacenamiento y auxiliares. Los mismos tienen tapa y fondo elíptico según código ASME.

#### 7.4.1 Tanque pulmón regulador de caudal de solución NaOH T-01 y T-02

Los cálculos se realizan teniendo en cuenta lo expuesto en el capítulo de Balance de masa y energía. El tanque pulmón de hidróxido de sodio contiene solución al 50% en

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

cantidad requerida durante 7 días. En cada etapa se agrega agua necesaria para lograr la concentración solicitada.

La primera etapa que requiere de hidróxido de sodio es la impregnación. Según la bibliografía consultada, se debe tomar como base 30% de NaOH de la base seca, obteniéndose una solución con una concentración de 0,0583, lo cual representa 3,15 T. Para la digestión, es necesario agregar la misma cantidad de hidróxido que fue neutralizada en la etapa previa (1,07 T).

Para asegurar el abastecimiento del insumo, se decide tener dos tanques con las mismas características.

En la Tabla 121 se muestran las dimensiones de tanque

Tabla 121 - Características de los tanques pulmón de NaOH adoptados.

TANQUE PULMÓN DE NaOH	
DIMENSIÓN	VALOR
Proveedor	SIMM inoxidable
Volumen solución NaOH [m <sup>3</sup> ]	25,32
Volumen cilíndrico [m <sup>3</sup> ]	32,92
Diámetro cilíndrico [m]	3,47
Altura cilindro [m]	3,47
Altura extremos [m]	0,87
Altura tanque [m]	5,21
Volumen extremos [m <sup>3</sup> ]	5,49
Volumen tanque [m <sup>3</sup> ]	43,89

El volumen del tanque es 44m<sup>3</sup>.

### 7.4.2 Tanque regulador de caudal de peróxido de hidrógeno para blanqueo T-03

Para la etapa de blanqueo también es necesario utilizar 0,02 T de peróxido de hidrógeno.

El cálculo del tamaño se hace en base a la cantidad requerida por 30 días. Los resultados se muestran en la Tabla 122.

Tabla 122 - Características del tanque de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> adoptado.

DIMENSIÓN	VALOR
Proveedor	SIMM inoxidable
Masa peróxido de hidrógeno[T]	6,06
Volumen peróxido de hidrógeno [m <sup>3</sup> ]	4,18
Volumen cilíndrico [m <sup>3</sup> ]	5,43
Diámetro cilíndrico [m]	1,91
Altura cilindro [m]	1,91
Altura extremos [m]	0,48
Altura tanque[m]	2,86
Volumen extremos [m <sup>3</sup> ]	0,91
Volumen tanque [m <sup>3</sup> ]	7,24

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

El volumen del tanque es 8m<sup>3</sup>.

### 7.4.3 Tanque pulmón de regulación de caudal de NMMO para extracción T-04 y T-05

El solvente debe almacenar al 50% para evitar la descomposición del mismo. El tanque pulmón contiene las cantidades necesarias durante 7 días para las etapas de disolución y coagulación. En el caso de la coagulación, se agrega agua a la tina para alcanzar la concentración requerida.

La Tabla 123 contiene las dimensiones del tanque. Para asegurar el abastecimiento del insumo, se decide tener dos tanques con las mismas características.

Tabla 123 - Características de los tanques pulmón de NMMO adoptado.

DIMENSIÓN	VALOR
Proveedor	SIMM inoxidable
Masa NMMO extracción [T]	10,3206
Volumen NMMO [m <sup>3</sup> ]	8,6005
Masa Agua [T]	10,3206
Volumen Agua [m <sup>3</sup> ]	10,3206
Volumen NMMO coagulación [m <sup>3</sup> ]	0,9884
Volumen cilíndrico [m <sup>3</sup> ]	25,8824
Diámetro cilíndrico [m]	3,2061
Altura cilindro [m]	3,2061
Altura extremos [m]	0,8015
Altura tanque [m]	4,8091
Volumen extremos [m <sup>3</sup> ]	4,3137
Volumen tanque [m <sup>3</sup> ]	34,5099

El volumen del tanque es 35m<sup>3</sup>

### 7.4.4 Tanque auxiliar de mezclado A-08

Previo a la entrada a Filmtruder es necesario mezclar la pulpa seca con agua y la solución de NMMO. Las dimensiones del tanque utilizado para la mezcla se encuentran en Tabla 124.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 124 - Características del tanque de mezclado adoptado.

DIMENSIÓN	VALOR
Proveedor	SIMM inoxidable
Masa NMMO[kg]	20,6413
Volumen NMMO[m <sup>3</sup> ]	17,2011
Masa Agua[kg]	29,3081
Volumen Agua[m <sup>3</sup> ]	6,1616
Masa de pulpa[kg]	4,0050
Volumen de pulpa[m <sup>3</sup> ]	2,6700
Volumen cilíndrico[m <sup>3</sup> ]	33,8425
Diámetro cilíndrico[m]	3,5058
Altura cilindro[m]	3,5058
Altura extremos[m]	0,8765
Altura tanque[m]	5,2587
Volumen extremos[m <sup>3</sup> ]	5,6404
Volumen tanque[m <sup>3</sup> ]	45,1233

### 7.4.5 Tanque de regulación de caudal de mezclado de NMMO para recuperación A-09

El solvente proveniente de las etapas de extracción y coagulación se mezcla para ser tratado y recuperado. La Tabla 125 contiene las características del tanque.

Tabla 125 - Características del tanque de NMMO para la recuperación adoptado.

DIMENSIÓN	VALOR
Proveedor:	SIMM inoxidable
Masa NMMO [kg]	10,7899
Volumen NMMO [m <sup>3</sup> ]	8,9916
Masa Agua [kg]	29,3081
Volumen Agua [m <sup>3</sup> ]	6,6240
Masa de sólidos [kg]	0,6030
Volumen de sólidos [m <sup>3</sup> ]	0,4020
Volumen cilíndrico [m <sup>3</sup> ]	20,8229
Diámetro cilíndrico [m]	2,9818
Altura cilindro [m]	2,9818
Altura extremos [m]	0,7455
Altura tanque [m]	4,4728
Volumen extremos [m <sup>3</sup> ]	3,4705
Volumen tanque [m <sup>3</sup> ]	27,7639

El volumen del tanque es 28m<sup>3</sup>.

### 7.4.6 Diseño de tanque de regulación de caudal de NMMO recuperado T-06

Una vez recuperado el NMMO se almacena en un tanque con las características expuestas en la Tabla 126.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 126 - Características del tanque del NMMO recuperado.

DIMENSIÓN	VALOR
Proveedor	SIMM inoxidable
Masa NMMO [kg]	10,6820
Volumen NMMO [m <sup>3</sup> ]	8,9017
Masa Agua [kg]	10,6820
Volumen Agua [m <sup>3</sup> ]	10,6820
Volumen cilíndrico [m <sup>3</sup> ]	25,4588
Diámetro cilíndrico [m]	3,1885
Altura cilindro [m]	3,1885
Altura extremos [m]	0,7971
Altura tanque [m]	4,7827
Volumen extremos [m <sup>3</sup> ]	4,2431
Volumen tanque [m <sup>3</sup> ]	33,9450

### 7.5 DISEÑO REACTORES R-01 A R-06

El reactor utilizado para realizar las operaciones de impregnación y digestión es un tanque agitado tipo batch, construido de acero al carbono SA-283C y recubierto de un aislante térmico de fibra de vidrio, para mantener la temperatura dentro del mismo y minimizar las pérdidas de vapor. La Figura 60 constituye una representación del mismo.

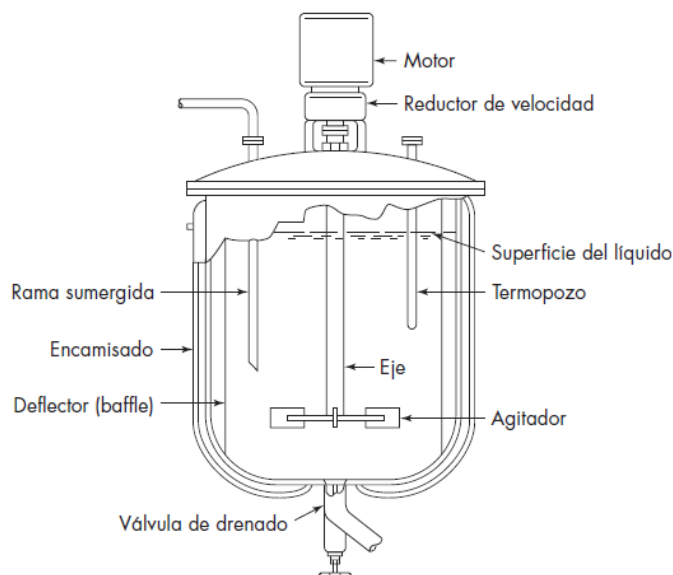


Figura 60 - Representación del reactor tanque agitado.

En la etapa de impregnación, las cáscaras de cítricos ingresan al reactor junto a una solución de hidróxido de sodio al 5% reaccionando durante 24 horas. Luego, para la digestión, se agrega nuevamente una solución de hidróxido de sodio con la misma concentración y se calienta la mezcla hasta alcanzar una temperatura de 150°C mediante inyección de vapor directo. En esta etapa, se mezcla continuamente la solución mediante

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

un sistema de agitación que permite una mezcla perfecta, manteniendo los sólidos en suspensión durante una hora. Se descargan los productos a un tanque auxiliar por diferencia de presión.

### 7.5.1 Cálculo del volumen de reacción

Para realizar el cálculo se debe tener en cuenta el volumen utilizado en la impregnación y en la digestión. El cálculo del volumen se realiza según la Ecuación 17 y su resolución se muestra en la Tabla 127.

$$V_L = \frac{Q_V}{N_L} \times t$$

Ecuación 17

Tabla 127 - Características del lote.

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL LOTE	
Caudal volumétrico ( $Q_V$ ) [ $m^3/h$ ]	68,5144
Numero de reactores ( $N_L$ )	3
Duración del lote ( $t$ ) [h]	2
Volumen del lote ( $V_L$ ) [ $m^3$ ]	45,6763

En la determinación del tamaño de cada reactor, se emplea la Ecuación 18, donde se considera el volumen a tratar por lote adicionándole un factor de seguridad del 30%.

$$V_R = V_L + 0.3 \times V_L$$

Ecuación 18

En la Tabla 128 se muestra la resolución de la ecuación anterior.

Tabla 128 - Volumen real del reactor.

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN REAL	
Volumen del reactor ( $V_R$ ) [ $m^3$ ]	59,3792
Volumen del lote ( $V_L$ ) [ $m^3$ ]	45,6763

### 7.5.2 Cálculo de las dimensiones del reactor

Para el cálculo de las dimensiones del reactor se utilizan las siguientes ecuaciones.

$$V_R = V_c + 2 \times V_1$$

Ecuación 19

$$V_1 = 0,0809 \times D_i^3$$

Ecuación 20

$$V_c = \frac{\pi \times D_i^2 \times L_c}{4}$$

Ecuación 21

$$L_T = L_c + 2 \times h$$

Ecuación 22

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

$$L_{liq} = L_T - 0.3(L_T)$$

Ecuación 23

$$h = 0.5R$$

Ecuación 24

Los cálculos se realizan suponiendo un valor de diámetro interior ( $D_i$ ) igual a 3,9 m y se corrobora que la relación de esbeltez ( $L_T/D_i$ ) este comprendida entre 1 y 2 para lograr un diseño óptimo (McCabe, 1991).

En la Tabla 129 se muestran los resultados obtenidos de las dimensiones del reactor.

Tabla 129 - Características del digestor.

DIMENSIONES DEL DIGESTOR	
Volumen del cilindro ( $V_C$ ) [ $m^3$ ]	49,7814
Volumen de la tapa y el fondo ( $V_1$ ) [ $m^3$ ]	4,7989
Volumen del reactor ( $V_R$ ) [ $m^3$ ]	59,3792
Diámetro interior del reactor ( $D_i$ ) [m]	3,9000
Altura del cilindro ( $L_C$ ) [m]	4,1672
Altura del reactor ( $L_T$ ) [m]	6,1172
Altura de la tapa y el fondo ( $h$ ) [m]	0,9750
Altura del líquido ( $L_{liq}$ ) [m]	4,2821
Radio del reactor ( $R$ ) [m]	1,9500
Relación de esbeltez ( $L_T/D_i$ )	1,6

### 7.5.3 Selección del material de construcción

En la construcción del reactor se empleó acero al carbono SA-283C cuyo valor máximo admisible de tracción ( $S$ ) es 12.700 lbf/in<sup>2</sup> (Megyesy, 1992).

Éste es el más común, barato y aplicable de los metales que se emplean en la industria. Tiene una ductibilidad excelente, lo que permite que se utilice en muchas operaciones de formado en frío, también se puede soldar con facilidad.

Los grados de acero que se emplean comúnmente en las industrias de procesos químicos tienen una resistencia a la tracción dentro del nivel de 345 a 485 MPa (50.000 a 70.000 lbf/in<sup>2</sup>). Es posible alcanzar niveles de resistencia todavía más altos con trabajado en frío, con aleaciones y con tratamiento térmico.

Debido a que es muy fácil de conseguir, de bajo costo y de fabricación sencilla, el acero se emplea con frecuencia, en servicios presentan velocidades de corrosión de 0.13 a 0.5 mm/año con cierto espesor adicional (tolerancia a la corrosión) para asegurar la duración de servicio prevista (Perry, 1976).



## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 7.5.4 Cálculo del espesor de la carcasa cilíndrica

Los recipientes a presión, se deben diseñar para la condición más severa de presión y temperatura esperadas durante la operación normal. La presión de diseño P es la presión que se utiliza para el cálculo dimensional de las distintas partes de un recipiente. En general, esta presión es algo superior a la máxima presión de operación normal del proceso ( $P_t + P_{liq}$ ). La bibliografía especializada (ASME, s.f.) sugiere adoptar una presión de diseño:

$$P = (P_t + P_{liq}) + 20000$$

Ecuación 25

$$P_{liquido} = L_{liq} \times \delta \times \frac{g}{g_c}$$

Ecuación 26

En la Tabla 130 se observan los resultados obtenidos.

Tabla 130 - Datos de trabajo.

DATOS NECESARIOS PARA EL CÁLCULO	
Presión de trabajo ( $P_t$ ) [ $\text{kg/m}^2$ ]	50000,0000
Presión ejercida por el líquido ( $P_{liq}$ ) [ $\text{kg/m}^2$ ]	4293,0280
Altura del líquido ( $L_{liq}$ ) [m]	4,2821
Densidad de líquido ( $\delta$ ) [ $\text{kg/m}^3$ ]	1002,5625
Presión total (P) [ $\text{kg/m}^2$ ]	74293,0282

El espesor de las paredes del reactor, se determinó según los requisitos expuestos en el código ASME Boiler and Pressure Vessels Code (Sección VIII, división 1) que contiene reglas para el diseño, fabricación e inspección de calderas y recipientes sometidos a presión.

Para los recipientes sometidos a presión interna, el espesor del material de construcción se calcula según la Ecuación 27

$$t_c = \frac{P \times R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P} + c$$

Ecuación 27

El uso de las soldaduras en las juntas puede producir una reducción de la resistencia comparada con el resto de la plancha, ya sea en las soldaduras mismas o en las zonas adyacentes a ellas. El código ASME especifica las tolerancias de estos factores indicando la eficiencia de las juntas (E) para varios tipos de soldaduras.

En la Tabla 131 se pueden observar los resultados.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 131 - Determinación del espesor del cilindro.

ESPESOR DEL CILINDRO	
Presión total (P) [kg/m <sup>2</sup> ]	74293,0282
Radio del reactor (R) [m]	1,9500
Máximo esfuerzo permitido del material (S) [kg/m <sup>2</sup> ]	$8,90 \times 10^6$
Eficiencia de la soldadura (E)	1
Margen por corrosión (c) [m]	0,0027
Espesor del cilindro (t <sub>c</sub> ) [m]	0,0191

Se adopta una medida estándar de 20,64 mm.

## 7.5.6 Tapa y fondo del reactor

Cuando se desea aumentar la resistencia de los extremos planos, se debe dar cierta concavidad a los mismos. En general, el perfil de estos extremos planos está formado por dos radios: el radio de curvatura (L) y el de articulación (r), según los valores de los mismos, tendrán diferentes nombres y también diferencias en sus resistencias.

Cuando L es igual o menor al diámetro interior D<sub>i</sub> y r igual 0,06D<sub>i</sub> se llama a estos extremos torisféricos y son considerados por dicho código como extremos para recipientes a presión.

El espesor resultante de estos extremos es bastante superior al de las paredes cilíndricas, por la fuerte concentración de tensiones en el acortamiento. (Sales, 1972)

En la Figura 61 se visualizan las dimensiones necesarias para el cálculo del espesor de la tapa y el fondo del digestor.

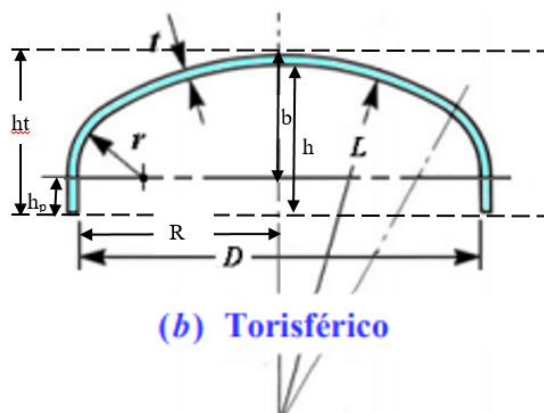


Figura 61 - Esquema representativo de dimensiones de la tapa y el fondo.

### 7.5.6.1 Cálculo del espesor

Para el cálculo del espesor de los extremos se utiliza las ecuaciones expuestas a continuación, en base a (Sales, 1972).

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

$$t_1 = \frac{PxLxM}{(2xSxE) - (0.2xP)} + c$$

Ecuación 28

$$M = \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{L}{r}} \right)$$

Ecuación 29

En la Tabla 132 se muestran las características obtenidas.

Tabla 132 - Determinación del espesor de la tapa y el fondo.

ESPESOR DE LA TAPA Y EL FONDO	
Factor de intensificación de tensiones (M)	1,77
Radio de curvatura (L) [m]	3,9000
Radio de articulación (r) [m]	0,2340
Presión total (P) [kg/m <sup>2</sup> ]	74293,0282
Máximo esfuerzo permitido del material (S) [kg/m <sup>2</sup> ]	8,90×10 <sup>6</sup>
Eficiencia de la soldadura (E)	1
Margen por corrosión (c) [m]	0,0045
Espesor de la tapa y el fondo (t <sub>1</sub> ) [m]	0,0337

Las ecuaciones que se exponen a continuación se utilizan para el cálculo de todas las dimensiones de la tapa y el fondo del reactor, las cuales están plasmadas en la Tabla 133.

$$R = \frac{D_i}{2}$$

Ecuación 30

$$b = L - \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$$

Ecuación 31

$$AB = \frac{D_i}{2} - r$$

Ecuación 32

$$BC = L - r$$

Ecuación 33

$$h_t = t_1 + b + h_p$$

Ecuación 34

$$h = 0.5R$$

Ecuación 35

$$h = b + h_p$$

Ecuación 36

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 133 - Dimensiones de la tapa y el fondo.

DIMENSIONES DE LA TAPA Y EL FONDO	
Radio interior del reactor (R) [m]	1,9500
Diámetro interior del reactor (Di) [m]	3,9000
Distancia entre los puntos AB [m]	1,7160
Distancia entre los puntos BC [m]	3,6660
Radio de curvatura (L) [m]	3,9000
Radio de articulación (r) [m]	0,2340
Altura de la tapa y el fondo (h) [m]	0,9750
Altura total de la tapa y el fondo (ht) [m]	1,0087
Espesor de la tapa y el fondo (t1) [m]	0,0337
Altura torisferico (b) [m]	0,6604
Altura lineal (hp) [m]	0,3146

### 7.5.7 Adopción de tuberías

La adopción de las tuberías se hizo en base a la tabla 6-6 expuesta en (Perry, Manual del Ingeniero Químico, 1976). Se calculó el caudal de entrada y salida de cada corriente y se adoptó la tubería en base a los valores obtenidos. Se debe tener en cuenta, según esta bibliografía, que la velocidad para la capacidad adoptada es de 1 ft/s. La información figura en la Tabla 134, Tabla 135, Tabla 136 y Tabla 137.

Tabla 134 - Tubería de alimentación.

Tamaño nominal del tubería (in)	Diámetro exterior (in)	Número de cédula	Espesor de la pared (in)	Diámetro interior (in)	Capacidad (U.S gal/min)
5	5,563	120	0,500	4,563	51,0

Tabla 135 - Tubería de insumos.

Tamaño nominal del tubería (in)	Diámetro exterior (in)	Número de cédula	Espesor de la pared (in)	Diámetro interior (in)	Capacidad (U.S gal/min)
8	8,625	30	0,277	8,071	159,4

Tabla 136 - Tubería de vapor.

Tamaño nominal del tubería (in)	Diámetro exterior (in)	Número de cédula	Espesor de la pared (in)	Diámetro interior (in)	Capacidad (U.S gal/min)
8	8,625	40ST, 40S	0,322	7,981	155,7

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 137 - Tubería de producto.

Tamaño nominal del tubería (in)	Diámetro exterior (in)	Número de cédula	Espesor de la pared (in)	Diámetro interior (in)	Capacidad (U.S gal/min)
12	12,75	5S	0,156	12,438	378,7

### 7.5.8 Refuerzo de aberturas en las paredes.

Toda abertura efectuada en las paredes del recipiente, significa un debilitamiento de las mismas, esto requiere el uso de refuerzos ya que no sería económico aumentar el espesor de toda la pared.

A continuación se presentan las ecuaciones utilizadas en el cálculo de los refuerzos propuestas por (Sales, 1972).

$$A = d_i \times t_c \times E$$

Ecuación 37

$$X = d_i \times (t - t_c)$$

Ecuación 38

$$Y = 5 \times t \times (n - f)$$

Ecuación 39

$$Z = A - X - Y$$

Ecuación 40

$$f = \frac{P \times R_t}{S \times E - 0,6 \times P}$$

Ecuación 41

En la Tabla 138, Tabla 139, Tabla 140 y Tabla 141 se exponen los resultados de los refuerzos calculados en cada tubería del digestor.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 138 - Refuerzo tubería de alimentación.

REFUERZO DE TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN	
Área que debe reemplazarse (A) [m <sup>2</sup> ]	0,0018
Diámetro interior de la tubería (d <sub>i</sub> ) [m]	0,0920
Espesor del cilindro (t <sub>c</sub> ) [m]	0,0191
Eficiencia de la soldadura (E)	1
Espesor estándar del cilindro (t) [m]	0,0206
Espesor teórico de la tubería (f) [m]	0,0004
Área necesaria a agregar (Z) [m <sup>2</sup> ]	0,0003
Espesor estándar de la tubería (n) [m]	0,0127
Diferencia entre el área real y el área teórica del cilindro (X) [m <sup>2</sup> ]	0,0001
Diferencia entre el área real y el área teórica de la tubería (Y) [m <sup>2</sup> ]	0,0013
Radio interior de la tubería (R <sub>t</sub> ) [m]	0,0460
Máximo esfuerzo permitido del material (S) [kg/m <sup>2</sup> ]	8,90×10 <sup>6</sup>
Presión total (P) [kg/m <sup>2</sup> ]	74293,0282

Tabla 139 - Refuerzo tubería de vapor.

REFUERZO DE TUBERÍA DE VAPOR	
Área que debe reemplazarse (A) [m <sup>2</sup> ]	0,0039
Diámetro interior de la tubería (d <sub>i</sub> ) [m]	0,2027
Espesor del cilindro (t <sub>c</sub> ) [m]	0,0191
Eficiencia de la soldadura (E)	1
Espesor estándar del cilindro (t) [m]	0,0206
Espesor teórico de la tubería (f) [m]	0,0009
Área necesaria a agregar (Z) [m <sup>2</sup> ]	0,0028
Espesor estándar de la tubería (n) [m]	0,0081
Diferencia entre el área real y el área teórica del cilindro (X) [m <sup>2</sup> ]	0,0003
Diferencia entre el área real y el área teórica de la tubería (Y) [m <sup>2</sup> ]	0,0007
Radio interior de la tubería (R <sub>t</sub> ) [m]	0,1014
Máximo esfuerzo permitido del material (S) [kg/m <sup>2</sup> ]	8,90×10 <sup>6</sup>
Presión total (P) [kg/m <sup>2</sup> ]	74293,0282

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 140 - Refuerzo tubería de insumos.

REFUERZO DE TUBERÍA DE INSUMOS	
Área que debe reemplazarse (A) [m <sup>2</sup> ]	0,0039
Diámetro interior de la tubería (d <sub>i</sub> ) [m]	0,2050
Espesor del cilindro (t <sub>c</sub> ) [m]	0,0191
Eficiencia de la soldadura (E)	1
Espesor estándar del cilindro (t) [m]	0,0206
Espesor teórico de la tubería (f) [m]	0,0009
Área necesaria a agregar (Z) [m <sup>2</sup> ]	0,0003
Espesor estándar de la tubería (n) [m]	0,0070
Diferencia entre el área real y el área teórica del cilindro (X) [m <sup>2</sup> ]	0,0003
Diferencia entre el área real y el área teórica de la tubería (Y) [m <sup>2</sup> ]	0,0006
Radio interior de la tubería (R <sub>t</sub> ) [m]	0,1025
Máximo esfuerzo permitido del material (S) [kg/m <sup>2</sup> ]	8,90×10 <sup>6</sup>
Presión total (P) [kg/m <sup>2</sup> ]	74293,0282

Tabla 141 - Refuerzos tuberías de productos.

REFUERZO DE TUBERÍAS DE PRODUCTO	
Área que debe reemplazarse (A) [m <sup>2</sup> ]	0,0055
Diámetro interior de la tubería (d <sub>i</sub> ) [m]	0,2889
Espesor del cilindro (t <sub>c</sub> ) [m]	0,0191
Eficiencia de la soldadura (E)	1
Espesor estándar del cilindro (t) [m]	0,0206
Espesor teórico de la tubería (f) [m]	0,0012
Área necesaria a agregar (Z) [m <sup>2</sup> ]	0,0034
Espesor estándar de la tubería (n) [m]	0,0175
Diferencia entre el área real y el área teórica del cilindro (X) [m <sup>2</sup> ]	0,0004
Diferencia entre el área real y el área teórica de la tubería (Y) [m <sup>2</sup> ]	0,0017
Radio interior de la tubería (R <sub>t</sub> ) [m]	0,1444
Máximo esfuerzo permitido del material (S) [kg/m <sup>2</sup> ]	8,90×10 <sup>6</sup>
Presión total (P) [kg/m <sup>2</sup> ]	74293,0282

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 7.5.9 Sensores

Para un buen funcionamiento del reactor es necesaria la implementación de un buen sistema de control, mediante el cual se pueden tener supervisadas y controladas todo tipo de perturbaciones y posibles desviaciones que ocurran (Brujas, 2015).

A continuación, se detallarán los parámetros a controlar y los instrumentos necesarios:

- Caudal, caudalímetro tipo Coriolis: ofrecen información muy precisa acerca de los líquidos que fluyen por el tubo, para facilitar la dosificación, la mezcla de productos y el cálculo de costes.
- Temperatura, termopares: sensores más económicos y que permiten la medida de temperaturas elevadas.
- Presión, medidores de presión: realizan la medición mediante la variación de la posición de piezo-resistencias, cuyo movimiento genera la variación de la resistencia. Tal variación es proporcional a la presión absoluta.

### 7.5.10 Sistema de agitación

El sistema de agitación seleccionado para la digestión se basa en la necesidad de mantener las cáscaras de cítricos en suspensión, con un perfil de flujo como el que se muestra en la Figura 62.

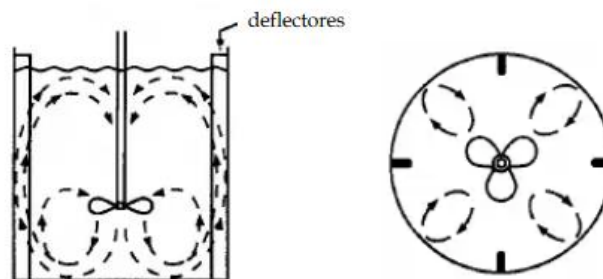


Figura 62 - Perfil de flujo del sistema de agitación.

El agitador de turbina de seis hojas inclinadas con aspas a 45°, mostrado en la Figura 63, imparte cierto flujo axial, de modo que hay una combinación de flujos axial y radial. Este tipo es útil para mantener sólidos en suspensión, ya que, las corrientes fluyen hacia abajo y luego levantan los sólidos depositados.

En el agitador de turbina el diámetro del rodete suele medir entre el 30% y el 50% del diámetro del tanque (Geankoplis, 1998).

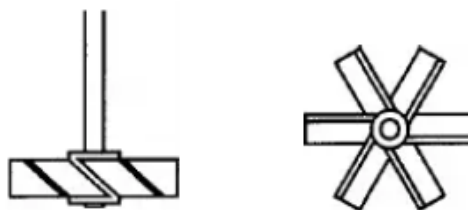


Figura 63 - Agitador de turbina.



## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 7.5.10.1 Cálculo de las dimensiones del sistema de agitación

En la Figura 64 se observa un esquema representativo del reactor tanque agitado que se utiliza en el proceso de producción de celulosa. En la Tabla 142, se encuentran los factores de forma que relacionan las dimensiones del agitador elegido con las del reactor.

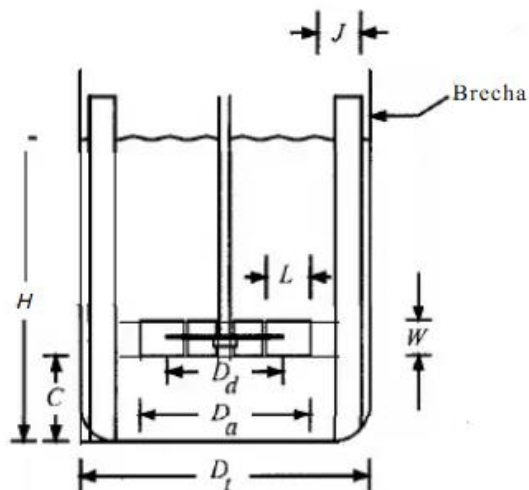


Figura 64 – Esquema representativo del reactor tanque agitado diseñado.

Tabla 142 - Factores de forma.

Factores de forma	
$\frac{D_i}{D_a} = 3$	$\frac{W}{D_a} = 0,2$
$\frac{C}{D_a} = 1$	$\frac{J}{D_i} = 0,1$
$\frac{L}{D_a} = 0,25$	$\frac{H}{D_i} = 1,1$

Se muestran en la Tabla 143 las dimensiones calculadas.

Tabla 143 - Características del sistema de agitación.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN	
Diámetro interior del reactor ( $D_i$ ) [m]	3,9
Diámetro del agitador ( $D_a$ ) [m]	1,3
Altura de la paleta del agitador ( $W$ ) [m]	0,26
Profundidad del agitador ( $C$ ) [m]	1,3
Ancho de las placas deflectoras ( $J$ ) [m]	0,39
Ancho de la paleta del agitador ( $L$ ) [m]	0,65
Altura del líquido ( $H$ ) [m]	4,28

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 7.5.10.2 Cálculo de potencia

Se realiza el cálculo de la potencia necesaria para la agitación del líquido en cuestión mediante las expresiones propuestas por (McCabe, 1991). Determinándose, en primer lugar, el número de Reynolds. Se utilizó el diámetro de agitación calculado mediante los factores de forma y se adoptó una velocidad de agitación de 0,6 rps.

$$N_{re} = \frac{\delta \times n \times D_a^2}{\mu}$$

Ecuación 42

En tanques con placas deflectoras y para números de Reynolds superiores a 10.000, como en este caso, la función de potencia es independiente del número de Reynolds y la viscosidad deja de ser un factor. Las variaciones del  $N_{Fr}$  tampoco influyen, el flujo es completamente turbulento y la potencia se determina mediante la Ecuación 43 (McCabe, 1991).

$$P = \frac{K_T \times n^3 \times D_a^5 \times \delta}{g_c}$$

Ecuación 43

En Tabla 144 se expresan los resultados de la potencia de agitación.

Tabla 144 - Resultados obtenidos para la potencia del agitador.

CÁLCULO DE LA POTENCIA	
Diámetro interior del reactor ( $D_i$ ) [m]	3,9000
Diámetro del agitador ( $D_a$ ) [m]	1,3000
Número de Reynolds ( $N_{re}$ )	$9,1 \times 10^5$
Potencia (P)	5,2509
Velocidad (n) [rps]	0,6
Densidad de líquido ( $\delta$ ) [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	1002,5625
Viscosidad del líquido ( $\mu$ ) [ $\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}$ ]	0,0011
Constante( $K_T$ )	4,8
$g_c$ [ $(\text{kg}/\text{kg}_f) \times (\text{m}/\text{s}^2)$ ]	9,8

### 7.5.10.3 Adopción de motor eléctrico y caja reductora.

En la Tabla 145 se resumen las características del motor y la caja reductora adoptados de la firma WEG S.A. De acuerdo a la potencia solicitada (5 HP), considerando que la eficiencia del motor es 87%, se adoptó uno de 7,5 HP y con una conexión de 4 polos y 220/440 V. La velocidad de giro del agitador es 36 rpm y la del motor 1800 rpm, por lo tanto, la relación de reducción que se tendrá en cuenta para la adopción de la caja reductora es 50.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 145 - Características del motor y la caja reductora adoptados.

MOTOR Y CAJA REDUCTORA ADOPTADOS			
MOTOR		CAJA REDUCTORA	
Fabricante	WEG S.A.	Fabricante	WEG S.A.
Serie	W22 Standard Efficiency (IE1)	Tipo	Coaxial de Engranaje Helicoidal
Carcasa	112M	Modelo	WG20 - C05
Potencia	7,5HP	Torque nominal	3540 lb-in
Frecuencia	60 Hz	Numero de etapas	3
Rendimiento	87%	Relación de reducción	50
Rotación nominal	1740 rpm	Velocidad de salida	50rpm
Desplazamiento	3,33 %	Potencia nominal	8HP
Torque de arranque	200 %	Eje de salida	1,375x2,76 in
Masa	94,5 lb	Brida de salida	250 mm

### 7.5.11 Aislante térmico

#### 7.5.11.1 Material

El material utilizado para la aislación térmica del reactor es la fibra de vidrio. Este material posee una muy buena relación entre resistencia térmica y precio.

Su estructura está conformada por largas y finas fibras de vidrio ligadas con una resina térmicamente fraguada para formar una frazada aislante, de peso liviano y flexible.

La fibra de vidrio es 100% reciclable, no contamina y es un producto inerte tanto para la naturaleza, como para el ser humano. Es un producto atóxico, no cancerígeno y no es perjudicial para la salud.

Comparada con otros aislantes, es más liviana y de muy baja conductividad térmica. Esto le otorga más eficacia, porque manteniendo un mismo espesor se logra una mayor y más eficiente resistencia térmica. Además, es hidrorrepelente, por lo que, no es afectado por el contacto con el agua y la humedad, por lo tanto, se mantiene inalterable ante cualquier filtración de cañerías, condensación o si accidentalmente queda expuesto a la lluvia (Arquigrafico , 2016).

#### 7.5.11.2 Cálculo del aislante

La máxima pérdida de calor en el reactor tiene lugar cuando el radio crítico es igual a la razón de la conductividad térmica del aislante al coeficiente de superficie de transferencia de calor. Es de desear mantener el radio crítico ( $r_c$ ) tan pequeño como sea posible, de manera que la aplicación del aislante proporcione una reducción y no un aumento en la

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

perdida de calor por la tubería. Esto se puede lograr usando un material aislante de baja conductividad (Kern D. Q., 1999).

$$r_c = \frac{k_c}{h_a}$$

Ecuación 44

Se calcula el calor perdido por metro de superficie mediante la ecuación propuesta por el (Kern D. Q., 1999), donde el  $D_1$  es igual al diámetro exterior del reactor más el radio crítico recubierto del aislante seleccionado.

$$q = \frac{\pi \times (t_s - t_a)}{\frac{2,3}{2 \times k_c} \times \log \frac{D_1}{D_2} + \frac{1}{h_a \times D_1}}$$

Ecuación 45

$$D_1 = D_2 + r_c$$

Ecuación 46

$$D_2 = D_i + t_c$$

Ecuación 47

En la Tabla 146 se observan los resultados obtenidos.

Tabla 146 - Características del aislante térmico.

DETERMINACION DEL CALOR PERDIDO	
Radio crítico de aislamiento térmico ( $r_c$ ) [m]	0,0176
Conductividad térmica del aislante ( $k_c$ ) [Kcal/h.m.K]	0,0370
Coficiente superficial de trasferencia de calor ( $h_a$ ) [Kcal/h.m <sup>2</sup> .K]	2,1
Diámetro exterior del cilindro con el espesor del aislante ( $D_1$ ) [m]	3,9558
Diámetro exterior del cilindro ( $D_2$ ) [m]	3,9382
Temperatura dentro del reactor ( $t_s$ ) [K]	423
Temperatura exterior ( $t_a$ ) [K]	293
Pérdida de calor por metro de superficie ( $q$ ) [kcal/h.m]	22609723

Se determina la pérdida de vapor que representa el calor ( $q$ ) perdido:

$$Q = q \times T \times L_{liq}$$

Ecuación 48

$$m = \frac{-Q}{(h_l - h_v)}$$

Ecuación 49

En la Tabla 147 se observan los resultados obtenidos.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 147 - Determinación de la masa de vapor perdida.

CÁLCULO DE LA MASA DE VAPOR PERDIDA	
Altura del líquido ( $L_{liq}$ ) [m]	4,2821
Tiempo de calentamiento (T) [h]	1,0000
Calor perdido (Q) [Kcal]	2265,2543
Masa de vapor perdida (m) [kg]	4,4928
Entalpía del líquido ( $h_l$ ) [kcal/kg]	152,1
Entalpía del vapor ( $h_v$ ) [kcal/kg]	656,3

Esta pérdida de vapor representa un 0,017% del vapor total incorporado al reactor, por lo cual se considera aceptable y suficiente la aislación adoptada.

### 7.6 DISEÑO REACTOR R-07

En el blanqueo se utiliza un reactor tanque agitado tipo batch de acero al carbono SA-283A recubierto de un aislante térmico de fibra de vidrio, para mantener la temperatura dentro del mismo y minimizar las pérdidas de vapor.

Este reactor se utiliza no solo para la etapa del blanqueo del proceso, sino que también se realizan las operaciones de filtración y lavado de la pasta de celulosa.

Para el blanqueo, ingresa la solución blanqueadora de NaOH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y agua junto con la pasta de celulosa, se calienta hasta 80°C con vapor directo y reaccionan durante 50 minutos. La pasta resultante es filtrada y lavada con abundante agua hasta obtener un pH neutro.

#### 7.6.1 Cálculo del volumen de reacción

Para realizar el cálculo se debe tener en cuenta el volumen utilizado en el blanqueo y el agua utilizada para el lavado, resultando lo obtenido en la Tabla 148.

$$V_L = \frac{Q_v}{N_L} \times t$$

Ecuación 50

Tabla 148 - Características del lote.

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL LOTE	
Caudal volumétrico ( $Q_v$ ) [m <sup>3</sup> /h]	28,9696
Numero de reactores ( $N_L$ )	1
Duración del lote (t) [h]	1,3333
Volumen del lote ( $V_L$ ) [m <sup>3</sup> ]	38,6252

En la determinación del tamaño de cada reactor, se emplea la Ecuación 51, donde se considera el volumen a tratar por lote adicionándole un factor de seguridad del 30%.

**PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**  
Proyecto final de grado – Ingeniería química

$$V_R = V_{lote} + 0.3xV_{lote}$$

Ecuación 51

En la Tabla 149 de muestra el volumen del reactor real obtenido.

Tabla 149 – Volumen real del reactor.

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN REAL	
Volumen del reactor (V <sub>R</sub> ) [m <sup>3</sup> ]	50,2127
Volumen del lote (V <sub>l</sub> ) [m <sup>3</sup> ]	38,6252

7.6.2 Calculo de las dimensiones del reactor

Para determinar las dimensiones del reactor se utilizan las ecuaciones expresadas a continuación.

$$V_R = V_c + 2 x V_1$$

Ecuación 52

$$V_1 = 0,0809 x D_i^3$$

Ecuación 53

$$V_c = \frac{\pi x D_i^2 x L_c}{4}$$

Ecuación 54

$$L_T = L_c + 2 x h$$

Ecuación 55

$$L_{liq} = L_T - 0.3(L_T)$$

Ecuación 56

$$h = 0.5R$$

Ecuación 57

Se supone un valor de diámetro interior (Di) igual a 3,5 m y se corrobora que la relación de esbeltez (L<sub>T</sub>/Di) este comprendida entre 1 y 2 para lograr un diseño óptimo (McCabe, 1991). En la Tabla 150 se visualizan las dimensiones obtenidas.

Tabla 150 - Características del reactor de blanqueo.

DIMENSIONES DEL REACTOR DE BLANQUEO	
Volumen del cilindro (V <sub>C</sub> ) [m <sup>3</sup> ]	43,2755
Volumen de la tapa y el fondo (V <sub>1</sub> ) [m <sup>3</sup> ]	3,4686
Volumen del reactor (V <sub>R</sub> ) [m <sup>3</sup> ]	50,2127
Diámetro interno del reactor (D <sub>i</sub> ) [m]	3,5000
Altura del cilindro (L <sub>C</sub> ) [m]	4,4980
Altura del reactor (L <sub>T</sub> ) [m]	6,2480
Altura de la tapa y el fondo (h) [m]	0,8750
Altura del líquido (L <sub>liq</sub> ) [m]	4,3736
Radio del reactor (R) [m]	1,7500
Relación de esbeltez (L <sub>T</sub> /D <sub>i</sub> )	1,7851

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 7.6.3 Selección del material de construcción

El material seleccionado para la construcción del este reactor es acero al carbono SA-283A cuyo valor máximo admisible de tracción (S) es 35,1 kg/mm<sup>2</sup>. Éste tiene las mismas propiedades que el elegido en la construcción del digestor.

### 7.6.4 Cálculo del espesor de la carcasa cilíndrica

Las paredes cilíndricas laterales de recipientes sin presión, están sometidas a las siguientes tensiones:

- Tensiones longitudinales, resultantes de la presión del líquido dentro del recipiente.
- Tensiones circunferenciales, por igual razón.
- Tensiones residuales en las soldaduras, por calentamientos localizados.
- Tensiones resultantes por cargas, debidas al viento, nieve, equipos auxiliares, etc.
- Tensiones debidas a diferencias térmicas.

El criterio de su cálculo se basa en dos tipos de fallas posibles que son por inestabilidad elástica y por presión hidrostática. Por el primero, se debe tener en cuenta que las planchas no deben perder su figura y soportar el peso propio de las mismas. Por el segundo debe tener el espesor suficiente para resistir la presión del líquido.

La presión que actúa sobre las paredes es la hidrostática que es cero en el tope del cilindro y máxima en la base. Si calculamos el espesor, de acuerdo al valor máximo, el recipiente sería sobre dimensionado, por lo tanto, se calcula según el valor de la presión en cada ancho de plancha y convencionalmente se hace actuar la presión a una distancia de 30 cm del centro de soldadura del borde inferior de la plancha (Sales, 1972). La Ecuación 58 expuesta por (Sales, 1972) es la utilizada para el cálculo del espesor.

$$t_c = \frac{\delta \cdot D_i \cdot (L_{liq} - 0,3)}{2 \cdot S \cdot E} + c$$

Ecuación 58

En la Tabla 151 se muestran los cálculos realizados.

Tabla 151 – Determinación del espesor del cilindro.

ESPESOR DEL CILINDRO	
Densidad del líquido ( $\delta$ ) [kg/m <sup>3</sup> ]	1058,7845
Diámetro interno del reactor ( $D_i$ ) [m]	3,5000
Altura del líquido ( $L_{liq}$ ) [m]	4,3736
Máximo esfuerzo permitido del material (S) [kg/m <sup>2</sup> ]	$3,15 \times 10^7$
Eficiencia de la soldadura (E)	0,8
Margen por corrosión (c) [m]	$4,99 \times 10^{-5}$
Espesor del cilindro ( $t_c$ ) [m]	0,0003

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

En el caso de recipientes de diámetro menores a 15 metros, el espesor de las planchas nunca es menor de 4,76mm (3/16 pulgadas), con lo cual se adopta este valor (Sales, 1972).

### 7.6.5 Tapa y fondo del reactor

La tapa y el fondo elegidos para el diseño de éste reactor, es la misma que la especificada en el digestor.

#### 7.6.5.1 Cálculo del espesor

La presión de trabajo en este reactor es la atmosférica, es decir 10332 kg/m<sup>2</sup>, por lo que para determinar la presión de diseño del mismo se considera la presión que ejerce el líquido y un factor adicional de seguridad, basada el código (ASME, s.f.).

$$P = (P_t + P_{liq}) + 20000$$

Ecuación 59

$$P_{liquido} = L_{liq} \times \delta \times \frac{g}{g_c}$$

Ecuación 60

En la Tabla 152 se muestran los datos requeridos en la determinación del espesor de la tapa y el fondo.

Tabla 152 - Datos de trabajo.

DATOS PARA LA DETERMINACION DEL ESPESOR	
Presión de trabajo (P <sub>t</sub> ) [kg/m <sup>2</sup> ]	10332,2745
Presión ejercida por el líquido (P <sub>liq</sub> ) [kg/m <sup>2</sup> ]	4630,6701
Altura del líquido (L <sub>liq</sub> ) [m]	4,3736
Densidad de líquido (δ) [kg/m <sup>3</sup> ]	1058,7845
Presión total (P) [kg/m <sup>2</sup> ]	34962,9446

Para el cálculo del espesor de los extremos se utiliza las ecuaciones expuestas en (Sales, 1972) y su resolución se detalla en la Tabla 153.

$$t_1 = \frac{PxLxM}{(2xSxE) - (0.2xP)} + c$$

Ecuación 61

$$M = \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{L}{r}} \right)$$

Ecuación 62



## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 153 - Determinación del espesor de la tapa y el fondo.

ESPESOR DE LA TAPA Y EL FONDO	
Factor de intensificación de tensiones (M)	1,7706
Radio de curvatura (L) [m]	3,5000
Radio de articulación (r) [m]	0,2100
Presión total (P) [kg/m <sup>2</sup> ]	34962,9446
Máximo esfuerzo permitido del material (S) [kg/m <sup>2</sup> ]	3,15×10 <sup>7</sup>
Eficiencia de la soldadura (E)	0,8
Margen por corrosión (c) [m]	7,17×10 <sup>-4</sup>
Espesor de la tapa y el fondo (t <sub>1</sub> ) [m]	0,0050

Las ecuaciones que se exponen a continuación se utilizan para el cálculo de todas las dimensiones de los extremos del reactor, la resolución de las mismas se visualiza en la Tabla 154.

$$R = \frac{D_i}{2}$$

Ecuación 63

$$b = L - \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$$

Ecuación 64

$$AB = \frac{D_i}{2} - r$$

Ecuación 65

$$BC = L - r$$

Ecuación 66

$$h_t = t_1 + b + h_p$$

Ecuación 67

$$h = 0.5R$$

Ecuación 68

$$h = b + h_p$$

Ecuación 69

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 154 - Dimensiones de la tapa y el fondo.

DIMENSIONES DE LA TAPA Y EL FONDO	
Radio del reactor (R) [m]	1,7500
Diámetro interno del reactor (Di) [m]	3,5000
Distancia entre los puntos AB [m]	1,5400
Distancia entre los puntos BC [m]	3,2900
Radio de curvatura (L) [m]	3,5000
Radio de articulación (r) [m]	0,2100
Altura de la tapa y el fondo (h) [m]	0,8750
Altura total de la tapa y el fondo (ht) [m]	0,8800
Espesor de la tapa y el fondo (t1) [m]	0,0050
Altura torisferico (b) [m]	0,5927
Altura lineal (hp) [m]	0,2823

### 7.6.6 Adopción de tuberías

La adopción de las tuberías se hizo en base a la tabla 6-6 expuesta en (Perry, 1976). Se calculó el caudal de entrada y salida de cada corriente; con ello se adoptó la tubería más acorde al valor obtenido. Se debe tener en cuenta, según ésta bibliografía, que la velocidad para la capacidad adoptada es de 1 ft/s. La información se detalla en la Tabla 155, Tabla 156, Tabla 157 y Tabla 158.

Tabla 155 - Tubería de alimentación.

Tamaño nominal del tubería (in)	Diámetro exterior (in)	Número de cédula	Espesor de la pared (in)	Diámetro interior (in)	Capacidad (U.S gal/min)
12	12,75	100	0,844	11,062	299,6

Tabla 156 - Tubería de insumos.

Tamaño nominal del tubería (in)	Diámetro exterior (in)	Número de cédula	Espesor de la pared (in)	Diámetro interior (in)	Capacidad (U.S gal/min)
14	14	10	0,250	13,500	446,0

Tabla 157 - Tubería de vapor.

Tamaño nominal del tubería (in)	Diámetro exterior (in)	Número de cédula	Espesor de la pared (in)	Diámetro interior (in)	Capacidad (U.S gal/min)
3 <sup>1/3</sup>	4	80XS, 80S	0,318	3,364	27,70

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 158 - Tubería de producto.

Tamaño nominal del tubería (in)	Diámetro exterior (in)	Número de cédula	Espesor de la pared (in)	Diámetro interior (in)	Capacidad (U.S gal/min)
10	10,75	40ST, 40S	0,365	10,020	246,0

### 7.6.6.1 Sensores

Se utilizan los mismos parámetros e instrumentos de control que para el digestor, incorporando, además, un sensor de pH, ya que, la solución de salida debe ser neutra.

### 7.6.7 Sistema de agitación

El sistema de agitación seleccionado para este reactor se trata de un agitador de turbina de seis palas planas como el que se muestra en la Figura 65.

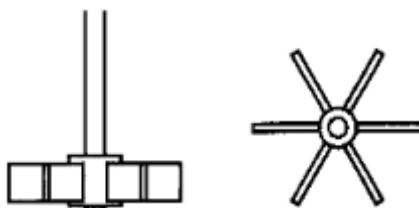


Figura 65 - Agitador de turbina.

Este tipo de agitadores impulsan al líquido radialmente contra las paredes laterales del tanque, allí la corriente se divide. Una parte, fluye hacia abajo hasta el fondo del tanque y vuelve al centro del rodete por la parte inferior. La otra parte, fluye hacia la superficie del líquido y regresa al rodete por la parte superior. Como se muestra en la Tabla 66 se producen dos corrientes de circulación separadas (McCabe, 1991).



Figura 66 - Perfil de flujo del agitador de turbina.

Los agitadores de turbina son especialmente eficaces en producir corrientes radiales pero introducen al mismo tiempo flujos verticales, especialmente cuando se disponen de placas deflectoras (McCabe, 1991).

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 7.6.7.1 Cálculo de las dimensiones del sistema de agitación

En la Figura 67 se observa un esquema representativo del reactor tanque agitado que se utiliza en el blanqueo, en la Tabla 159 se encuentran los factores de forma que relacionan las dimensiones del agitador elegido con las del reactor.

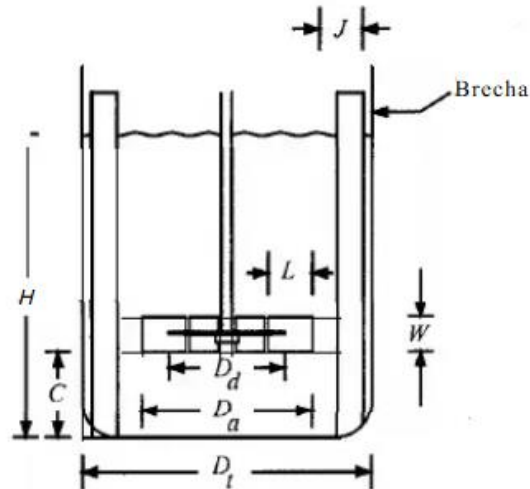


Figura 67 - Esquema representativo del reactor tanque agitado diseñado.

Tabla 159 - Factores de forma.

Factores de forma	
$\frac{D_i}{D_a} = 3$	$\frac{W}{D_a} = 0,2$
$\frac{C}{D_a} = 1$	$\frac{J}{D_i} = 0,1$
$\frac{L}{D_a} = 0,25$	$\frac{H}{D_i} = 1,2$

Se muestran en la Tabla 160 las dimensiones calculadas.

Tabla 160 - Características del sistema de agitación.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN	
Diámetro interior del reactor ( $D_i$ ) [m]	3,5000
Diámetro del agitador ( $D_a$ ) [m]	1,1667
Altura de la paleta del agitador ( $W$ ) [m]	0,2333
Profundidad del agitador ( $C$ ) [m]	1,1667
Ancho de las placas deflectoras ( $J$ ) [m]	0,3500
Ancho de la paleta del agitador ( $L$ ) [m]	0,2916
Altura del líquido ( $H$ ) [m]	4,3736

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 7.6.7.2 Cálculo de potencia

Se realiza el cálculo de la potencia necesaria para la agitación del líquido en cuestión mediante las expresiones propuestas por (McCabe, 1991). Determinándose, en primer lugar, el número de Reynolds. Se utilizó el diámetro de agitación calculado mediante los factores de forma y se adoptó una velocidad de agitación de 0,8 rps.

$$N_{re} = \frac{\delta x n x D_a^2}{\mu}$$

Ecuación 70

En tanques con placas deflectoras y para números de Reynolds superiores a 10.000, como en este caso, la función de potencia es independiente del número de Reynolds y la viscosidad deja de ser un factor. Las variaciones del  $N_{Fr}$  tampoco influyen, el flujo es completamente turbulento y la potencia se determina mediante la Ecuación 71 (McCabe, 1991).

$$P = \frac{K_T x n^3 x D_a^5 x \delta}{g_c}$$

Ecuación 71

La determinación de los cálculos de la potencia se muestran en la Tabla 161.

Tabla 161 - Resultados obtenidos para la potencia del agitador.

CÁLCULO DE LA POTENCIA	
Diámetro interior del reactor ( $D_i$ ) [m]	3,5000
Diámetro del agitador ( $D_a$ ) [m]	1,1667
Número de Reynolds ( $N_{re}$ )	$1,98 \times 10^6$
Velocidad ( $n$ ) [rps]	0,8
Densidad de líquido ( $\delta$ ) [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	1058,7845
Viscosidad del líquido ( $\mu$ ) [ $\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}$ ]	0,0011
Constante( $K_T$ )	6,3
$g_c$ [ $(\text{kg}/\text{kg}_f) \times (\text{m}/\text{s}^2)$ ]	9,8
Potencia (P)	10

### 7.6.7.3 Adopción de motor eléctrico y caja reductora.

En la Tabla 162 se resumen las características del motor y la caja reductora adoptados de la firma WEG S.A. De acuerdo a la potencia solicitada (10 HP), considerando que la eficiencia del motor es 88,6%, se adoptó uno de 15 HP y con una conexión de 4 polos y 220/440 V. La velocidad de giro del agitador es 48 rpm y la del motor 1800 rpm, por lo tanto, la relación de reducción que se tendrá en cuenta para la adopción de la caja reductora es 37,5.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 162 - Características del motor y la caja reductora.

MOTOR Y CAJA REDUCTORA ADOPTADOS			
MOTOR		CAJA REDUCTORA	
Fabricante	WEG S.A.	Fabricante	WEG S.A.
Serie	W22 Standard Efficiency (IE1)	Tipo	Coaxial de Engranaje Helicoidal
Carcasa	123M	Modelo	WG20 - C05
Potencia	15HP	Torque nominal	3540 lb-in
Frecuencia	60 Hz	Numero de etapas	3
Rendimiento	88,6%	Relación de reducción	37,5
Rotación nominal	1755 rpm	Velocidad de salida	50rpm
Desplazamiento	2.50 %	Potencia nominal	10HP
Torque de arranque	229 %	Eje de salida	1,375x2,76 in
Masa	181 lb	Brida de salida	250 mm

### 7.6.8 Aislante térmico

#### 7.6.8.1 Material

El material elegido como aislante térmico del reactor de blanqueo se trata de fibra de vidrio, igual que en el caso del digestor.

#### 7.6.8.2 Cálculo del aislante

En primer lugar se calcula el radio crítico utilizando la Ecuación 72.

$$r_c = \frac{k_c}{h_a}$$

Ecuación 72

Se calcula el calor perdido por metro de superficie mediante la Ecuación 73 propuesta por el (Kern D. Q., 1999), donde el  $D_1$  es igual al diámetro exterior de la tubería más el radio crítico recubierto del aislante seleccionado.

$$q = \frac{\pi \times (t_s - t_a)}{\frac{2,3}{2 \times k_c} \times \log \frac{D_1}{D_2} + \frac{1}{h_a \times D_1}}$$

Ecuación 73

$$D_1 = D_2 + r_c$$

Ecuación 74

$$D_2 = D_i + t_c$$

Ecuación 75

En la Tabla 163 se muestran las características calculadas para el aislante térmico.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 163 - Características del aislante térmico.

DETERMINACION DEL CALOR PERDIDO	
Radio critico de aislamiento térmico (rc) [m]	0,0157
Conductividad térmica del aislante (kc) [kcal/h.m.K]	0,0330
Coficiente superficial de trasferencia de calor (ha) [kcal/h.m <sup>2</sup> .K]	2,1000
Diámetro exterior del cilindro con el espesor del aislante (D <sub>1</sub> ) [m]	3,5165
Diámetro exterior del cilindro (D <sub>2</sub> ) [m]	3,5007
Temperatura dentro del reactor (t <sub>s</sub> ) [K]	353
Temperatura exterior (t <sub>a</sub> ) [K]	293
Pérdida de calor por metro de superficie (q) [kcal/h.m]	927,6040

Se determina la pérdida de vapor que representa el calor (q) perdido y se detalla en la Tabla 164.

$$Q = q \times T \times L_{liq}$$

Ecuación 76

$$m = \frac{-Q}{(h_l - h_v)}$$

Ecuación 77

Tabla 164 - Determinación de la masa de vapor perdida.

CÁLCULO DE LA MASA DE VAPOR PERDIDA	
Altura del líquido (L <sub>liq</sub> ) [m]	4,3736
Tiempo de calentamiento (T) [h]	0,5
Calor perdido (Q) [kcal]	929,8035
Masa de vapor perdida (m) [kg]	1,6864
Entalpía del líquido (h <sub>l</sub> ) [kcal/kg]	79,9500
Entalpía del vapor (h <sub>v</sub> ) [kcal/kg]	631,3000

Esta pérdida de vapor representa un 0,05% del vapor total incorporado al reactor, por lo cual se considera aceptable y suficiente la aislación adoptada.

### 7.7 CÁLCULO Y ADOPCIÓN DE BOMBAS

El bombeo es el proceso por el cual se le adiciona energía cinética y potencial a un líquido para producir movimiento y transportarlo de un punto a otro. Las bombas incrementan la energía mecánica del líquido, aumentando su velocidad, presión o elevación.

Para cada una de las conexiones entre quipos, se debe adoptar una bomba con características específicas, y diseñar el sistema para el transporte de las corrientes del

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

proceso. En la producción de pulpa de celulosa y fibra textil se utilizan dos tipos de bombas, centrifugas y de tornillo, todo el sistema de la planta está regulado mediante un controlador lógico programable (PLC).

En la Tabla 165 se describen las bombas utilizadas para el transporte de las correspondientes corrientes del proceso.

Tabla 165 - Resumen de las bombas adoptadas.

BOMBAS					
NOMBRE	EQUIPOS INVOLUCRADOS	CORRIENTE	DENOMINACIÓN	CAUDAL MÁSSICO [T/h]	TIPO DE BOMBA
B-01	A-01/A-06 a R-07	C12	Sólidos y agua	33,6597	Centrífuga
B-02	R-07 a A-07	C18	Sólidos, agua, NaOH y H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	3,6079	Centrífuga
B-03	A-07 a S-01	C21	Sólidos y agua	26,7002	Centrífuga
B-04	S-01 a S-02	C23	Sólidos y agua	5,7002	Tornillo
B-05	T-01 y T-02 a R-01/R-06	C2	Solución NaOH al 50%	6,3	Centrífuga
		C5		2,142	
	T-01 y T-02 a R-07	C13		0,1414	
B-06	T-06 a R-07	C15	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,2020	Centrífuga
B-07	Agua de pozo a T-07	-	Agua	127,03	Centrífuga
	T-04/T-06 a A-08	C26	Solución NMMO 50%	20,6413	Centrífuga
T-04/T-06 a C-01	C34	0,9384			
B-09	A-08 a R-08	C28	Sólidos, agua y solución NMMO	30,8079	Centrífuga
B-10	E-02 a T-06	C49	Solución NMMO 50% recuperada	18,6261	Centrífuga
B-11	R-08 a EX-01	C33	Sólidos, agua y solución NMMO	3,1903	Centrífuga
B-12	R-08 A-09	C32	NMMO para recuperar	16,5769	Centrífuga
	C-02 a A-09	C38		24,1241	
B-13	A-09 a F-01	C42	Sólidos, agua y solución NMMO	40,701	Centrífuga
B-14	F-01 a E-01	C44	Solución NMMO 26%	7,9	Centrífuga
B-15	T-07 a R-01/R-07	C3	Agua	47,7	Centrífuga
		C6		16,218	
	T-07 a A-01/A-07	C10		114,0887	
	T-07 a R-07	C14		3,6958	
	T-07 a A-07	C19		22,2863	
	T-07 a A-08	C27		6,1616	
	T-07 a C-01	C35		3,754	
	T-07 a C-02	C37		18,9234	

A continuación, se presenta la secuencia de cálculo utilizada para la determinación de la potencia de cada bomba, la metodología utilizada está realizada en base a (McCabe,



## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

1991), (Ocon, Juaquin y Tojo, Gabriel). Cabe destacar que el procedimiento descrito se realiza para el tramo de succión y para el de descarga de la bomba en cuestión.

1. Realizar la distribución de los equipos y tuberías en el terreno de la planta. Considerar el diámetro y la altura de los tanques, altura de los puntos de carga y descarga, ubicación de las bombas y accesorios (válvulas, empalmes, codos, etc.).
2. Determinar la longitud de los tramos de tubería para las distintas bombas.
3. Estimar la velocidad lineal del fluido, para la misma se utiliza la tabla 8-1 de velocidad de fluidos en tuberías de (McCabe, 1991) y es necesario conocer la viscosidad del fluido a transportar.
4. Calcular el diámetro óptimo de la tubería.

$$D = \sqrt{\frac{4 Q_v}{\pi v}}$$

Ecuación 78

Donde  $Q_v$  es el caudal volumétrico [ $m^3/s$ ] y  $v$  la velocidad lineal del fluido [ $m/s$ ] estimada en el punto anterior. Cabe destacar que el valor de  $D$  [ $m$ ] calculado se utiliza para determinar el valor real de la tubería en base a la norma ASME y ASTM.

5. Se calcula el número de Reynolds

$$N_{Re} = \frac{\rho v D}{\mu}$$

Ecuación 79

Donde  $\rho$  es la densidad [ $kg/m^3$ ],  $v$  es la velocidad lineal del fluido [ $m/s$ ],  $D$  el diámetro interno de la tubería [ $m$ ] y  $\mu$  la viscosidad del fluido [ $kg/m.s$ ].

6. Calcular  $f$ , el factor de fricción de Fanning, dependiendo el valor del  $N_{Re}$  obtenido.
  - a) Si el valor del  $N_{Re}$  indica un régimen laminar se utiliza la ecuación siguiente.

$$f = \frac{64}{N_{Re}}$$

Ecuación 80

- b) Si el valor del  $N_{Re}$  indica un régimen turbulento se determina, en primer lugar, la rugosidad relativa  $e/D$  mediante los diagramas de Moody de la figura 1-3 del (Ocon, Juaquin y Tojo, Gabriel) y con este valor se obtiene  $f$  utilizando la figura 1-4.
7. Calcular la pérdida de carga por fricción ( $h_f$ )

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

$$h_f = f \frac{L_T v^2}{D 2g}$$

Ecuación 81

Donde  $L_T$  es la longitud total de la tubería [m], determinada a partir de la suma de la cañería horizontal y la longitud equivalente a cada uno de los accesorios, obtenida de la figura 1-2 del (Ocon, Juaquin y Tojo, Gabriel).

8. Se calcula el trabajo desarrollado por la bomba empleando la ecuación de Bernoulli, la cual indica la carga total que debe vencer la bomba teniendo en cuenta los cálculos determinados tanto para la cañería de succión como de descarga de la misma.

$$H_T = \frac{\Delta P}{\rho} + \frac{\Delta Z g}{g_c} + \frac{\Delta V}{2 g_c} + H_F$$

Ecuación 82

Donde  $H_T$  es el trabajo mecánico desarrollado por la bomba [m],  $\Delta P$  es la carga de presión o diferencia de presión entre la succión y la descarga [ $\text{kgf}/\text{m}^2$ ],  $\Delta Z$  es la diferencia entre los niveles [m],  $\Delta V$  es la diferencia entre las velocidades [m/s],  $H_F$  es la pérdida por fricción total [m],  $g$  es la aceleración de la gravedad [ $\text{m}/\text{s}^2$ ] y  $g_c$  es el factor de proporcionalidad de la Ley de Newton [ $9,8 \text{ kgf}\cdot\text{m}/\text{kg}\cdot\text{s}^2$ ].

9. Para finalizar, se calcula la potencia mínima necesaria que requiere la bomba en HP mediante la siguiente ecuación.

$$P = \frac{H_T \rho Q_v}{\eta}$$

Ecuación 83

Donde  $\eta$  es la eficiencia de la bomba.

A continuación, se exponen las tablas que expresan los datos para el cálculo de cada bomba, los resultados tanto para la succión como para la descarga, los parámetros obtenidos y las características generales cada una de las bombas adoptadas.

Cabe aclarar que las bombas B-07 y B-15, no se detallan a continuación ya que las mismas se consideran parte de los servicios auxiliares de la planta por transportar agua.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 166 - Adopción de la bomba B-01

B-01			
DATOS PARA EL CÁLCULO			
Caudal volumétrico [m <sup>3</sup> /h]	68,4		
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	1002		
Viscosidad [kg/m.s]	0,0011		
SUCCIÓN			
Longitud total [m]	437	Accesorios	2 codo 90° 3 empalme T 2 válvulas de asiento
Altura de succión [m]	0		
Diámetro exterior [mm]	219,08		
Espesor de pared [mm]	8,18		
Velocidad de flujo [m/s]	0,495		
Número de Reynolds	9,97×10 <sup>4</sup>	Factor de fricción(f)	0,019
Rugosidad relativo (e/D)	0,00023	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,483
DESCARGA			
Longitud total [m]	69,2	Accesorios	2 codo 90° 1 válvulas de asiento
Altura de descarga [m]	5,2		
Diámetro exterior [mm]	114,30		
Espesor de pared [mm]	6,02		
Velocidad de flujo [m/s]	1,82		
Número de Reynolds	1,97×10 <sup>5</sup>	Factor de fricción(f)	0,0185
Rugosidad relativo (e/D)	0,00045	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	2,067
PARÁMETROS OBTENIDOS			
Trabajo desarrollado [m]	7,92		
Eficiencia	0,75		
Potencia [HP]	2,59		
BOMBA ADOPTADA			
Proveedor	CER		
Tipo de bomba	Electrobomba centrífuga doble etapa		
Marca	Czerweny		
Modelo	SCm2-60		
Altura máxima de elevación [m]	60		
Capacidad volumétrica máxima [l/h]	7800		
Succión máxima [m]	8		
Peso [kg]	27		
Motor	220V monofásico		
Potencia [HP]	3		

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 167 - Adopción de la bomba B-02

B-02			
DATOS PARA EL CÁLCULO			
Caudal volumétrico [m <sup>3</sup> /h]	154,8		
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	1058		
Viscosidad [kg/m.s]	0,0011		
SUCCIÓN			
Longitud total [m]	121,55	Accesorios	1 codo 90° 1 válvulas de asiento
Altura de succión [m]	0		
Diámetro exterior [mm]	273,05		
Espesor de pared [mm]	9,27		
Velocidad de flujo [m/s]	0,72		
Número de Reynolds	2,10×10 <sup>5</sup>	Factor de fricción(f)	0,017
Rugosidad relativo (e/D)	0,00018	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,247
DESCARGA			
Longitud total [m]	135,2	Accesorios	2 codo 90° 1 válvulas de asiento
Altura de descarga [m]	5,2		
Diámetro exterior [mm]	219,08		
Espesor de pared [mm]	8,18		
Velocidad de flujo [m/s]	1,13		
Número de Reynolds	2,94×10 <sup>5</sup>	Factor de fricción(f)	0,0165
Rugosidad relativo (e/D)	0,00023	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	1,018
PARÁMETROS OBTENIDOS			
Trabajo desarrollado [m]	6,53		
Eficiencia	0,75		
Potencia [HP]	5,16		
BOMBA ADOPTADA			
Proveedor	CER		
Tipo de bomba	Electrobomba centrífuga doble etapa		
Marca	Czerweny		
Modelo	SCm2-70t		
Altura máxima de elevación [m]	64		
Capacidad volumétrica máxima [l/h]	12000		
Succión máxima [m]	8		
Peso [kg]	39		
Motor	380V trifásico		
Potencia [HP]	5,5		

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 168 - Adopción de la bomba B-03

B-03			
DATOS PARA EL CÁLCULO			
Caudal volumétrico [m <sup>3</sup> /h]	108,0		
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	1000		
Viscosidad [kg/m.s]	0,0011		
SUCCIÓN			
Longitud total [m]	129,9	Accesorios	2 codo 90° 1 válvulas de asiento
Altura de succión [m]	0		
Diámetro exterior [mm]	219,08		
Espesor de pared [mm]	8,18		
Velocidad de flujo [m/s]	0,788		
Número de Reynolds	1,593×10 <sup>5</sup>	Factor de fricción(f)	0,0185
Rugosidad relativo (e/D)	0,00023	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,358
DESCARGA			
Longitud total [m]	129,75	Accesorios	2 codo 90° 1 válvulas de asiento
Altura de descarga [m]	0,5		
Diámetro exterior [mm]	219,08		
Espesor de pared [mm]	8,18		
Velocidad de flujo [m/s]	0,788		
Número de Reynolds	2,389×10 <sup>5</sup>	Factor de fricción(f)	0,0175
Rugosidad relativo (e/D)	0,00023	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,761
PARÁMETROS OBTENIDOS			
Trabajo desarrollado [m]	1,66		
Eficiencia	0,75		
Potencia [HP]	0,865		
BOMBA ADOPTADA			
Proveedor	CER		
Tipo de bomba	Electrobomba centrífuga		
Marca	Czerweny		
Modelo	ZETA-4		
Altura máxima de elevación [m]	29		
Capacidad volumétrica máxima [l/h]	13800		
Succión máxima [m]	8		
Peso [kg]	23,4		
Motor	220V monofásico		
Potencia [HP]	1,5		

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 169 - Adopción de la bomba B-04

B-04			
DATOS PARA EL CÁLCULO			
Caudal volumétrico [m <sup>3</sup> /h]	18,2		
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	1250		
Viscosidad [kg/m.s]	0,01		
SUCCIÓN			
Longitud total [m]	100,5	Accesorios	1 válvulas de asiento
Altura de succión [m]	0		
Diámetro exterior [mm]	273,05		
Espesor de pared [mm]	9,27		
Velocidad de flujo [m/s]	0,087		
Número de Reynolds	$3,583 \times 10^3$	Factor de fricción(f)	0,018
Rugosidad relativo (e/D)	0,00018	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	$3,725 \times 10^{-3}$
DESCARGA			
Longitud total [m]	85,1	Accesorios	2 codo 90° 1 válvulas de asiento
Altura de descarga [m]	0,6		
Diámetro exterior [mm]	168,28		
Espesor de pared [mm]	7,11		
Velocidad de flujo [m/s]	0,228		
Número de Reynolds	$7,875 \times 10^3$	Factor de fricción(f)	0,0082
Rugosidad relativo (e/D)	0,0003	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,03
PARÁMETROS OBTENIDOS			
Trabajo desarrollado [m]	0,64		
Eficiencia	0,75		
Potencia [HP]	0,071		
BOMBA ADOPTADA			
Proveedor	Inoxpa		
Tipo de bomba	Bomba de tornillo helicoidal		
Modelo	KSF-50		
Capacidad volumétrica máxima [l/h]	19500		
Peso [kg]	36		
Motor	220V monofásico		
Potencia [HP]	0,5		

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 170 - Adopción de la bomba B-05

B-05			
DATOS PARA EL CÁLCULO			
Caudal volumétrico [m <sup>3</sup> /h]	8,0		
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	1565		
Viscosidad [kg/m.s]	0,0011		
SUCCIÓN			
Longitud total [m]	38,12	Accesorios	1 codo 90° 1 empalme T 1 válvulas de asiento
Altura de succión [m]	0		
Diámetro exterior [mm]	73,03		
Espesor de pared [mm]	5,16		
Velocidad de flujo [m/s]	0,534		
Número de Reynolds	6,232×10 <sup>4</sup>	Factor de fricción(f)	0,0225
Rugosidad relativo (e/D)	0,0007	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,216
DESCARGA			
Longitud total [m]	149,1	Accesorios	3 codo 90° 6 empalme T 2 válvulas de asiento
Altura de descarga [m]	5,6		
Diámetro exterior [mm]	168,28		
Espesor de pared [mm]	7,11		
Velocidad de flujo [m/s]	1,614		
Número de Reynolds	1,076×10 <sup>5</sup>	Factor de fricción(f)	0,0235
Rugosidad relativo (e/D)	0,0003	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	13,781
PARÁMETROS OBTENIDOS			
Trabajo desarrollado [m]	19,744		
Eficiencia	0,75		
Potencia [HP]	1,212		
BOMBA ADOPTADA			
Proveedor	CER		
Tipo de bomba	Electrobomba centrífuga		
Marca	Czerweny		
Modelo	ZETA-4		
Altura máxima de elevación [m]	29		
Capacidad volumétrica máxima [l/h]	13800		
Succión máxima [m]	8		
Peso [kg]	23,4		
Motor	220V monofásico		
Potencia [HP]	1,5		

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 171 - Adopción de la bomba B-06

B-06			
DATOS PARA EL CÁLCULO			
Caudal volumétrico [m <sup>3</sup> /h]	0,5		
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	1450		
Viscosidad [kg/m.s]	0,0011		
SUCCIÓN			
Longitud total [m]	8,9	Accesorios	1 codo 90° 1 válvulas de asiento
Altura de succión [m]	0		
Diámetro exterior [mm]	21,34		
Espesor de pared [mm]	2,77		
Velocidad de flujo [m/s]	0,438		
Número de Reynolds	1,384×10 <sup>4</sup>	Factor de fricción(f)	0,0049
Rugosidad relativo (e/D)	0,002	Perdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,026
DESCARGA			
Longitud total [m]	52,55	Accesorios	2 codo 90° 2 empalme T 1 válvulas de asiento
Altura de descarga [m]	7,5		
Diámetro exterior [mm]	60,33		
Espesor de pared [mm]	3,91		
Velocidad de flujo [m/s]	1,143		
Número de Reynolds	2,228×10 <sup>4</sup>	Factor de fricción(f)	0,0029
Rugosidad relativo (e/D)	0,0009	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	1,01
PARÁMETROS OBTENIDOS			
Trabajo desarrollado [m]	8,16		
Eficiencia	0,75		
Potencia [HP]	0,033		
BOMBA ADOPTADA			
Proveedor	CER		
Tipo de bomba	Electrobomba centrifuga		
Marca	Czerweny		
Modelo	ZETA-1,5		
Altura máxima de elevación [m]	22		
Capacidad volumétrica máxima [l/h]	12600		
Succión máxima [m]	8		
Peso [kg]	10,3		
Motor	220V monofásico		
Potencia [HP]	0,75		



## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 172 - Adopción de la bomba B-08

B-08			
DATOS PARA EL CÁLCULO			
Caudal volumétrico [m <sup>3</sup> /h]	75,6		
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	1100		
Viscosidad [kg/m.s]	0,0055		
SUCCIÓN			
Longitud total [m]	122,8	Accesorios	1 codo 90° 1 empalme T 1 válvulas de asiento
Altura de succión [m]	0		
Diámetro exterior [mm]	219,08		
Espesor de pared [mm]	8,18		
Velocidad de flujo [m/s]	0,553		
Número de Reynolds	$3,066 \times 10^4$	Factor de fricción(f)	0,002
Rugosidad relativo (e/D)	0,00023	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,028
DESCARGA			
Longitud total [m]	157,05	Accesorios	2 codo 90° 1 empalme T 1 válvulas de asiento
Altura de descarga [m]	7,5		
Diámetro exterior [mm]	101,6		
Espesor de pared [mm]	5,74		
Velocidad de flujo [m/s]	2,602		
Número de Reynolds	$5,454 \times 10^4$	Factor de fricción(f)	0,0012
Rugosidad relativo (e/D)	0,0005	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,694
PARÁMETROS OBTENIDOS			
Trabajo desarrollado [m]	8,568		
Eficiencia	0,75		
Potencia [HP]	3,445		
BOMBA ADOPTADA			
Proveedor	CER		
Tipo de bomba	Electrobomba centrífuga doble etapa		
Marca	Czerweny		
Modelo	SCm2-70t		
Altura máxima de elevación [m]	64		
Capacidad volumétrica máxima [l/h]	12000		
Succión máxima [m]	8		
Peso [kg]	39		
Motor	380V trifásico		
Potencia [HP]	5,5		

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 173 - Adopción de la bomba B-09

B-09			
DATOS PARA EL CÁLCULO			
Caudal volumétrico [m <sup>3</sup> /h]	104,4		
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	1200		
Viscosidad [kg/m.s]	0,0082		
SUCCIÓN			
Longitud total [m]	102,75	Accesorios	1 codo 90° 1 válvulas de asiento
Altura de succión [m]	0		
Diámetro exterior [mm]	219,08		
Espesor de pared [mm]	8,18		
Velocidad de flujo [m/s]	0,757		
Número de Reynolds	2,884×10 <sup>4</sup>	Factor de fricción(f)	0,0022
Rugosidad relativo (e/D)	0,00023	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,043
DESCARGA			
Longitud total [m]	69,5	Accesorios	2 codo 90° 1 válvulas de asiento
Altura de descarga [m]	7,5		
Diámetro exterior [mm]	114,30		
Espesor de pared [mm]	6,02		
Velocidad de flujo [m/s]	2,795		
Número de Reynolds	5,005×10 <sup>4</sup>	Factor de fricción(f)	0,0013
Rugosidad relativo (e/D)	0,00045	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,363
PARÁMETROS OBTENIDOS			
Trabajo desarrollado [m]	8,323		
Eficiencia	0,75		
Potencia [HP]	4,996		
BOMBA ADOPTADA			
Proveedor	CER		
Tipo de bomba	Electrobomba centrífuga doble etapa		
Marca	Czerweny		
Modelo	SCm2-70t		
Altura máxima de elevación [m]	64		
Capacidad volumétrica máxima [l/h]	12000		
Succión máxima [m]	8		
Peso [kg]	39		
Motor	380V trifásico		
Potencia [HP]	5,5		

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 174 - Adopción de la bomba B-10

B-10			
DATOS PARA EL CÁLCULO			
Caudal volumétrico [m <sup>3</sup> /h]	39,6		
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	1100		
Viscosidad [kg/m.s]	0,0055		
SUCCIÓN			
Longitud total [m]	76,5	Accesorios	1 codo 90° 1 válvulas de asiento
Altura de succión [m]	0		
Diámetro exterior [mm]	168,28		
Espesor de pared [mm]	7,11		
Velocidad de flujo [m/s]	0,486		
Número de Reynolds	2,352×10 <sup>4</sup>	Factor de fricción(f)	0,0027
Rugosidad relativo (e/D)	0,0003	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,031
DESCARGA			
Longitud total [m]	131,96	Accesorios	3 codo 90° 1 válvulas de asiento
Altura de descarga [m]	9		
Diámetro exterior [mm]	73,03		
Espesor de pared [mm]	5,16		
Velocidad de flujo [m/s]	2,576		
Número de Reynolds	4,088×10 <sup>4</sup>	Factor de fricción(f)	0,0015
Rugosidad relativo (e/D)	0,0007	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	1,084
PARÁMETROS OBTENIDOS			
Trabajo desarrollado [m]	10,489		
Eficiencia	0,75		
Potencia [HP]	2,181		
BOMBA ADOPTADA			
Proveedor	CER		
Tipo de bomba	Electrobomba centrífuga doble etapa		
Marca	Czerweny		
Modelo	SCm2-60		
Altura máxima de elevación [m]	60		
Capacidad volumétrica máxima [l/h]	7800		
Succión máxima [m]	8		
Peso [kg]	27		
Motor	220V monofásico		
Potencia [HP]	3		

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 175 - Adopción de la bomba B-11

B-11			
DATOS PARA EL CÁLCULO			
Caudal volumétrico [m <sup>3</sup> /h]	100,8		
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	1230		
Viscosidad [kg/m.s]	0,008		
SUCCIÓN			
Longitud total [m]	105,5	Accesorios	1 válvulas de asiento
Altura de succión [m]	0		
Diámetro exterior [mm]	273,05		
Espesor de pared [mm]	9,27		
Velocidad de flujo [m/s]	0,475		
Número de Reynolds	2,938×10 <sup>4</sup>	Factor de fricción(f)	0,0022
Rugosidad relativo (e/D)	0,00018	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,021
DESCARGA			
Longitud total [m]	90,6	Accesorios	2 codo 90° 1 válvulas de asiento
Altura de descarga [m]	3,6		
Diámetro exterior [mm]	168,28		
Espesor de pared [mm]	7,11		
Velocidad de flujo [m/s]	1,255		
Número de Reynolds	3,874×10 <sup>4</sup>	Factor de fricción(f)	0,0017
Rugosidad relativo (e/D)	0,0003	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,105
PARÁMETROS OBTENIDOS			
Trabajo desarrollado [m]	3,816		
Eficiencia	0,75		
Potencia [HP]	2,29		
BOMBA ADOPTADA			
Proveedor	CER		
Tipo de bomba	Electrobomba centrífuga doble etapa		
Marca	Czerweny		
Modelo	SCm2-60		
Altura máxima de elevación [m]	60		
Capacidad volumétrica máxima [l/h]	7800		
Succión máxima [m]	8		
Peso [kg]	27		
Motor	220V monofásico		
Potencia [HP]	3		

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 176 - Adopción de la bomba B-12

B-12			
DATOS PARA EL CÁLCULO			
Caudal volumétrico [m <sup>3</sup> /h]	154,8		
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	1056		
Viscosidad [kg/m.s]	0,0035		
SUCCIÓN			
Longitud total [m]	208,6	Accesorios	2 codo 90° 1 empalme T 1 válvulas de asiento
Altura de succión [m]	0		
Diámetro exterior [mm]	273,05		
Espesor de pared [mm]	9,27		
Velocidad de flujo [m/s]	0,732		
Número de Reynolds	$6,589 \times 10^4$	Factor de fricción(f)	0,00098
Rugosidad relativo (e/D)	0,00018	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,024
DESCARGA			
Longitud total [m]	124,3	Accesorios	2 codo 90° 1 válvulas de asiento
Altura de descarga [m]	5		
Diámetro exterior [mm]	219,08		
Espesor de pared [mm]	8,18		
Velocidad de flujo [m/s]	1,137		
Número de Reynolds	$9,911 \times 10^4$	Factor de fricción(f)	0,00064
Rugosidad relativo (e/D)	0,00023	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,042
PARÁMETROS OBTENIDOS			
Trabajo desarrollado [m]	5,148		
Eficiencia	0,75		
Potencia [HP]	4,082		
BOMBA ADOPTADA			
Proveedor	CER		
Tipo de bomba	Electrobomba centrífuga doble etapa		
Marca	Czerweny		
Modelo	SCm2-70t		
Altura máxima de elevación [m]	64		
Capacidad volumétrica máxima [l/h]	12000		
Succión máxima [m]	8		
Peso [kg]	39		
Motor	380V trifásico		
Potencia [HP]	5,5		

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 177 - Adopción de la bomba B-13

B-13			
DATOS PARA EL CÁLCULO			
Caudal volumétrico [m <sup>3</sup> /h]	75,6		
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	1056		
Viscosidad [kg/m.s]	0,0035		
SUCCIÓN			
Longitud total [m]	102,5	Accesorios	1 codo 90° 1 válvulas de asiento
Altura de succión [m]	0		
Diámetro exterior [mm]	219,08		
Espesor de pared [mm]	8,18		
Velocidad de flujo [m/s]	0,568		
Número de Reynolds	4,625×10 <sup>4</sup>	Factor de fricción(f)	0,0014
Rugosidad relativo (e/D)	0,00023	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,016
DESCARGA			
Longitud total [m]	52,62	Accesorios	2 codo 90° 1 válvulas de asiento
Altura de descarga [m]	2,12		
Diámetro exterior [mm]	101,6		
Espesor de pared [mm]	5,74		
Velocidad de flujo [m/s]	2,672		
Número de Reynolds	8,228×10 <sup>4</sup>	Factor de fricción(f)	0,00078
Rugosidad relativo (e/D)	0,00018	Perdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,151
PARÁMETROS OBTENIDOS			
Trabajo desarrollado [m]	2,634		
Eficiencia	0,75		
Potencia [HP]	1,044		
BOMBA ADOPTADA			
Proveedor	CER		
Tipo de bomba	Electrobomba centrifuga		
Marca	Czerweny		
Modelo	ZETA-4		
Altura máxima de elevación [m]	29		
Capacidad volumétrica máxima [l/h]	13800		
Succión máxima [m]	8		
Peso [kg]	23,4		
Motor	220V monofásico		
Potencia [HP]	1,5		

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 178 - Adopción de la bomba B-14

B-14			
DATOS PARA EL CÁLCULO			
Caudal volumétrico [m <sup>3</sup> /h]	75,6		
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	1056		
Viscosidad [kg/m.s]	0,0035		
SUCCIÓN			
Longitud total [m]	118,8	Accesorios	1 codo 90° 1 válvulas de asiento
Altura de succión [m]	0		
Diámetro exterior [mm]	219,08		
Espesor de pared [mm]	8,18		
Velocidad de flujo [m/s]	0,568		
Número de Reynolds	4,625×10 <sup>4</sup>	Factor de fricción(f)	0,0014
Rugosidad relativo (e/D)	0,00023	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,019
DESCARGA			
Longitud total [m]	46,25	Accesorios	1 codo 90° 1 válvulas de asiento
Altura de descarga [m]	4		
Diámetro exterior [mm]	101,6		
Espesor de pared [mm]	5,74		
Velocidad de flujo [m/s]	2,672		
Número de Reynolds	8,228×10 <sup>4</sup>	Factor de fricción(f)	0,00078
Rugosidad relativo (e/D)	0,0005	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,133
PARÁMETROS OBTENIDOS			
Trabajo desarrollado [m]	4,498		
Eficiencia	0,75		
Potencia [HP]	1,783		
BOMBA ADOPTADA			
Proveedor	CER		
Tipo de bomba	Electrobomba centrífuga doble etapa		
Marca	Czerweny		
Modelo	SCm2-55		
Altura máxima de elevación [m]	51		
Capacidad volumétrica máxima [l/h]	8400		
Succión máxima [m]	8		
Peso [kg]	24		
Motor	220V monofásico		
Potencia [HP]	2		

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 7.8 REFERENCIAS

- (2019). Obtenido de Inoxpa: [https://www.inoxpa.es/uploads/document/Fitxa%20tecnica/Components/Bombas/KIBERS/FT.KIBER\\_KSF.1\\_ES.pdf](https://www.inoxpa.es/uploads/document/Fitxa%20tecnica/Components/Bombas/KIBERS/FT.KIBER_KSF.1_ES.pdf)
- Allocco. (2019 de Noviembre). Obtenido de <http://allocco.com.ar/es/productos/secador-enfriador-rotativo/>
- Arquigráfico . (2016). Obtenido de <https://arquigrafico.com/lana-de-vidrio-como-aislante-termico-y-acustico/>
- ASME, C. (s.f.). *DISEÑO DE RECIPIENTES DE PRESIÓN SEGÚN EL CÓDIGO ASME*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/siceaingenieria/codigo-asme-seccion-viii-division-1-a>
- BEYOND. (Noviembre de 2019). Obtenido de <http://www.360evaporator.com/falling-film-evaporator.html>
- Bombas HASA. (2019). Obtenido de <https://www.bombashasa.com/imag/cat-tecnico/120-MO-ct.pdf>
- Brujas, J. C. (2015). *Control e instrumentación*. Barcelona. Obtenido de [https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/168450/TFG\\_FormicIndustries\\_v03.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/168450/TFG_FormicIndustries_v03.pdf)
- CER. (2019). Obtenido de [https://cer.com.ar/catalogo/czerweny?gclid=eaiaiqobchmijurkoe265qivhz6fch3b0wa7eaayayaaeglwafd\\_bwe&pageindex=2](https://cer.com.ar/catalogo/czerweny?gclid=eaiaiqobchmijurkoe265qivhz6fch3b0wa7eaayayaaeglwafd_bwe&pageindex=2)
- Claver Delgado Rodriguez, F. (Agosto de 2019). *Cálculos de sinfines*. Obtenido de [cultivopalma.webcindario.com](http://cultivopalma.webcindario.com) > calculosinfines
- Geankoplis, C. (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias*.
- Glover, W. (1997). Evaporación de productos difíciles de evaporar. *Chemical Processing*.
- Goodfellow. (Noviembre de 2019). *Todos los materiales para Investigación Científica y Fabricación*. Obtenido de <http://www.goodfellow.com/S/Celulosa.html>
- Ingemecánica. (Julio de 2019). *Cálculo de Transportadores de Tornillo Sin Fin*. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>
- IQCitrus. (Agosto de 2019). Obtenido de <http://iqcitrus.com/28-productos/cascara/24-cascara-deshidratada-de-naranja>
- Kern, D. Q. (1999). *Procesos de transferencia de calor. Trigésima primera impresión*. McGraw.
- KMEC. (Noviembre de 2019). *Henan Kingman M&E Complete Plant Co.,Ltd* . Obtenido de <http://www.plantaspeletizadoras.com/Secador-de-tambor-rotatorio.html>



## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

- McCabe, S. y. (1991). *Operaciones unitarias en ingeniería química. Sexta edición*. Madrid: McGraw Hill.
- Megyesy. (1992). *Manual de recipientes a presión*. México: Limusa.
- Ocon, Juaquin y Tojo, Gabriel. (s.f.). *Problemas de de ingeniería química. Tercera edición*. Agilar.
- Osorio Orellana, D. (2018). *Estudio, Puesta en marcha y Proposición de Ensayos para un Transportador de Tornillo de Laboratorio*. Valparaíso, Chile: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Perry, J. (1976). *Manual del Ingeniero Químico*. México: McGraw-Hill Book Company.
- Sales. (1972). *Cálculo de recipientes a presión*.
- Sinfines Fas. (Agosto de 2019). *Catálogo de Productos*. Obtenido de <http://www.sinfinesfas.com.ar/catalogoproductos/files/nuevo%20catalogo%20sinfines%20fas.pdf>
- SMS. (Noviembre de 2019). *High viscosity technology*. Obtenido de [https://www.sms-vt.com/uploads/media/Buss-SMS-Canzler\\_High\\_Viscosity\\_Technology\\_01.pdf](https://www.sms-vt.com/uploads/media/Buss-SMS-Canzler_High_Viscosity_Technology_01.pdf)
- Torregiani, L. (2019). *"Proyecto de instalaciones agrarias"*. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Villa María: Apunte de Cátedra de Ingeniería mecánica.
- Treybal, R. (1988). *Operaciones de transferencia de masa*. Mexico: McGraw Hill.
- TUR S. A. (Noviembre de 2019). *TUR S. A. Ingeniería y construcciones*. Obtenido de <http://tursa.com.ar/assets/catalogo-molino-a-martillos-m490.pdf>
- VTA. (Noviembre de 2019). *Evaporadores tipo película agitada*. Obtenido de <http://www.vta-process.de/es/productos/evaporadores/evaporadores-tipo-pelicula-agitada.html>

CAPÍTULO 8

---

SERVICIOS AUXILIARES

---

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## 8. SERVICIOS AUXILIARES

### 8.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se determinan los requerimientos diarios de los servicios auxiliares de agua, vapor, gas natural, aire caliente y electricidad. Además, se dimensionan y adoptan los equipos necesarios para generar estos servicios.

Se debe tener en cuenta que la planta de producción de pulpa celulósica y fibra textil, es un anexo a TECOTEX S.A, por lo tanto, los servicios tienen la misma bajada de línea que los de la industria principal, extendiéndolos hasta el sector en cuestión.

El servicio de agua dependerá de la función de la misma ya sea para el proceso o para limpieza. Para satisfacer los requerimientos de vapor del proceso, se adopta una caldera, y, en cuanto al aire, la demanda del mismo será para el calentamiento del secador rotatorio. Además, se establece la demanda de gas natural.

Finalmente, los cálculos de electricidad, abarcan tanto la energía necesaria para el funcionamiento de la planta, como así también la adopción de la luminaria apropiada.

### 8.2 SERVICIO DE AGUA

El agua empleada en la planta anexada a TECOTEX S.A proviene de perforaciones subterráneas y para extraerla se cuenta con equipos de bombeo apropiados calculados en el capítulo 7, además de que presenta una red de distribución interna.

El consumo de agua difiere según la funcionalidad, clasificándose en:

- Agua para proceso.
- Agua para limpieza (CIP).

El agua utilizada en el proceso es uno de los insumos más importantes ya que se requiere una gran cantidad, sobre todo en para realizar los lavados.

En la Tabla 179 se especifican el agua utilizada para el proceso de producción de pulpa de celulosa y fibra textil.

Tabla 179 - Consumo de agua por equipo.

EQUIPO	OPERACIÓN	CAUDAL [T/h]
R-01 a R-03	C3	47,7
	C6	16,2
A-01 a A-06	C10	114,1
R-07	C14	3,7
A-07	C19	22,3
A-08	C27	6,4
C-01	C35	3,7
C-02	C37	18,9

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 8.2.1 Tanque principal de almacenamiento de agua

Para diseñar el tanque de almacenamiento de agua se tiene en cuenta no solo el agua que se consume por día, sino también en qué momento se encuentra el pico de consumo. Dada la distribución de los consumos de agua por día se diseñó un tanque de almacenamiento de 127 m<sup>3</sup> de capacidad.

El cálculo utilizado para el diseño del tanque es el mismo que se especifica en el capítulo 7, dando como resultado las dimensiones expuestas en la Tabla 180:

Tabla 180 - Dimensiones calculadas para el tanque de agua.

PARÁMETRO	VALOR ADOPTADO
Volumen agua [m <sup>3</sup> ]	127,1
Volumen cilíndrico [m <sup>3</sup> ]	165,1
Diámetro cilíndrico [m]	5,9
Altura cilindro [m]	5,9
Altura extremos [m]	1,5
Altura tanque [m]	8,9
Volumen extremos [m <sup>3</sup> ]	27,5
Volumen tanque [m <sup>3</sup> ]	220,2
Material	Acero inoxidable
Proveedor	SIMM inoxidables

### 8.2.2 Adopción de las bombas necesarias

Como se especificó en el capítulo 7, las bombas para el abastecimiento son la B-07 y la B-15. El cálculo de las mismas se realiza de la misma forma que las demás bombas calculadas en el capítulo correspondiente. A continuación, se muestran los datos para el cálculo de cada bomba, los resultados tanto para la succión como para la descarga, los parámetros obtenidos y las características generales de la bomba adoptada.

En la Tabla 181 se muestra la B-07, correspondiente a la bomba calculada para succionar el agua subterránea y descargarla en el tanque de almacenamiento de agua calculado en el apartado anterior.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 181 - Adopción de la bomba B-07

B-07			
DATOS PARA EL CALCULO			
Caudal volumétrico [m <sup>3</sup> /h]	126,0		
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	1000		
Viscosidad [kg/m.s]	0,001		
SUCCIÓN			
Longitud total [m]	164	Accesorios	1 codo 90°
Altura de succión [m]	64		
Diámetro exterior [mm]	273,05		
Espesor de pared [mm]	9,27		
Velocidad de flujo [m/s]	0,603		
Número de Reynolds	2,457×10 <sup>5</sup>	Factor de fricción(f)	0,0165
Rugosidad relativo (e/D)	0,00018	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,409
DESCARGA			
Longitud total [m]	146	Accesorios	1 codo 90° 1 válvulas de asiento
Altura de descarga [m]	15		
Diámetro exterior [mm]	219,08		
Espesor de pared [mm]	8,18		
Velocidad de flujo [m/s]	0,937		
Número de Reynolds	2,409×10 <sup>5</sup>	Factor de fricción(f)	0,017
Rugosidad relativo (e/D)	0,00023	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,699
PARÁMETROS OBTENIDOS			
Trabajo desarrollado [m]	80,129		
Eficiencia	0,75		
Potencia [HP]	49,569		
BOMBA ADOPTADA			
Proveedor	HASA		
Tipo de bomba	Electrobomba centrifuga		
Modelo	MO65-250A		
Capacidad volumétrica máxima [l/h]	54000		
Peso [kg]	253		
Altura manométrica [m]	89,5		
Potencia [HP]	50		

La B-15 se muestra en la Tabla 182 y corresponde a la bomba para transportar la cantidad de agua requerida desde el tanque de almacenamiento a todo el proceso de producción.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 182 - Adopción de la bomba B-15

B-15			
DATOS PARA EL CALCULO			
Caudal volumétrico [m <sup>3</sup> /h]	187,2		
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	1000		
Viscosidad [kg/m.s]	0,001		
SUCCIÓN			
Longitud total [m]	135	Accesorios	1 codo 90° 1 válvulas de asiento
Altura de succión [m]	0		
Diámetro exterior [mm]	273,05		
Espesor de pared [mm]	9,27		
Velocidad de flujo [m/s]	0,888		
Número de Reynolds	2,457×10 <sup>5</sup>	Factor de fricción(f)	0,019
Rugosidad relativo (e/D)	0,00018	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,388
DESCARGA			
Longitud total [m]	470	Accesorios	3 codo 90° 6 empalme T 2 válvulas de asiento
Altura de descarga [m]	8,1		
Diámetro exterior [mm]	219,08		
Espesor de pared [mm]	8,18		
Velocidad de flujo [m/s]	1,38		
Número de Reynolds	3,285×10 <sup>5</sup>	Factor de fricción(f)	0,017
Rugosidad relativo (e/D)	0,00023	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	4,185
PARÁMETROS OBTENIDOS			
Trabajo desarrollado [m]	12,74		
Eficiencia	0,75		
Potencia [HP]	11,623		
BOMBA ADOPTADA			
Proveedor	HASA		
Tipo de bomba	Electrobomba centrifuga		
Modelo	MO65-150B		
Capacidad volumétrica máxima [l/h]	42000		
Peso [kg]	89,6		
Altura manométrica [m]	34,6		
Potencia [HP]	15		

### 8.2.3 Sistema de cañerías para el abastecimiento de agua

En el cálculo de cada bomba se especifica el diámetro de tubería a utilizar, la longitud del circuito y las pérdidas de carga correspondientes.

### 8.2.4 Sistema de limpieza CIP

Para la correcta limpieza de los elementos integrados en la línea de proceso, se incorpora un sistema de limpieza CIP ("cleaning in place"). Haciendo circular por el entramado de tubería y depósitos una solución de productos químicos.

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

La tecnología actual permite que dichos procesos se realicen de forma totalmente automatizada. Estos sistemas garantizan la repetitividad de las operaciones, con el mantenimiento adecuado de los diferentes parámetros que intervienen en dicha limpieza (SagaFluid, 2019).

Toda limpieza requiere de cuatro parámetros imprescindibles para su correcta ejecución:

- Tiempo
- Temperatura
- Acción química
- Acción mecánica

Si se varía alguno de ellos, el resto se ven alterados.

### 8.2.4.1 Funcionamiento CIP

Un sistema de limpieza CIP está compuesto por varios depósitos. Uno para la solución de ácido, otro para la solución de sosa, otro de agua recuperada y otro para agua de red que se emplea como depósito pulmón.

Por otro lado, tenemos el circuito de dosificación de ácido y sosa. La entrada de agua de red, la salida al colector para la impulsión de CIP y el retorno del CIP, creando así un circuito cerrado el cual nos permite recircular la solución durante el tiempo establecido. En general los sistemas CIP disponen de dos programas de lavado: Programa Corto y Programa Largo.

*Programa corto:*

- Primeramente, se realiza un enjuague con agua recuperada a fondo perdido, esta agua es una solución de agua + sosa obtenida de la última recirculación de la limpieza anterior. Este primer enjuague ya nos permite realizar una primera pasada por el circuito con una solución con un poder químico mayor que el agua por si sola. Además, nos permite ahorrar agua y sosa.
- En la segunda fase del programa se realiza una recirculación de agua con sosa al 2% de concentración durante el tiempo establecido.
- En tercer lugar, se realiza un enjuague con agua de red, que recuperamos en el depósito de agua recuperada y que nos servirá para realizar el primer enjuague de la próxima limpieza.

*Programa largo:* Se incorporan dos pasos más a los anteriores descriptos.

- Realizamos un lavado en recirculación con ácido.
- Una vez completado el lavado con ácido, se realiza un enjuague a fondo perdido con agua de red.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 8.2.4.2 Limpieza CIP adoptada

Teniendo en cuenta los equipos involucrados en el proceso, en los reactores tanto de digestión como de blanqueo, la suciedad consiste principalmente en residuos de cascaras y posibles restos del producto final. Por lo tanto, bastará con la utilización de un programa corto para efectuar la limpieza. Se emplea una solución de hidróxido de sodio, que presenta alta eficacia y bajo costo, a una concentración del 1,5% a 60°C.


Para la limpieza de los tanques se instalan en su interior boquillas de limpieza (sprayballs) que contienen una determinada cantidad de orificios de cierto diámetro, uniformemente distribuidos.

Para los reactores de digestión se adoptan boquillas TankJet ®, como se observa en la Figura 68 y cuyas especificaciones se muestran en la Tabla 183.



Figura 68 - Boquilla TankJet ® 63225. Fuente: Catálogo de Spraying System

Tabla 183 - Boquilla de aspersión para limpieza CIP de digestores.

BOQUILLA ASPERSIÓN DIGESTORES	
Fabricante	Tank Jet
modelo	63225
Cantidad requerida	6
Diámetro máximo del tanque [m]	4
Mínima apertura del tanque [mm]	64-102
Principio de operación	Fijo estacionario
Presión de operación [bar]	1-2,8
Máxima temperatura [°C]	204
Rango de flujo [l/min]	83-192
Cobertura del spray	 360°
Material	acero inoxidable 316L

Para el reactor de blanqueo se adoptan boquillas TankJet ®, como se observa en la Figura 69 y cuyas especificaciones se muestran en la Tabla 184.




## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química



Figura 69 - Boquilla TankJet ® D41800F. Fuente: Catálogo de Spraying System.

Tabla 184 - Boquilla de aspersión para limpieza CIP del banqueo.

BOQUILLA ASPERSIÓN BLANQUEO	
Fabricante	Tank Jet
modelo	D41800E
Cantidad requerida	1
Diámetro máximo del tanque [m]	3,7
Mínima apertura del tanque [mm]	32
Principio de operación	Velocidad constante impulsada por fluidos
Presión de operación [bar]	2-16
Máxima temperatura [°C]	150
Rango de flujo [l/min]	12-128
Cobertura del spray	 360°
Material	acero inoxidable 316L

El programa de lavado seleccionado se debe ajustar al tiempo disponible para la limpieza, es decir, una hora por equipo. En la Tabla 185 se detallan los tiempos y caudales para el programa de limpieza, adoptando un flujo de boquilla de 83 l/min para la CIP de los digestores y de 20 l/min para la del blanqueo, según el rango especificado en la Tabla 183 y la Tabla 184.

Tabla 185 - Tiempos y caudales de limpieza CIP.

ETAPA	TIMPO [min]		VOLUMEN [l]	
	DIGESTORES	BLANQUEO	DIGESTORES	BLANQUEO
Aclarado inicial: con agua recuperada del lavado anterior	15	15	1245	300
Fase alcalina: con NaOH 1,5%	30	30	2490	600
Aclarado final: con agua fresca	15	15	1245	300
TOTAL	60	60	4980	1200

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Cabe destacar que el volumen calculado en cada etapa para los digestores corresponde a cada uno de ellos, con lo cual, el cálculo del tanque se debe hacer triplicando este caudal ya que son tres reactores por batch.

En la Tabla 186 se detallan las dimensiones que deben tener los mismos, considerando la máxima capacidad y un sobredimensionamiento del 30%.

Tabla 186 - Dimensiones calculadas para los tanques de limpieza CIP.

DIMENSIONES DE LOS TANQUE CIP			
DIMENSIONES	AGUA RECUPERADA	SOLUCION NaOH	AGUA FRESCA
Volumen total [m <sup>3</sup> ]	7,0	13,9	7,0
Diámetro [m]	1,8	2,4	1,8
Altura [m]	2,8	3,5	2,8
Material	Acero inoxidable		
Proveedor	SIMM inoxidables		

### 8.2.4.3 Cálculo de la bomba para la limpieza CIP

El objetivo de esta bomba es el transporte de los fluidos empleados en la limpieza CIP a cada una de las boquillas de aspersión de los reactores cuando corresponda. En la Tabla 187 se exponen los parámetros que se utilizan para el cálculo de selección.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 187 - Adopción de la bomba de limpieza CIP.

BOMBA DE LIMPIEZA CIP			
DATOS PARA EL CÁLCULO			
Caudal volumétrico [m <sup>3</sup> /h]	151,2		
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	1000		
Viscosidad [kg/m.s]	0,001		
SUCCIÓN			
Longitud total [m]	384	Accesorios	4 codo 90° 2 empalme T 4 válvulas de asiento
Altura de succión [m]	0		
Diámetro exterior [mm]	273,05		
Espesor de pared [mm]	9,27		
Velocidad de flujo [m/s]	0,709		
Número de Reynolds	$2,457 \times 10^5$	Factor de fricción(f)	0,0168
Rugosidad relativo (e/D)	0,00018	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	0,976
DESCARGA			
Longitud total [m]	333	Accesorios	3 codo 90° 6 empalme T 2 válvulas de asiento
Altura de descarga [m]	8		
Diámetro exterior [mm]	219,08		
Espesor de pared [mm]	8,18		
Velocidad de flujo [m/s]	1,102		
Número de Reynolds	$3,285 \times 10^5$	Factor de fricción(f)	0,017
Rugosidad relativo (e/D)	0,00025	Pérdida de carga (h <sub>r</sub> ) [m]	2,965
PARÁMETROS OBTENIDOS			
Trabajo desarrollado [m]	12,015		
Eficiencia	0,75		
Potencia [HP]	8,7		
BOMBA ADOPTADA			
Proveedor	HASA		
Tipo de bomba	Electrobomba centrífuga		
Modelo	MO40-200A		
Capacidad volumétrica máxima [l/h]	9000		
Peso [kg]	81,3		
Altura manométrica [m]	58,1		
Potencia [HP]	10		

### 8.3 SERVICIO DE VAPOR

El consumo diario de vapor se detalla en la Tabla 188. El mismo está relacionado con las operaciones de digestión, blanqueo, disolución, extracción, secado y evaporación.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 188 - Consumo de vapor diario por operación.

OPERACION	CONSUMO DIARIO DE VAPOR [kg/día]
Digestión	25745,8
Blanqueo	2969,26
Disolución	3279,60
Extracción	1447,45
Secado	277,40
Evaporación	1639,00

### 8.3.1 Adopción de la caldera

La caldera se adopta en base a los requerimientos de vapor y presión necesarios. Las más usadas industrialmente son las humotubulares ya que tienen una mayor eficiencia y su mantenimiento resulta más sencillo. Las calderas acuotubulares se utilizan cuando se necesitan presiones por encima de las 22 atm. Las condiciones del vapor para cada equipo se detallan en la Tabla 189.

Tabla 189 - Condiciones del vapor requerido en cada equipo.

OPERACION	TEMPERATURA [°C]	PRESION [kg/cm <sup>2</sup> ]
Digestión	150	5
Blanqueo	80	1,029
Disolución	90	0,715
Extracción	120	2,02
Secado	140	3,6
Evaporación	120	2,025

El calor que se le debe suministrar al agua que ingresa a la caldera está dado por la siguiente Ecuación 84:

$$Q_c = Q_r + Q_b + Q_d + Q_e + Q_s + Q_{ev}$$

Ecuación 84

Donde:

$Q_c$  = Calor que debe suministrarse a la caldera [kcal/día]

$Q_r$  = Calor necesario para el vapor de la digestión [kcal/día]

$Q_b$  = Calor necesario para el vapor del blanqueo [kcal/día]

$Q_d$  = Calor necesario para el vapor de la disolución [kcal/día]

$Q_e$  = Calor necesario para el vapor de la extracción [kcal/día]

$Q_s$  = Calor necesario para el vapor del secador [kcal/día]

$Q_{ev}$  = Calor necesario por el vapor de los evaporadores [kcal/día]

En la Tabla 190 se detallan caudales, temperaturas y calores necesarios de cada etapa.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 190 – Características de las corrientes para el cálculo del vapor.

CORRIENTE	CONSUMO DIARIO DE VAPOR [kg/día]	CALOR [kcal/día]
$Q_r$	25745,8	12981033,47
$Q_b$	2969,26	1637100,62
$Q_d$	3279,6	1787816,7
$Q_e$	1447,45	451306,75
$Q_s$	277,4	142007,54
$Q_{ev}$	1639,00	861623,375
$Q_c$	35358,51	17860888,46

En base a los requerimientos del proceso, se adopta una caldera Modelo HC-HF150 perteneciente a la empresa Fontanet S.A. La misma está diseñada para quemar combustibles líquidos livianos y/o gaseosos. El hogar está dimensionado para una combustión completa con baja carga térmica. Su ubicación central, muy por debajo de los tubos superiores, garantiza una mejor circulación de agua en el interior. Posee fondo húmedo con cámara de retorno de gases totalmente refrigerada, sin partes refractarias. Para las tareas de inspección y limpieza dispone de bocas, puertas delanteras giratorias y posteriores desarmables.

Como los requerimientos de vapor son grandes y, según el esquema de trabajo, se necesitan en el mismo turno, a fines prácticos se decide adoptar dos calderas para cumplir con los requerimientos necesarios.

En la Tabla 191 se detallan características técnicas y constructivas, mientras que en la Figura 70 exhibe el modelo adoptado.

Tabla 191 – detalles técnicos y constructivos de la caldera seleccionada.

CALDERAS	
Tipo	Humotubular de tres pasos fondo húmedo
Construcción	Tipo paquete (equipos auxiliares incorporados)
Materiales	Según códigos europeos y americano
Combustible	Líquido y/o gas
Capacidad térmica máxima [kcal/h]	7400000
Producción de vapor [T/h]	16,5
Volumen de agua de la caldera [m <sup>3</sup> ]	30,9
Presión de trabajo [atm]	4,93
Rendimiento térmico	87%
DETALLES DE CONSTRUCCION	
Largo total [m]	8,7
Ancho total [m]	4,7
Alto total [m]	4,05
Peso sin agua [T]	28,9
Proveedor	Fontanet S.A.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

## Proyecto final de grado – Ingeniería química



Figura 70 – Modelo HC-HF de caldera adoptada. Fuente: Calderas Fontanet S.A.

La cañería principal de distribución de del vapor es la que se detalló en el capítulo 7 correspondiente al ingreso de vapor en el digestor.

### 8.4 SERVICIO DE AIRE CALIENTE

Para el aire caliente necesario en el secador rotatorio, se adopta un equipo llamado "Generador de aire caliente Wayler, Serie GAC" el mismo es fabricado por la empresa AMERICAN BURNERS. Éstos generadores constan 2 unidades, la de combustión y la de ventilación. Se pueden obtener distintos volúmenes de aire, a distintas franjas de temperatura, por lo cual, son los más adecuados para procesos industriales donde se requiera secar.

Su geometría los hace aptos para trabajar en forma vertical u horizontal, con flujos de aire ascendente o descendente. Son ideales para ser acoplados a conductos como directamente acoplados a las cámaras u hornos donde se los apliquen.

Las unidades ventiladores, se presentan con ventiladores del tipo autolimitantes y las unidades de combustión se las presenta en una cámara ducto que las contiene, encontrándose en su interior un quemador de aire. Estas unidades de combustión, proporcionan siempre una llama muy corta y adherida a los difusores de llama, con lo que se consigue siempre una correcta combustión sin necesidad de cámaras de combustión.

En la Tabla 192 se detallan las características del generador de aire adoptado y se puede visualizar en la Figura 71 junto con la representación de las dimensiones.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 192 – Características generales del generador de aire adoptado.

GENERADOR DE AIRE	
Marca	AMERICAN BURNERS
Modelo	GAC
Tipo	Ducto bridado. Ventilador de combustión y ventilador de proceso.
Capacidad [kcal/h]	700.000
Velocidad máxima [m/s]	30
Motor	Trifásico, 220 V
Dimensiones (A x B x C) [m]	0,55 x 0,55 x 0,025
Caudal de aire [kg/h]	28.000

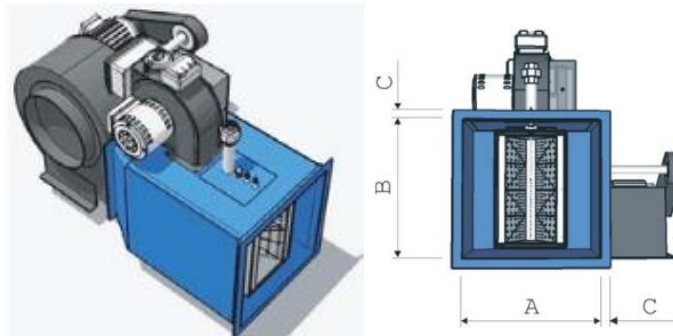


Figura 71 – Modelo de generador adoptado. Fuente: American Buerners.

### 8.5 SERVICIO DE GAS NATURAL

La planta de TECOTEX S.A cuenta con una estación reguladora de presión y cañerías de distribución interna de gas natural, el servicio de gas está a cargo de la empresa Tucumana, GASNOR S.A. En el proceso el gas, en la planta anexada, se utiliza en la caldera y en menor medida en el secador.

Para calcular el consumo diario de gas se utiliza la siguiente Ecuación 85:

$$C_g = \frac{C_p}{P_c \eta}$$

Ecuación 85

Donde

$C_g$  = Consumo de gas en el proceso [ $m^3$ /día]

$C_p$  = Consumo de gas en las instalaciones [kcal/día]

$P_c$  = Poder calorífico del gas natural [kcal/ $m^3$ ]

$\eta$  = Rendimiento (valor supuesto)

En la Tabla 193 se detallan los valores de consumo y los parámetros utilizados para el cálculo del total de gas natural requerido.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 193 – Consumo de gas natural.

CONSUMO DE GAS NATURAL	
Consumo de gas [kcal/día]	2,2×10 <sup>7</sup>
Poder calorífico del gas natural [kcal/m <sup>3</sup> ]	9500
Rendimiento	85 %
Consumo de gas natural [m <sup>3</sup> /día]	2750

La cañería principal de distribución de gas natural a toda la planta es de acero, con un diámetro de 2 in. La cañería de derivación a la caldera es de 1 ½ in de diámetro, mientras que la de distribución a las instalaciones es de ¾ in de diámetro y de polietileno.

## 8.6 SERVICIO DE ELECTRICIDAD

La energía eléctrica de la plata de TECOTEX SA se encuentra a cargo de la empresa de energía de Tucumán EDET SA. La misma cuenta con líneas de suministro de media y baja tensión, además de una red interna de distribución e instalaciones de iluminación. Para la planta de pulpa de celulosa y fibra textil, cuenta con la instalación de iluminación correspondiente a cada a sector y la conexión trifásica requerida para aquellos equipos que estén provistos de motores.

### 8.6.1 Descripción de la instalación eléctrica

Para el correcto funcionamiento de la instalación eléctrica son necesarios una serie de elementos:

#### 8.6.1.1 Tableros

En una instalación eléctrica, los tableros eléctricos son la parte principal. En los tableros eléctricos se encuentran los dispositivos de seguridad y los mecanismos de maniobra de dicha instalación. Son gabinetes en los que se concentran los dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, medida, señalización y distribución, todos estos dispositivos permiten que una instalación eléctrica funcione adecuadamente.

Dos de los constituyentes de los tableros eléctricos son: el medidor de consumo (mismo que no se puede alterar) e interruptor, que es un dispositivo que corta la corriente eléctrica una vez que se supera el consumo contratado.

Una importante medida de seguridad para los tableros eléctricos es la instalación de interruptores de seguridad, distintos del interruptor antes mencionado. Dichos interruptores suelen ser de dos tipos: termomagnético, que se encarga de proteger tanto el tablero eléctrico como la instalación de variaciones en la corriente, y diferencial, que está dirigido a la protección de los usuarios.

Según su ubicación en la instalación eléctrica, los tableros eléctricos se clasifican en:



## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

- Tablero principal: Opera toda la instalación, este tablero está conectado a la línea eléctrica principal y de él se derivan los circuitos secundarios. Este tablero contiene el interruptor principal capaz de cortar todo suministro de energía.
- Tablero seccional: Opera circuitos y son alimentados directamente por el tablero principal. Son auxiliares en la protección y operación de subalimentadores.
- Tablero subseccional: Opera solo una parte del circuito.

Para la planta de producción anexada a TECOETX SA, se dispondrán de tableros seccionales para operar los circuitos de las diferentes áreas de producción, servicios auxiliares, entre otras. Las líneas necesarias son las siguientes:

- Línea principal: se caracteriza por conectar el medidor de energía con el tablero principal de TECOTEX SA. El tendido del mismo es subterráneo, y se ubica a 80 cm de la superficie, recubierto con caños de PVC.
- Línea de iluminación: del tablero principal se deben derivar líneas para la iluminación de la nave industrial y la parte administrativa; las mismas son monofásicas. Los cables se tienden dentro de tuberías livianas empotradas en el interior de los muros.
- Línea a los equipos: son líneas trifásicas responsables de alimentar los motores empleados en la planta, ya sean de bombas, agitadores, molinos entre otros. No se encuentran empotradas sino sobre las bandejas correspondientes.

### 8.6.1.2 Toma corriente

Es todo lugar donde se consume energía eléctrica, se calcula la potencia requerida para los tomacorrientes fijando los Watts [W] de salida. Para oficinas y usos generales se usarán tomacorrientes para 150 y 300 W, mientras que en la zona de producción son de 1000 W.

### 8.6.1.3 Conductores eléctricos

Son los encargados de dirigir la corriente a todos los componentes de la instalación eléctrica. El material principal con el que están fabricados es con cobre (por su alto grado de conductividad) aunque también se utiliza el aluminio (por su menor costo). Los componentes del cable son:

- Conductor eléctrico: parte que transporta la electricidad y puede estar constituido por uno o más hilos de cobre o aluminio.
- Aislamiento: parte que recubre el conductor, se encarga de que la corriente eléctrica no se escape del cable y sea transportada de principio a fin por el conductor.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

- Capa de relleno: se encarga de que el cable conserve un aspecto circular ya que en muchas ocasiones los conductores no son redondos o tienen más de un hilo. Con la capa de relleno se logra un aspecto redondo y homogéneo.
- Cubierta: material que protege al cable de la intemperie y elementos externos.

### 8.6.2 Consumo de energía eléctrica de los equipos

Se especifica, en la Tabla 194, el consumo de potencia mensual de cada equipo considerando la cantidad de equipos que funcionan simultáneamente, la potencia y las horas de funcionamiento.

Tabla 194 – Consumo de energía eléctrica por equipo.

EQUIPO	NÚMERO DE EQUIPOS EN SIMULTÁNEO	POTENCIA [kW]	FUNCIONAMIENTO		CONSUMO [kWh/mes]
			[h/día]	[días/mes]	
M – 01	1	22,3710	6	30	4026,7800
R – 01 a R – 06	3	3,9149	1	30	117,4478
R – 07	1	7,4570	0,83	30	185,6793
S – 01	1	2,2000	8	30	528,0000
S – 02	1	5,5000	2,5	30	412,5000
Línea fibra textil	1	131,9889	2,33	30	9226,0241
E – 01 y E -02	1	150,0000	5	30	22500,0000
POTENCIA TOTAL [kW]		323,4318	CONSUMO MENSUAL DE ENERGÍA [kWh]		36996,4312

En la Tabla 195 se detalla el consumo de potencia mensual de cada bomba considerando la potencia y las horas de funcionamiento.

Tabla 195 – Consumo de energía eléctrica de las bombas.

EQUIPO	POTENCIA [kW]	FUNCIONAMIENTO		CONSUMO [kWh/mes]
		[h/día]	[días/mes]	
B – 01	2,2371	0,5	30	33,5565
B – 02	4,1014	0,25	30	30,7601
B – 03	1,1186	0,25	30	8,3891
B – 04	0,3729	0,25	30	2,7964
B – 05	1,1186	0,25	30	8,3891
B – 06	0,5593	0,25	30	4,1946
B – 07	37,2850	1	30	1118,5500
B – 08	4,1014	0,25	30	30,7601
B – 09	4,1014	0,25	30	30,7601
B – 10	2,2371	0,5	30	33,5565
B – 11	2,2371	0,25	30	16,7783
B – 12	4,1014	0,25	30	30,7601
B – 13	1,1186	0,5	30	16,7783
B – 14	1,4914	0,5	30	22,3710
B – 15	11,1855	1,5	30	503,3475
B - CIP	7,4570	2	30	447,4200
POTENCIA TOTAL [kW]	84,8234	CONSUMO MENSUAL DE ENERGÍA [kWh]		2339,1977

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 8.6.3 Consumo de energía eléctrica en iluminaria

El propósito del servicio de iluminación en la industria, es brindar una visibilidad eficiente y cómoda permitiendo de esta manera realizar el trabajo en forma adecuada y creando un ambiente seguro; una buena iluminación presenta ventajas tanto para el trabajador como para la empresa. En el trabajador, protege su capacidad visual, evita la fatiga ocular y disminuye los accidentes, mientras que en el caso de la empresa colabora con la disminución de errores, facilita la limpieza y el mantenimiento de las distintas áreas, mejorando a su vez la utilización de espacios.

El costo de la iluminación depende del tipo de luz que se utilice, de la geometría y el tipo de la iluminación, y de las características del entorno.

La intensidad mínima de iluminación, medida sobre el plano de trabajo, ya sea éste horizontal, vertical u oblicuo, depende de la dificultad de la tarea visual y el destino del local (Ley 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo).

#### 8.6.3.1 Nivel de iluminación necesario para cada ambiente

Para determinar el nivel de iluminación necesario para cada sector, se debe tener en cuenta las dimensiones y el flujo luminoso necesario de acuerdo al trabajo que se realiza. El nivel de iluminación se mide en lux [ $\text{lm}/\text{m}^2$ ] y surge del cociente entre el flujo luminoso (lumen) y el área de la superficie iluminada. En la Tabla 196 se detallan los niveles mínimos de intensidad media de iluminación para diversas clases de tarea visual basados en la norma IRAM-AADL J 20-06.

Tabla 196 - Nivel de iluminación según la tarea a realizar.

TAREA VISUAL	NIVEL DE ILUMINACIÓN [lux]	EJEMPLOS
Tareas intermitentes ordinarias y fáciles, con contrastes fuertes.	150	Trabajos simples, intermitentes y mecánicos, inspección general y contado de partes de stock, colocación de maquinaria pesada
Tarea moderadamente crítica y prolongadas, con detalles medianos	350	Trabajos medianos, mecánicos y manuales, inspección y montaje; trabajos comunes de oficina, tales como: lectura, escritura y archivo.
Tareas severas y prolongadas y de poco contraste	750	Trabajos finos, mecánicos y manuales, montajes e inspección; pintura extrafina, sopleteado, costura de ropa oscura.
Tareas muy severas y prolongadas, con detalles minuciosos o muy poco contraste	1500	Montaje e inspección de mecanismos delicados, fabricación de herramientas y matrices; inspección con calibrador, trabajo de molienda fina.
Tareas excepcionales, difíciles o importantes	5000	Casos especiales como iluminación del campo operatorio en una sala de cirugía.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 8.6.3.2 Selección del tipo de lámparas

El tipo de lámpara a utilizar en cada sector se describe a continuación:

- Para zonas cubiertas (depósitos, almacenamiento) se emplean lámparas tipo vapor de mercurio cuya potencia sea de 250W y flujo luminoso de 13.000 lúmenes. Modelo HQL E40-Osram.
- Para zonas cubiertas (baños, vestuarios, oficinas, laboratorios) se emplean tubos fluorescentes cuya potencia es de 110W y el flujo luminoso de 8.800 lúmenes. Modelo Philips TPS-462.
- Para zonas cubiertas de producción y zonas a la intemperie se emplean lámparas de tipo vapor de mercurio de 400W y flujo luminoso de 22.000 lúmenes. Modelo HQL E40-Osram.

### 8.6.3.3 Numero de lámparas y consumo eléctrico

Se necesita determinar el número de lámparas necesarias para cada sector de la planta de acuerdo al nivel de iluminación requerido en cada uno. Para ello se utiliza la Ecuación 86.

$$N^{\circ} \text{ lámparas} = \frac{E S}{F_m F_u I_l}$$

Ecuación 86

Donde:

$E$  = Nivel de iluminación requerido en el sector [lx], es decir, iluminación deseada en luz dependiendo del tipo de actividad realizada.

$S$  = Superficie del sector [m<sup>2</sup>].

$F_m$  = Factor de mantenimiento.

$F_u$  = Factor de utilización.

$I_l$  = Flujo luminoso de la lámpara utilizada [lm].

El factor de mantenimiento o factor de conservación es un coeficiente que depende del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. En los alumbrados interiores, la polución del ambiente es reducida, debido a esto se recomienda utilizar un factor del 90% para luminaria cerrada y 80% para la abierta. En los alumbrados exteriores el factor que se emplea es menor, siendo de 60% cuando la polución es importante, 70% cuando es moderada y 80% si es reducida.

El factor de utilización es una medida de la eficiencia de una luminaria en la transferencia de energía lumínica al plano de trabajo en un área determinada. Para su cálculo se utiliza la Ecuación 87:

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

$$k = \frac{l a}{h_m (l + a)}$$

Ecuación 87

Donde:

$l$ = largo del sector [m].

$a$ = ancho del sector [m].

$h_m$ = altura del montaje de la luminaria sobre el plano de trabajo [m].

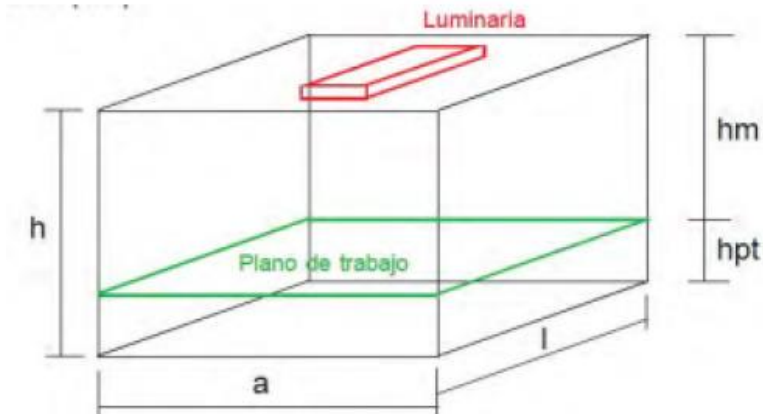


Figura 72 - Representación de las dimensiones.

Además, se debe conocer la reflectancia de las paredes y del techo del sector, adoptándose un factor de 0,3 para el techo (medio) y 0,5 para las paredes (claro) en los sectores que así lo requieran.

A partir de  $k$  y el factor de reflexión se ingresa a una tabla y se obtiene el factor de utilización.

En la Tabla 197 se detallan las características de luminarias empleadas en cada sector y el correspondiente número de lámparas necesarias.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 197 - Cálculo del número de lámparas.

Sector	E [lx]	S [m <sup>2</sup> ]	F <sub>m</sub>	F <sub>u</sub>	I <sub>l</sub>	N° lámparas
Celulosa I	350	1232	0,9	0,7	22000	31
	350	115	0,9		22000	3
	350	532	0,9		22000	13
Celulosa II	250	168	0,7	0,6	22000	5
Fibra textil I	350	900	0,9	0,7	22000	23
Fibra textil II	250	216	0,7	0,63	22000	6
Calderas	200	324	0,8	0,67	22000	5
Pasillo	150	408	0,8	0,6	13000	10
	150	72	0,7		13000	2
	150	130	0,7		13000	4
Materia Prima	200	231	0,7	0,63	22000	5
Insumos Celulosa	150	231	0,7	0,63	22000	4
Insumos fibra textil	150	294	0,7	0,67	22000	4
Ruta camiones	150	312	0,7	0,6	13000	9
Vestuarios y baños	150	80	0,9	0,46	8800	3
Comedor	150	14	0,9	0,46	8800	1
Sala mantenimiento	800	72	0,8	0,46	13000	12
Limpieza CIP	250	168	0,7	0,6	22000	5
Sala control PLC	500	25	0,8	0,5	13000	2

A partir de los resultados de la tabla anterior, se concluye que son necesarias un total 145 lámparas, de las cuales 102 son del modelo HQL E40-Osram con 400W, 39 son de 250W pertenecientes al modelo HQL E40-Osram y los 4 restantes con 110W del modelo Philips TPS-462.

En la Tabla 198 se especifica el consumo eléctrico a la partir de la luminaria.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 198 - Consumo eléctrico en iluminarias.

Sector	Funcionamiento [h/día]	Nº lámparas	Potencia [Kw]	Consumo [kWh/día]
Celulosa I	16	47	0,4	300,8000
Celulosa II	16	5	0,4	29,0909
Fibra textil I	16	23	0,4	145,4545
Fibra textil II	16	6	0,4	35,6215
Calderas	16	5	0,4	35,1696
Pasillo	16	16	0,25	64,0000
Materia Prima	16	5	0,4	30,4762
Insumos Celulosa	16	4	0,4	22,8571
Insumos fibra textil	16	4	0,4	27,3541
Ruta camiones	16	9	0,25	34,2857
Vestuarios y baños	16	3	0,11	5,7971
Comedor	16	1	0,11	1,0145
Sala mantenimiento	16	12	0,25	48,1605
Limpieza CIP	16	5	0,4	29,0909
Sala control PLC	16	2	0,25	9,6154
CONSUMO TOTAL [kWh/día]				818,7882

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 8.7 REFERENCIAS

- AMERICAN BURNERS S.A.* (Octubre de 2019). Obtenido de <https://www.rubcarborgehi.com.ar/assets/seriegac2.pdf>
- Bombas HASA S.A.* (Octubre de 2019). Obtenido de <https://www.bombahasa.com/imag/cat-tecnico/120-MO-ct.pdf>
- EDET.* (Noviembre de 2019). Obtenido de <https://www.edetsa.com/edet/>
- Fontanet* . (Noviembre de 2019). Obtenido de <http://www.calderasfontanet.com.ar/es/calderas-industriales/hc-hf>
- GASNOR.* (Noviembre de 2019). Obtenido de <https://www.gasnor.com/pagina/5/oficinas>
- Humanos, M. d. (Octubre de 2019). *InfoLEG.* Obtenido de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/30000-34999/32030/dto351-1979-anexo4.htm>
- López, B. (Noviembre de 2019). *ingenieriaindustrialonline.* Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/iluminaci%C3%B3n/Masvoltaje>
- Masvoltaje.* (Abril de 2016). Obtenido de <https://masvoltaje.com/blog/tipos-de-cables-electricos-que-existen-n12>
- quiminet.* (Octubre de 2019). Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/los-tableros-electricos-sus-tipos-y-aplicaciones-segun-el-uso-de-la-energia-electrica-2586331.htm>
- SagaFluid.* (Octubre de 2019). Obtenido de <https://sagafluid.com/sistema-limpieza-cip/>



CAPÍTULO 9

---

OBRAS CIVILES

---

# **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## 9. OBRAS CIVILES

### 9.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se describen las obras civiles a realizar en el terreno seleccionado, donde se instalará la planta de producción de pulpa de celulosa y fibra textil. El mismo corresponde a una sección contigua a la planta de TECOTEX S.A. Se detalla, además, la distribución física de todas las áreas que la conforman. Ésta distribución, tiene muchas consecuencias prácticas y estratégicas, adicionalmente facilita el flujo de materiales, aumenta la eficiencia en la implementación de mano de obra y equipos, al mismo tiempo que reduce los riesgos y peligros para los trabajadores.

Los sectores con los que cuenta la planta se detallan a continuación:

- Producción de pulpa de celulosa.
- Producción de fibra textil.
- Zona de materias primas.
- Zona de insumos de pulpa de celulosa.
- Zona de insumos de fibra textil.
- Sala de calderas.
- Sala de control PLC.
- Sala de mantenimiento.
- Zona de limpieza CIP.
- Baños y vestuarios.
- Comedor.

### 9.2 REQUISITOS DE ESPACIO

La ubicación de la planta de fibra textil se determinó, después de un detallado estudio, en el capítulo 3 y se concluyó que la misma se encontraría anexada al terreno de TECOTEX S.A, lo cual significa que geográficamente se localiza en el predio de la ciudad de San Isidro de Lules, Tucumán.

En la Figura 73 se observa una vista aérea del predio general de TECOTEX S.A en San Isidro de Lules, Tucumán.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química



Figura 73 - Vista aérea del predio general de TECOTEX S.A. Fuente: Google Earth

## 9.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTABLECIAMIENTO.

La localización de la planta es geográficamente estratégica, debido a la cercanía con las rutas, tanto provinciales como nacionales, y a la cercanía a la capital de la provincia de Tucumán, la cual se ubica a 20 km de la localidad de San Isidro de Lules. La planta de TECOTEX S.A tiene su acceso principal sobre la Ruta Provincial N°301

El terreno seleccionado, dentro del predio disponible, se encuentra delimitado en la Figura 74. Sus dimensiones son de 110,5 m x 52 m. Dentro de las mismas se encuentran todos los sectores descriptos anteriormente y, además, una ruta para el ingreso de los camiones para la descarga de materia prima e insumos a utilizar.

Las consideraciones a tener cuenta para la selección del terreno son las siguientes:

- Maximizar la funcionalidad de cada sector y de la planta en su totalidad.
- Minimizar el área cubierta y los desplazamientos de vehículos y personal.
- Tener en cuenta futuras ampliaciones e incorporaciones de equipos.
- Promover una eficiente comunicación entre las áreas y las personas que allí se encuentran.
- Facilitar el flujo de corrientes y de información.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

## Proyecto final de grado – Ingeniería química



Figura 74 - Terreno seleccionado para construir la planta de producción de fibra textil. Fuente: Google Earth

### 9.4 DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS

El proceso de producción de fibra textil puede dividirse en dos sectores, el primero, donde se procesa la cáscara de cítricos para obtener la pulpa de celulosa y la segunda, en la cual se obtiene la fibra propiamente dicha. Los dos sectores no requieren de muchas restricciones y pueden ubicar dentro del mismo edificio. En cuanto a la materia prima y los insumos, se ubican fuera del edificio principal ya que la materia prima puede almacenarse al aire libre y, además, se utiliza el mismo día en la que se recibe. En cuanto a los insumos, los mismos permanecen en tanques de almacenamiento hasta el momento de su utilización sin necesidad de ningún cuidado particular.

La instalación debe contar, además, con las salas mínimas requeridas por el personal para la realización y control de su trabajo como sala de calderas, mantenimiento, control de control. Se requiere también un sector donde se encuentran los tanques correspondientes a la limpieza CIP del proceso y espacios de usos comunes para los empleados como comedor, baños y vestuarios.

Se prevé compartir sector con la industria general, ya que no se justifica la creación de nuevas instalaciones en lo que concierne la cocina, sala de descanso de personal, laboratorio general, oficinas administrativas y estacionamiento. El predio cuenta con servicios de energía eléctrica, red de comunicaciones (teléfono, internet), control de ingreso y seguridad; por lo que se realizarán las bajadas de líneas correspondientes según los requerimientos.

Al planificar la distribución, se busca optimizar el manejo de materiales, de manera tal que la línea principal de proceso recorra siempre distancias cortas. Además, para facilitar

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

el mantenimiento de equipos, se tienen en consideración los espacios adecuados y accesos a todas las unidades.

En la Tabla 199 se detallan los sectores necesarios para la planta de producción de fibra textil. Se toman en cuenta las dimensiones específicas de cada equipo y se dejó espacio suficiente para la circulación en forma de corredores y accesos.

Tabla 199 - Dimensiones de las áreas requeridas.

SECTOR		DIMENSIONES [m]	AREA [m <sup>2</sup> ]
Celulosa	I	44 x 28	1232
		5 x 23	115
	II	19 x 28	532
Fibra textil	I	12 x 14	168
	II	50 x 18	900
Materia prima		18 x 12	216
Insumos	Celulosa	16,5 x 14	231
	Fibra textil	16,5 x 18	297
Sala de calderas		16,5 x 14	231
Limpieza CIP		18 x 18	324
Taller de mantenimiento		12 x 14	168
Pasillo		6 x 12	72
Ruta camiones		96,5 x 6	579
Sala control PLC		6 x 52	312
Comedor		5 x 5	25
Vestuarios y baños		3,5 x 4	14
Tratamiento de efluentes		8 x 10	80
Tratamiento de efluentes	Neutralización	7 x 7	49
	Laguna	82 x 41	3362
TOTAL			8907

En la Figura 75 se esquematiza una representación de las áreas de la planta descritas en la tabla anterior. Cabe destacar que la figura es descriptiva, no se encuentra a escala.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

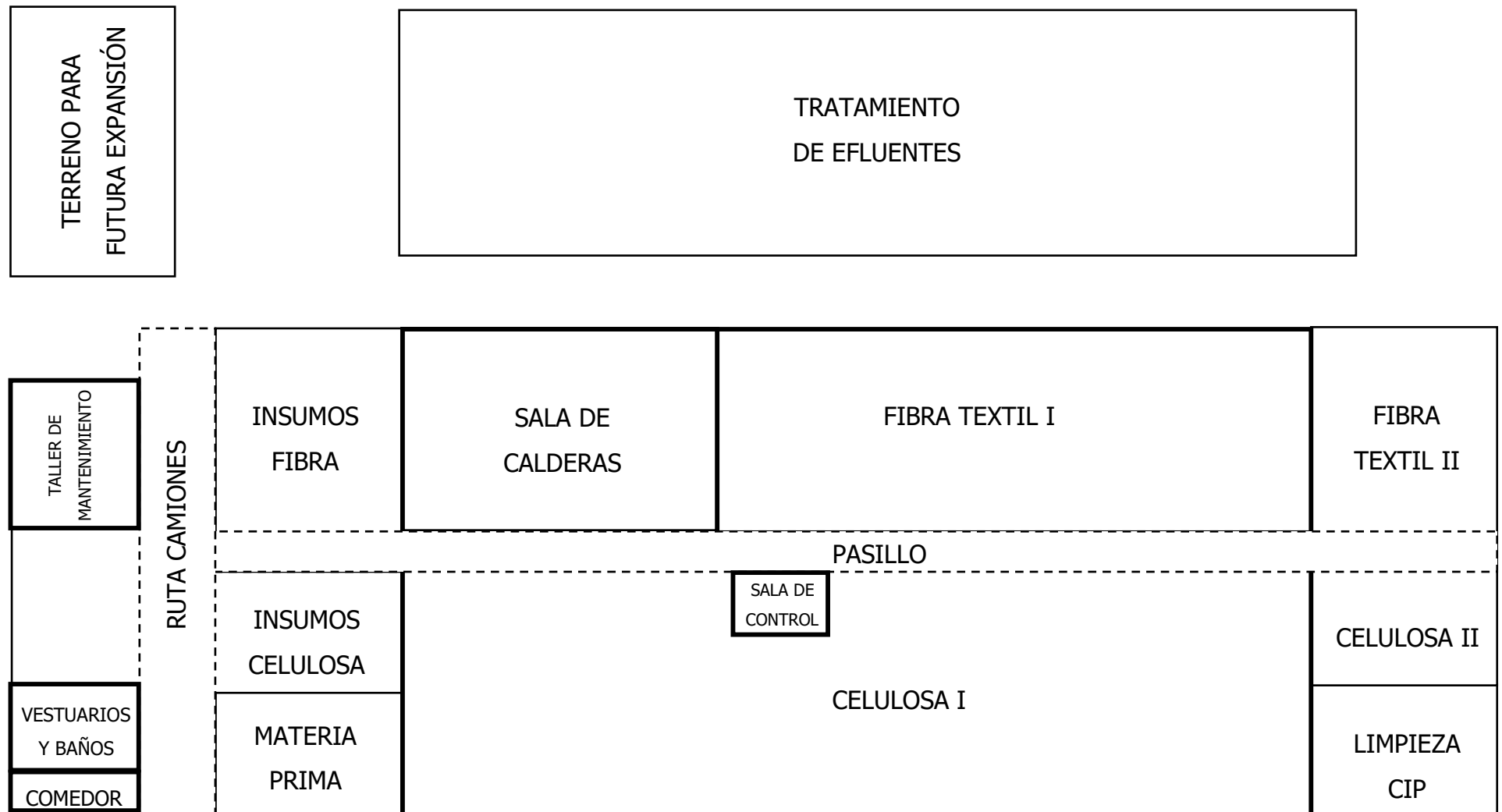


Figura 75 - Esquema representativo de las áreas de la planta.

# **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## 9.4.1 Producción pulpa de celulosa

### 9.4.1.1 Celulosa I

Este sector incluye las zonas de producción de pulpa de celulosa propiamente dicha. En la misma se encuentran el molino, los seis digestores con sus correspondientes tanques auxiliares, el reactor de blanqueo con su tanque auxiliar, el deshidratador y el secador. Las características constructivas de este sector se detallan a continuación:

- Los pisos son de hormigón con endurecimiento de superficie para obtener resistencia a la carga de los equipos, revestidos y pintados con pintura epoxi; además cuentan con declive, rejilla y desagües.
- Las paredes externas son de bloques de hormigón de 19x19x39 cm revocadas y pintadas con pintura epoxi del lado interno. Por otro lado, las paredes interiores de ladrillo común macizo de 15 cm, revocadas y pintadas.
- Los ángulos de unión entre piso y pared son redondeados para facilitar la limpieza y evitar la acumulación de suciedad.
- El techo del sector como en el caso anterior es de chapa de zinc a dos aguas y con desagües pluviales de PVC.
- La distancia entre los equipos es una vez y medio el diámetro del equipo más grande.
- La distancia de cada equipo a la pared es de 4 m para facilitar la limpieza y mantenimiento de los mismos.
- Entre cada línea de quipos, hay un pasillo de 6 m para facilitar el acceso y el mantenimiento de los mismos.
- La ventilación consiste en rejillas con mallas metálicas para prevenir el ingreso de insectos.
- Al final de la última línea de equipos, se encuentra un portón corredizo de 6 m para el acceso de algún vehículo por si es necesario cambiar alguna bomba o cualquier otra tarea que lo requiera.

### 9.4.1.2 Celulosa II

Corresponde a un sector a la intemperie donde se encuentra el tanque auxiliar de almacenamiento de la pulpa de celulosa obtenida, para usar el día siguiente. En el mismo se realiza, también, la mezcla con el solvente y agua necesarios para el proceso de obtención de la fibra textil. El tanque está distanciado de la pared del galpón principal en 4 m para facilitar el acceso para su mantenimiento. Los pisos son de hormigón con endurecimiento de superficie para obtener alta resistencia frente a la carga.

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 9.4.2 Producción de fibra textil

#### 9.4.2.1 Fibra textil I

En este sector se encuentra la línea de producción de fibra textil, en la cual se encuentran integrados en un solo equipo las operaciones de extrusión, baño de coagulación, lavado, secado y bobinado. Luego, se encuentra un pasillo de 6 m y la zona de recuperación del solvente utilizado en el proceso, la parte de mezclado y filtración del mismo. La sección tiene un área total de 900 m<sup>2</sup> y está separada del sector de celulosa I por el portón mencionado anteriormente. Las características contrastivas de este sector son exactamente las mismas que las detalladas en el sector celulosa I.

#### 9.4.2.2 Fibra textil II

Corresponde a una zona de 216 m<sup>2</sup> ubicados a la intemperie, contigua al sector anterior, donde se encuentran el reactor de extracción en el cual ingresa la mezcla del tanque del sector celulosa II, se produce la reacción correspondiente y su producto es enviado a la línea ubicada en el sector anterior. En esta área se encuentran, también, el evaporador doble efecto utilizado en la recuperación de NMMO. La elección de poner estos dos equipos fuera del galpón principal se debe a las grandes dimensiones de los mismos. Cabe destacar que los mismos se encuentran separados 4 m de la pared de sector fibra textil I para facilitar acceso y mantenimiento de los mismos. Los pisos son de hormigón con endurecimiento de superficie para obtener alta resistencia frente a la carga.

### 9.4.3 Materia prima

Espacio a la intemperie correspondiente al almacenamiento de las cáscaras de cítricos en pilas, se eligió un almacenamiento a la intemperie ya que las cáscaras pueden estar expuestas al aire varios meses antes de descomponerse. Tiene un área de 231 m<sup>2</sup> y está ubicada al lado de la ruta de ingreso de los camiones para facilitar la descarga, ya que los mismos llegan a la planta todos los días para ser procesados el mismo día.

### 9.4.4 Insumos celulosa

Sector ubicado al lado de la pila de materia prima, a la intemperie, y contigua al sector de producción de pulpa de celulosa donde se encuentran los tres tanques correspondientes a los insumos utilizados en la producción, ubicados en dos filas. Dos de los mismos contiene el hidróxido de sodio, separados entre sí una vez y media del diámetro, y uno de ellos el peróxido de hidrogeno, separado de los otros dos por un pasillo de 6 m. Los mismos se encuentran separados de la pared 4 m. Contiguo al tanque de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> se encuentra el tanque de abastecimiento de agua, que contiene el agua extraída del pozo ubicado debajo de este taque. Esta sección está ubicada junto a la



## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

ruta de camiones para facilitar la descarga de los insumos. Los pisos son de hormigón con endurecimiento de superficie para obtener alta resistencia frente a la carga.

### 9.4.5 Insumos fibra textil

Sector ubicado contiguo al sector de insumos de pulpa de celulosa donde se encuentran los tres tanques correspondientes de almacenamiento del solvente, ubicados en dos filas. Dos de los mismos contiene el solvente nuevo descargado de los camiones, separados entre sí una vez y media del diámetro, y el otro contiene el NMMO recuperado, separado de los otros dos por un pasillo de 6 m. Los mismos se encuentran separados de la pared 4 m. Esta sección está ubicada junto a la ruta de camiones para facilitar la descarga del solvente y separado del sector de insumos de celulosa por el portón corredizo mencionado anteriormente. Los pisos son de hormigón con endurecimiento de superficie para obtener alta resistencia frente a la carga.

### 9.4.6 Sala de calderas

La sala de caldera se construye de acuerdo a las dimensiones de estos equipos, por lo que tendrá un tamaño de 18 x 18 m y un techo a los 4,5 m, altura suficiente para los requerimientos de mantenimiento. Por requisitos de seguridad, éste dispone de una construcción de baja resistencia mecánica (como máximo la mitad de la resistencia de las paredes), ya que, en caso de explosión se pretende que el techo vuele. Se instalan ventilaciones a 0,3 y a 0,5 m del techo y del suelo, respectivamente. En esta superficie se tiene en cuenta el espacio necesario para una oficina para el calderista.

### 9.4.7 Limpieza CIP

Sector contiguo al edificio de celulosa I, separado de la pared en 4 m, y ubicado antes del tanque auxiliar del sector celulosa II. En él se encuentran los tres tanques correspondientes a la limpieza CIP del proceso. Tiene un área de 168 m<sup>2</sup> y pisos de hormigón con endurecimiento de superficie para obtener alta resistencia frente a la carga.

### 9.4.8 Taller de mantenimiento

Para el taller de mantenimiento se provee un espacio de 6x12 m (72 m<sup>2</sup>), el cual se considera suficiente para ubicar las distintas herramientas y equipos. Las características constructivas son las mismas que las descritas en los sectores de producción.

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 9.4.9 Sala control PLC

El sector de control PLC se ubica en dentro de la producción de celulosa al lado del pasillo principal que separa fibra textil de celulosa, cuenta con un área de 25 m<sup>2</sup> y las siguientes características contractivas:

- Paredes externas de ladrillo tipo block de 15 cm.
- Chapa precintada de 15 mm como recubrimiento.
- Piso de hormigón revestido de baldosas cerámicas esmaltadas antideslizantes.

### 9.4.10 Comedor

La planta cuenta con un comedor, el cual tiene una superficie de 14 m<sup>2</sup>, y si bien no posee servicio diario, tiene los electrodomésticos necesarios como heladera, microondas y cocina para que el personal desayune, almuerce y consuma sus colaciones durante los descansos. El mobiliario incluye bajo mesada, mesas y sillas para hasta 15 personas, como así también la totalidad de los utensilios necesarios.

Las características constructivas del sector son:

- Paredes externas con bloques de hormigón de 19x19x39 cm.
- Terminaciones en ambos lados con revoque grueso, fino y pintura látex. En la parte de la mesada del comedor presentan, además, un recubrimiento con azulejos hasta los 2 m.
- Techo a los 3 m con hormigón, revoque y pintura impermeabilizante.
- Piso de hormigón revestido de baldosas cerámicas esmaltadas antideslizantes.
- Aberturas de aluminio.
- Instalación de electricidad, gas natural y agua corriente.

### 9.4.11 Vestuarios y baños

Por detrás del comedor se encuentran dos baños, uno femenino y otro masculino, anexados a cada vestuario correspondientemente. Los mismos tiene un área total de 80 m<sup>2</sup> y sus características son:

- Las paredes externas son de bloques de hormigón de 19x19x39 cm, revestidas del lado interior y con los azulejos hasta 1,5 m, el resto con pintura epoxi. Por otro lado, las paredes interiores son de ladrillo común macizo de 15 cm, revocadas, revestidas del lado interior con azulejos hasta 1,5 m y el resto es de pintura epoxi.
- Los pisos son de hormigón revestidos con baldosas cerámicas esmaltadas antideslizantes y cuentan además con rejilla para el desagüe.

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

- La ventilación consiste en rejillas con mallas metálicas para prevenir el ingreso de insectos.
- Las aberturas son de aluminio, de hoja simple de 70 cm que abren hacia afuera.
- El baño masculino incluye mingitorio.

### 9.4.12 Tratamiento de efluentes

Detrás del galpón principal donde se realiza la producción, se ubica el tratamiento de fluentes. El mismo se lleva a cabo en dos etapas, primero se trata en una cámara de neutralización de pH de forma cúbica de 7x7 m (49 m<sup>2</sup>) y luego, se les realiza un tratamiento biológico en lagunas de estabilización del tipo facultativas de 82x41m (3362 m<sup>2</sup>).

### 9.4.13 Sectores adicionales

La planta cuenta, además, con un sector de casi 2000 m<sup>2</sup> ubicado detrás del taller de mantenimiento reservado para la futura expansión de la planta de producción de fibra textil. Además, como se mencionó anteriormente, cuenta con una ruta para el ingreso de los camiones que traen tanto la materia prima como los insumos, ubicada entre el sector de insumos y el sector del comedor, con un ancho de 6x52 m (312 m<sup>2</sup>).

CAPÍTULO 10

---

**CONTROL DE CALIDAD**

---

# **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## 10. CONTROL DE CALIDAD

### 10.1 INTRODUCCIÓN

El control de calidad consiste en la implementación de programas, herramientas, mecanismos y técnicas, con el fin de mejorar la productividad y garantizar que los productos cumplan con las condiciones de calidad requeridas.

En el presente capítulo se describen los controles de calidad a llevar a cabo sobre la materia prima, el producto terminado y distintas etapas del proceso; una vez fijados los mismos y los valores obtenidos de cada uno de ellos, se generan planillas donde se asientan los registros de cada control.

### 10.2 CONTROL EN MATERIAS PRIMAS E INSUMOS

Se realiza un seguimiento de cada una de las materias primas e insumos, cuyo objetivo es analizar la calidad de ésta y verificar la documentación e identificación pertinente, en función a eso aceptar o rechazar el lote.

En este caso la materia prima que se utiliza de manera directa son las cáscaras de cítricos, las mismas están compuestas por un gran conjunto de componentes de diversas características, dado que el objetivo del proyecto es la extracción de la alfa celulosa, se realizarán experimentos para definir la cantidad de ésta. También se define mediante análisis de laboratorio la humedad de las cáscaras.

Para el caso de los insumos, el fabricante proporciona el producto con certificado de análisis avalado por normativas internacionales. En el mismo se encuentra información como nombre del producto, cantidad, concentración, lugar de fabricación, día de elaboración y despacho; también se debe anexar la hoja de seguridad propiedades como apariencia, grado de pureza, entre otras. Por último, el certificado debe contar con sello y firma de quien lo acredita.

#### Consideraciones

- Para la determinación de alfa celulosa se implementó el método TAPPI T 203m 58, cuyo procedimiento se especifica en detalle en el anexo.
- Para la determinación de humedad de las cascaras se empleó el método secado en estufa cuyo procedimiento se especifica en detalle en el anexo.

En la Tabla 200 se muestran los puntos relevantes del plan de calidad para la materia prima e insumos.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

## Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 200 - Plan de calidad para la materia prima e insumos. Fuente: Elaboración propia.

RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA									
Producto	Parámetro	Valor normal	Valor limite	Técnica	Punto de control	Frecuencia	Registro	Responsable	Acción c/p
Cascaras	% de celulosa	30%	27-33%	TAPPI T 203m 58.	Previa adición del proceso	Por lote	RMP-01	Analista de laboratorio	Rechazo
	Humedad	65%	60-70%	Secado en estufa					
NaOH	Concentración	50%	40-60%	Certificado de análisis.	Durante la descarga	Por camión	RI-02	Encargado de calidad	Informar al proveedor Rechazar el lote
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Concentración	50%	40-60%				RI-03		
NMMO	Concentración	50%	48-52%				RI-04		

### 10.3 CONTROLES DE CALIDAD DEL PROCESO PRODUCTIVO

Es necesaria la implementación de un plan de control de calidad en todo el proceso, para ellos se establecen controles en distintos puntos de éste, junto con las especificaciones que deben cumplirse para asegurar la idoneidad del producto terminado.

El control se establece sobre los puntos más relevantes del proceso, los cuales necesitan un seguimiento más exhaustivo de los parámetros de operación.

#### Consideraciones

Para implementar las inspecciones se toman muestras de producto de ciertos puntos del proceso para realizarles análisis de laboratorio, los cuales se especifican en la Tabla 201 y desarrollan en el anexo. También se utiliza como herramienta un sistema de control automático integrado, que permite el monitoreo de las variables críticas y además vigilar todo tipo de perturbaciones y posibles desviaciones que ocurran.

A continuación, se detallan los instrumentos para la medición de los diversos parámetros.

- **Temperatura, termopares:** Un termopar es un sensor para medir la temperatura. Se compone de dos metales diferentes, unidos en un extremo. Cuando la unión de los dos metales se calienta o enfría, se produce una tensión que es proporcional a la temperatura.

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

- Presión, medidores de presión: realizan la medición mediante la variación de la posición de piezo-resistencias, cuyo movimiento genera la variación de la resistencia. Tal variación es proporcional a la diferencia de presión.
- Caudal líquido: Se utiliza un caudalímetro electromagnético. En cuanto las partículas con carga eléctrica de un fluido cruzan el campo magnético artificial generado por dos bobinas inductoras, se induce una tensión eléctrica. Esta tensión, tomada por dos electrodos de medición, es directamente proporcional a la velocidad del caudal y por lo tanto al caudal volumétrico.
- Caudal gaseoso: Se mide mediante el uso de rotámetros, sensores para medir caudales. El flujo de fluido eleva el flotador en un tubo; la altura del flotador es directamente proporcional al caudal. Con los gases, la flotabilidad es despreciable y el flotador responde solo a la altura equivalente de velocidad.
- pH: pH metro. Se emplea un electrodo de referencia de vidrio combinado; se genera un potencial que es proporcional a la concentración de iones de hidrógeno. El electrodo de vidrio posee las mejores características técnicas de medición posibles de todos los sensores que existen.
- Velocidad de agitación: Se utiliza un tacómetro, es un dispositivo que mide la velocidad de giro de un eje, normalmente la velocidad de giro de un motor. Se mide en revoluciones por minuto (rpm). Actualmente se utilizan con mayor frecuencia los tacómetros digitales, por su mayor precisión.

En la Tabla 201 se detallan puntos relevantes del plan de calidad del proceso productivo, los parámetros a inspeccionar, sus valores óptimos y sus correspondientes tolerancias para cada etapa.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 201 - Plan de calidad del proceso productivo. Fuente: Elaboración propia.

Control proceso productivo									
Etapa/equipo	Parámetro	Punto de control	Valor normal	Valor limite	Técnica	Frecuencia	Registro	Responsable	Ac/p
Molino M-01	Tamaño de partícula	Corriente C1	2,36mm	2-3mm	Método de retención por tamiz	Cada 16 horas	RM-05	Analista de laboratorio	Re-procesar los gruesos y ajustar el equipo a la menor cantidad posible de finos
Impregnación R-01-02-03-04-05-06	Presión	Interior del reactor	1 atm	2atm	Control automático	Cada 2 horas	RR-06	Operario de panel de control	Regular válvulas
	Caudal	Corriente de entrada líquida(solución de NaOH) C2	6,3T/día	6-6,5T/día		Por lote			Regular válvula. Revisar registros y tomar medidas.
Digestión R-01-02-03-04-05-06	Presión	Interior del reactor	5kg/cm <sup>2</sup>	4-6kg/cm <sup>2</sup>	Control automático	Cada 10 minutos	RR-07	Operario de panel de control	Regular válvulas
	Temperatura		150°C	130-200°C		Cada 10 minutos			Regular la entrada de vapor directo mediante válvulas. Revisar el aislante térmico.
	Velocidad de agitación		2,883rpm	4rpm		Cada 10 minutos			Regular variador de velocidad
	Caudal		Corriente de entrada líquida(solución de NaOH) C5	2,1420T/día		1,90-2,5t/día			Por lote
Corriente de entrada gaseosa (vapor) C7		25745,8022kg/día	25000-30000kg/día	Por lote	Regular válvulas. Revisar producción de vapor de la caldera				
Tanque auxiliar A-01-02-03-04-05-06	pH	Corriente de salida C12	7	6-8	Control automático	Por lote	RA-08	Operario de panel de control	Aumentar o disminuir el tiempo de lavado
Blanqueo R-07	Temperatura	Interior del reactor	80°C	78-82°C	Control automático	Cada 10 minutos	RB-9	Operario de panel de control	Regular la entrada de vapor directo



## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

									mediante válvulas Revisar el aislante térmico	
	Velocidad de agitación	Interior del reactor	0,8rpm corroborar	1rpm		Cada 10 minutos			Regular variador de velocidad	
	Caudal	Corriente de entrada líquida (solución de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) C15	0,2020T/día corroborar	0,18-0,22t/día			Por lote			Regular válvula. Revisar bombas
		Corriente de entrada líquida (solución de NaOH) C13	0,1414T/día corroborar	0,12-0,16 T/día			Por lote			Regular válvula. Revisar bombas
Corriente de entrada gaseosa (vapor) C16		2969,2584kg /día	2900-3000 kg/día			Por lote			Regular válvulas Revisar producción de vapor de la caldera	
Tanque auxiliar A-07	pH	Corriente de salida C21	7	6-8	Control automático	Por lote	RA-10	Operario de panel de control	Aumentar o disminuir el tiempo de lavado o el caudal del agua	
Deshidratador S-01	Humedad	Corriente de salida C23	43,79%	40-45%	Secado en estufa	Por lote	RD-11	Analista de laboratorio	Aumentar o disminuir el tiempo que la fibra circula por el deshidratador	
Secador S-02	Humedad	Corriente de salida C25	20%	19-21%	Secado en estufa	Por lote	RS-12	Analista de laboratorio	Aumentar o disminuir la temperatura del aire de secado	
	% de celulosa		67,74%	65-70%	TAPPI T 203m 58	Por lote			Reprocesar	
Disolución	Caudal	Corriente de entrada gaseosa (vapor) C29	3279,6755kg /día	30000-35000kg /día	Control automático	Por lote	RD-13	Operario de panel de control	Regular válvulas Revisar producción de vapor de la caldera	
	Temperatura	Interior del equipo	90°C	88-92°C		Cada media hora			Regular la entrada de vapor directo	

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

									mediante válvulas
Extracción	Caudal	Corriente de entrada gaseosa (vapor) C29	1447,4526kg /día	1200-1600 kg/día	Control automático	Por lote	RE-14	Operario de panel de control	Regular válvulas Revisar producción de vapor de la caldera
	Temperatura	Interior del equipo	120°C	118-122°C		Cada media hora			Regular la entrada de vapor directo mediante válvulas
Lavado	% de NMMO	Corriente de salida C39	0%	0,2%	Cromatografía	Por lote	RL-15	Analista de laboratorio	Aumentar el tiempo de lavado recircular
Recuperación de NMMO- Evaporación	Caudal	Corriente de entrada gaseosa (vapor) C45	3278,0041kg /h	3100-3300kg/h	Control automático	Por lote	RRE-16	Operario de panel de control	Regular válvulas Revisar producción de vapor de la caldera
	Temperatura	Corriente de entrada gaseosa (vapor) C45	120°C	118-122°C		Cada una hora			Regular la entrada de vapor mediante válvulas
	% de NMMO	Corriente de salida C49	50%	49-51%	Cromatografía	Por lote			

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## 10.3.1 Procedimiento frente a una variable fuera de los valores límites.

En caso de que los operarios de panel de control o los analistas de laboratorio detecten una variable que supere o esté por debajo del valor límite, deben notificar mediante los registros al jefe de calidad, que junto al jefe de producción analizaran las razones por las cuales se producen los desfases y en función a esto decidirán las acciones correctivas a llevar a cabo.

## 10.4 ANÁLISIS DEL PRODUCTO TERMINADO

Cada uno de los productos textiles tiene exigencias de rendimiento y especificaciones técnicas, lo cual lleva tener que desarrollar técnicas de calidad que definan el grado de conformidad del producto, definiéndose de esta manera si se acepta o no la liberación de producto.

El esquema de control de calidad consiste en tomar muestras del artículo terminado y realizar ensayos en el laboratorio de las propiedades más relevantes.

En este caso, se desarrolla sobre la fibra una serie de pruebas mecánicas que aseguren que la misma tenga una resistencia adecuada a la rotura, para soportar el proceso de tejeduría. También se realizan pruebas químicas que aseguren que los porcentajes de celulosa y humedad sean los requeridos.

Consideración: En el anexo se desarrollan cada uno de los análisis empleados para caracterizar el producto.

En la Tabla 202 se expresan los parámetros que se deben analizar con sus respectivos valores.

Tabla 202 - Parámetros exigidos al producto final. Fuente: Elaboración propia.

PRODUCTO FINAL							
Producto	Parámetro	Valor normal	Técnica	Frecuencia	Registro	Responsable	Acción c/p
Fibra celulósica	Tenacidad	35-41cN/tex	Pruebas de resistencia en el dinamómetro.	Por lote	RPF-17	Analista de laboratorio	Producto no conforme
	Elongación	11-16%					Revisar registros
	% de celulosa	89,18%	TAPPI T 203m 58				Determinar la posible causa por la cual no se cumple la especificación.
	Humedad	10%	Secado en estufa				Aplicar medidas

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 10.4.1 Sistema de gestión de calidad ISO 9001. Producto no conforme

Un producto no conforme es todo aquel que no cumple con alguno de los requisitos determinados por el sistema de gestión de calidad.

La organización debe asegurarse de que el producto que no sea conforme se identifique y se controle para prevenir su uso o entrega no intencional.

En caso de que los analistas de laboratorio detecten un producto no conforme, deben notificar mediante los registros al jefe de calidad, que junto al jefe de producción analizarán las variables del proceso de producción para detectar la posible causa por la cual no se cumple la especificación y en función a eso tomar acciones para eliminar la no conformidad detectada (ISO9001calidad, 2019).

### 10.5 REGISTROS

Los controles que se llevan a cabo, los resultados de los análisis, los responsables y autoridades relacionadas con el tratamiento del producto deben estar definidos mediante registros.

Los registros de cada área deberán incluir:

- Fecha y hora en que se realiza el procedimiento.
- Operario/Analista que realiza la toma de muestra y el posterior análisis.
- Parámetro evaluado
- Lote analizado.
- Técnica de análisis.
- Observaciones.
- Otros datos específicos de relevancia.

En este caso el plan de registro consta de una planilla de Excel donde los responsables calidad de cada turno y cada área la completarán y luego será enviada al departamento de calidad donde se desarrollan los análisis estadísticos correspondientes.

En el anexo se exponen los modelos correspondientes de cada planilla.

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 10.6 REFERENCIAS

- Ávila, G. (2011). *Prueba de cenizas y humedad en naranja valencia*. Bogotá: Centro de Gestión Industrial Química Aplicada a la Industria.
- Cabanes, A. S. (2012). HILATURA DEL ALGODÓN. *Instituto Tecnológico Textil (AITEC)*, 64.
- ISO9001calidad*. (Octubre de 2019). Obtenido de <http://iso9001calidad.com/control-de-producto-no-conforme-177.html>
- Suárez Guarnizo, E. (2016). *Obtención de pulpa de papel a partir de residuos de la naranja común y limón ponderoso*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.

CAPÍTULO 11

---

TRATAMIENTO DE EFLUENTES

---

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## 11. TRATAMIENTO DE EFLUENTES

### 11.1 INTRODUCCIÓN

Los efluentes industriales son aquellos que no poseen un valor inmediato respecto al fin para el que se utilizaron inicialmente, dada la toxicidad que muchos de ellos poseen es necesario, previo al vertido un tratamiento que consiste en una serie de procesos físicos, químicos y/o biológicos cuyo fin es eliminar los contaminantes presentes, obteniendo así un efluente que no produzcan ningún tipo de contaminación al medio ambiente y a los seres vivos.

Para determinar qué tipo de tratamiento a utilizar es necesario caracterizar el efluente, siendo, el color, la demanda bioquímica de oxígeno, la demanda química de oxígeno, el pH, el olor, la turbiedad, el contenido de sólidos los parámetros más importantes.

En este capítulo, se detalla el tratamiento de los efluentes derivado de la producción de fibra celulósica, evaluando las características de los mismos y seleccionado el proceso más apropiado, con el fin de minimizar el impacto ambiental.

### 11.2 NORMATIVA SOBRE EL VERTIDO DE EFLUENTES

En la Tabla 203 se fijan los límites establecidos para el vertido de aguas de acuerdo a la Ley Nacional 26.221.

Tabla 203 - Límites para el vertido de aguas. (Diputados, 2007)

Parámetro	Desagüe a cuencas	Descarga cuerpo receptor		
		Sin tratamiento	Con tratamiento primario	Con tratamiento secundario
pH	5,50 – 10,00	6,50 – 8,00	6,50 – 8,00	6,50 – 8,00
Sustancias solubles en éter (SSEE)(mg/l)	100,00	100,00	100,00	100,00
Sulfuros (mg/l)	1,00	-	-	1,00
Temperatura (°C)	45,00	45,00	45,00	45,00
DBO (sobre muestra bruta)	200,00	300,00	180,00	30,00
DQO (mg/l)	-	-	-	125
Consumo de oxígeno de KMnO4 (sobre muestra bruta)	80,00	120,00	70,00	-
MES (mg/l)	-	-	-	35,00
Cianuros totales (mg/l)	1,00	1,00	1,00	1,00
Cianuros destructibles por cloración (mg/l)	0,10	0,10	0,10	0,10
Hidrocarburos totales (mg/l)	50,00	100,00	100,00	50,00
Cromo III (mg/l)	2,00	2,00	2,00	2,00
Cromo VI (mg/l)	0,20	0,20	0,20	0,20

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

SRAO detergentes (mg/l)	5,00	5,00	5,00	3,00
Cadmio (mg/l)	0,10	0,10	0,10	0,10
Plomo (mg/l)	0,50	0,50	0,50	0,50
Mercurio (mg/l)	0,005	0,005	0,005	0,005
Arsénico (mg/l)	0,50	0,50	0,50	0,50
Sustancias fenólicas (mg/l)	0,50	0,50	0,50	0,05
Plaguicidas y herbicidas	-	Igual limite que para captación	Igual limite que para captación	Igual limite que para captación

### 11.3 TIPOS DE TRATAMIENTOS

De acuerdo a la naturaleza del efluente se evalúan tres tecnologías para tratarlo:

1. Tratamiento Primario, puede ser mediante:
  - Tratamiento físico que consiste en separar partículas de mayor tamaño mediante cribado, sedimentación, flotación, separación de aceites homogeneización, etc.
  - Tratamiento químico de neutralización del pH.
2. Tratamiento Secundario: consiste en un tratamiento biológico, donde se elimina principalmente la materia orgánica por acción de microorganismos, algunas de las técnicas son; lodos aditivos, aireación prolongada, estabilización por contacto lagunaje con aireación, estabilización por lagunaje, filtros biológicos (percoladores), discos biológicos y tratamientos anaeróbicos.
3. Tratamiento Terciario: consiste en un tratamiento fisicoquímico que busca eliminar compuestos específicos, se realiza mediante, micro tamizado, filtración, precipitación y coagulación, adsorción (carbón activado), intercambio iónico, osmosis interna, electrodiálisis, cloración y ozonización y procesos de reducción de nutrientes.

### 11.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS EFLUENTES DE LA PLANTA

Los efluentes líquidos son de las principales preocupaciones ambientales en la producción de fibra celulósica. Los residuos líquidos que provienen del proceso productivo, contienen compuestos orgánicos disueltos que estaban presentes en las cáscaras (celulosa, lignina y otros), también reactivos utilizados tanto en la extracción de celulosa (NaOH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) como en la producción de la fibra (NMMO).

En la Tabla 204 se detallan los caudales de los efluentes con su correspondiente composición.



## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 204 - Composición de efluentes del proceso productivo. Fuente: Elaboración propia.

Salida C8	108,0881	Celulosa	0,0029	0,3173
		Lignina	0,0069	0,7511
		Otros	0,0054	0,593
		Solución NaOH	0,5191	56,5215
		NaOH Neutralizado	0,2295	24,99
		Vapor de agua condensado	0,2361	25,7045
Salida C11	100,4053	Solución NaOH	0,1478	16,9785
		Agua	0,8479	97,41
		Otros	0,0043	0,4902
Salida C17	37,0609	Lignina	0,0004	0,0127
		Otros	0,0199	0,6796
		Agua oxigenada	0,0053	0,1818
		NaOH	0,0037	0,1272
		Agua	0,9664	32,9468
		Celulosa	0,0042	0,1428
		Vapor de agua condensado	1	2,9699
Salida C20	1,7435	Agua oxigenada	0,05	0,0202
		NaOH	0,035	0,0141
		Agua	0,915	1,7594
Salida C22	21	Agua	1	21,0000
Salida C43	0,7109	Celulosa	0,1908	0,1357
		Lignina	0,0371	0,0264
		Otros	0,6203	0,4410
		NMMO	0,1518	0,1079

### 11.5 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES

Al momento de seleccionar un método para el tratamiento de efluentes debe considerarse que sea:

- De fácil construcción y duradero
- Económico en el uso de energía y en su funcionamiento
- Eficiente en la remoción de los contaminantes indeseados, que no produzca otros
- Estable frente a irrupciones de energía y variaciones de flujo por causas inherentes al proceso
- Modular, para que permita ampliaciones conforme crezca el proceso productivo
- Simple en su operación, control y mantenimiento.

De acuerdo a los datos que se presentan en la tabla anterior, los efluentes a tratar incorporan valores extremos de pH y elevado contenido de materia orgánica, por lo tanto el tratamiento de efluentes estará compuesto por, un tratamiento primario donde se regula el pH en una cámara de neutralización y uno secundario donde se procederá a la

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

eliminación de la materia orgánica mediante un proceso biológico, que se llevará a cabo por acción de microorganismos en lagunas de estabilización del tipo facultativas.

A continuación, se desarrollarán cada uno de los tratamientos elegidos, así como los cálculos de diseño para cada uno.

### 11.5.1 Tratamiento primario

Dado que se generan efluentes alcalinos, los mismos no pueden verterse fuera de la instalación ya que incumplirían con las normas de descarga, debido a esto será necesario corregir el pH.

El proceso de neutralización se puede realizar tanto en batch, cuando se trata de plantas con flujos inferiores a 380 m<sup>3</sup>/día como en modo continuo para volúmenes mayores.

Los tanques de reacción pueden ser cúbicos o cilíndricos con diámetro o anchura igual a la profundidad y el tiempo de retención hidráulico es entre 5 a 30 min.

Los reactivos más usuales para la neutralización de flujos residuales alcalinos son:

- Acido sulfurico, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: es el reactivo mas utilizado, por su coste competitivo respecto a otros agentes neutralizantes. En cuanto al comportamiento químico, es de resaltar el carácter corrosivo que presentan a bajas concentraciones, aunque puede ser almacenado en tanques de acero al carbono, cuando se encuentran a altas concentraciones.
- Acido Clohidrico, HCl: este reactivo neutralizante, se caracteriza por su coste, superior al anterior, por ser muy corrosivo y por la alta posibilidad de formación de gases tóxicos. (Rodríguez, 2014)

#### 11.5.1.1 Diseño del tanque de neutralización

En este caso dado que el caudal a tratar es de 247m<sup>3</sup>/día se implementara un sistema del tipo batch, el cual constara de un tanque de forma cubica cuyas medidas son A=7m L=7m H=7m, provisto de un sistema dosificador de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y sensores para el control de pH; aquí el efluente se retiene hasta que sus parámetros de calidad cumplen las especificaciones requeridas, cuando el pH está dentro de los valores correctos se procede a la descarga.

### 11.5.2 Tratamiento secundario

Las lagunas de estabilización son el método más simple de tratamiento de aguas residuales que existe; dado que su construcción y mantenimiento son de bajo costo, llevan un nulo consumo energético, pueden absorber aumentos bruscos de cargas hidráulicas u orgánicas.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

En este caso se emplearán lagunas del tipo facultativas, donde la estabilización de la materia orgánica se lleva a cabo tanto en condiciones aerobias en la zona superior de la laguna como anaerobias en la zona inferior de la misma. Este tipo de estanques son de estructura sencilla de tierra, abiertos al sol y al aire, por lo que utiliza recursos naturales para lograr su misión. El tiempo de retención hidráulica varía de 5 a 30 días y la profundidad de 1.5 a 2 m, dependiendo de su localización geográfica, clima y del volumen requerido para almacenar el lodo. (Facultad de Ciencias Químicas, s.f.)

### 11.5.2.1 Diseño de la laguna de estabilización del tipo facultativas.

Diferentes modelos tanto empíricos como científicos han sido desarrollados para diseñar este tipo de lagunas. Los modelos empíricos se fundamentan en una colección y análisis de datos de plantas existentes y los científicos se basan en resultados obtenidos a nivel laboratorio.

En la Tabla 205 se especificaran los parámetros de diseño, los cuales están planteados en función al caudal de efluentes a tratar y a un tiempo promedio de retención hidráulica de 20 días.

Tabla 205 - Parámetros de diseño de la laguna. Fuentes: Elaboración propia.

PARÁMETRO	VALOR
Caudal a tratar [m <sup>3</sup> /día]	269
Tiempo de retención [días]	20
Profundidad [m]	2
Relación largo/ancho	2
Sobredimensionamiento	20%
Temperatura ambiente promedio [° C]	20

Teniendo en cuenta los parámetros de la tabla 3 el volumen de la laguna será:

$$269,008 \frac{m^3}{día} * 20 \text{ días} = 5380,174$$

Al establecer un sobredimensionamiento de la laguna del 20 %, la capacidad de la misma considerando el volumen anterior es de:

$$5380,174 + (5380,174 * 0,20) = 6456 \text{ m}^3$$

Teniendo en cuenta que:

$$\frac{L}{A} = 2$$

$$6456 \text{ m}^3 = L.A.h$$

L: largo de la laguna

A: ancho de la laguna

H: profundidad de la laguna

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Resolviendo se obtienen las dimensiones de la laguna, las cuales se representan en la Tabla 206.

Tabla 206 - Dimensiones de la laguna. Fuente: Elaboración propia.

PARÁMETRO	VALOR
A [m]	40,17
L [m]	80,35
H [m]	2

Se adopta una laguna de 2 m de profundidad, 41 m de ancho y 81 m de largo. Con una capacidad de 6456 m<sup>3</sup>.

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 11.6 REFERENCIAS

Diputados, E. S. (2007). *Ley 26.221 -Prestación del Servicio de provisión de agua potable y colección de desagües cloacales*. Buenos Aires: Ministerio de Planificación Federal.

Facultad de Ciencias Químicas, U. V. (s.f.). *Bioingeniería*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/bioingenieriauv15/unidad-1-sistemas-de-depuracion-de-agua/1-2-lagunas-de-estabilizacion>

Rodríguez, P. (2014). *Neutralización de pH*. Coruña: Universidad de Coruña.

CAPÍTULO 12

---

ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

---

# **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## **12. ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL**

### **12.1 INTRODUCCIÓN**

Una empresa es una organización o institución, que se dedica a la producción o prestación de bienes o servicios que son demandados por los consumidores; obteniendo de esta actividad un rédito económico, es decir, una ganancia. Para el correcto desempeño de la producción estas se basan en planificaciones previamente definidas y estrategias determinadas por el equipo de trabajo.

En el presente capítulo se definen los aspectos legales y funcionales de la empresa, se elabora un organigrama donde se visualizan los niveles de jerarquía y se detallan las diferentes áreas que la componen con las funciones correspondientes a cada puesto de trabajo.

### **12.2 NATURALEZA JURÍDICA DE LA EMPRESA**

Según la Ley de Sociedades Comerciales 19.550 (LSC) de la República Argentina, lo primero que debe determinarse es la naturaleza jurídica de la empresa. En el caso de la planta la producción de pasta de celulosa y fibra textil, como la misma es un anexo y/o ampliación de la planta de hilados y tejidos planos de TECOTEX, se incorpora al mismo marco jurídico, una sociedad anónima.

Una sociedad anónima (S.A.) es una sociedad mercantil con personalidad jurídica, en la cual el capital está dividido según las aportaciones de cada socio. El capital de dicha sociedad se distribuye mediante acciones que confieren a su titular la condición de socio. Su característica fundamental es que el socio solo aporta el capital y no responde de forma personal las deudas sociales, arriesgando únicamente el aporte de las acciones suscritas sin comprometer su patrimonio social. Esto quiere decir que las obligaciones sociales están garantizadas por un capital determinado y los socios están obligados por el monto de su acción. Las acciones otorgan derechos económicos y políticos dentro de la empresa a los accionistas, quienes se diferencian unos de otros por el valor nominal de las acciones o los tipos de derechos que concede cada acción.

### **12.3 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA**

La estructura organizacional es la división de todas las actividades de una empresa que se agrupan para formar áreas o departamentos, estableciendo autoridades, que a través de la organización y coordinación buscan alcanzar objetivos. Es fundamental en todas las empresas ya que define cómo se va a organizar y tiene la función principal de establecer autoridad, jerarquía, cadena de mando, organigramas y departamentalizaciones, entre otras.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Las organizaciones deben contar con una estructura organizacional de acuerdo a todas las actividades o tareas que pretenden realizar, mediante una correcta estructura que le permita establecer sus funciones, y departamentos con la finalidad de producir sus servicios o productos, mediante un orden y un adecuado control para alcanzar sus metas y objetivos.

La representación de la estructura organizacional se hace a través de un organigrama en el cual se visualizan las diferentes áreas funcionales en las que se divide la empresa, niveles de jerarquía y relaciones entre empleados. En el caso de TECOTEX se considera que la empresa tiene una organización de tipo lineal, el cual se basa en el principio de la jerarquía y en el mantenimiento de la unidad de mando. Se establece una estructura conformada por departamentos diferenciados de acuerdo a las tareas que realizan, donde cada uno posee un jefe asignado que responde a la gerencia general.

Debido a que la estructura de la planta principal ya está fijada, se lleva a cabo la asignación de personal para los puestos de la planta anexada de producción de pulpa de celulosa y fibra textil, considerando que el personal de mayor poder jerárquico queda ya establecido por TECOTEX. En la Figura 76 se observa un organigrama resumido de TECOTEX al cual, se le añade la nueva planta en el departamento de producción.

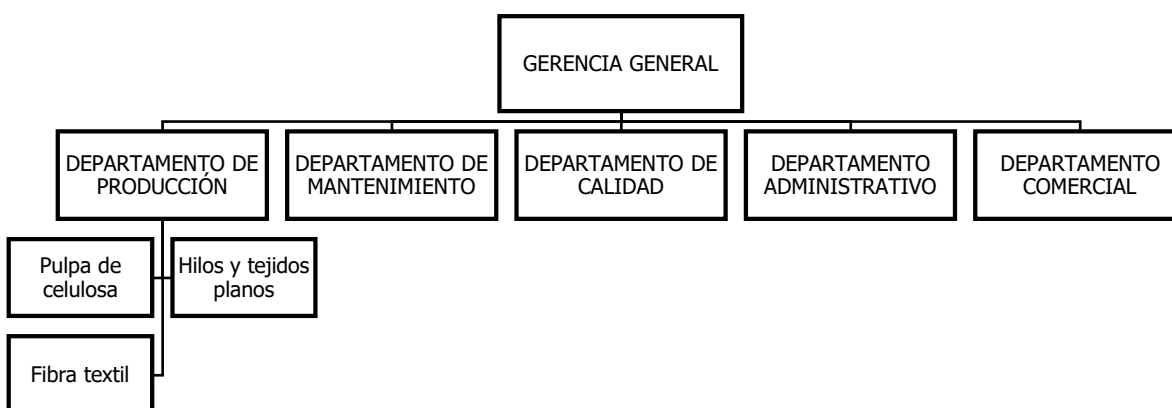


Figura 76 - Organigrama resumido de TECOTEX.

A continuación, se detallan los miembros y las funciones correspondientes a cada departamento.

## 12.3.1 Gerencia general

Es el máximo responsable de la administración de una empresa u organización, sus principales funciones son planificar, organizar y supervisar las actividades desempeñadas por la empresa; administrar los recursos de la entidad y coordinar entre las partes que la componen; conducir estratégicamente la organización y hacer de líder



## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

en lo interno de la empresa, como de portavoz en lo externo de la misma; tomar decisiones críticas, especialmente cuando se trata de asuntos centrales o vitales para la organización; motivar, supervisar y mediar entre el equipo de trabajo. Además, tiene responsabilidades de ser representante legal de la organización ante entes públicos y privados.

### 12.3.2 Departamento de producción

Comprende todo lo relacionado con el desarrollo de los métodos y planes más económicos para la fabricación de los productos autorizados, coordinación de la mano de obra, obtención y coordinación de materiales, instalaciones, herramientas y servicios, fabricación de productos y entrega de los mismos a comercialización o al cliente. Es el área encargada de regular las distintas líneas de producción y el responsable de cumplir con los estándares de calidad y seguridad a fin de obtener un producto acorde a las exigencias del mercado. Dentro del departamento de producción de TECOTEX, se ubica la planta de pulpa de celulosa y fibra textil ya que se pretende que esta empresa utilice el producto terminado de fibra Lyocell dentro de su proceso productivo de hilado y tejidos planos.

### 12.3.3 Departamento de mantenimiento

Se encarga de proporcionar oportuna y eficientemente, los servicios que requiera la empresa en materia de mantenimiento preventivo y correctivo a las instalaciones, así como la contratación de la obra pública necesaria para el fortalecimiento y desarrollo de las instalaciones físicas de los inmuebles y sistemas eléctricos en general. Tiene como objetivos; cumplir un valor determinado de disponibilidad y de fiabilidad, asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto, al menos acorde con el plazo de amortización de la planta y conseguir todo ello ajustándose a un presupuesto dado, normalmente el presupuesto óptimo de mantenimiento para esa instalación.

### 12.3.4 Departamento de calidad

El departamento de calidad es el equipo humano que tiene como objetivo cerciorarse de que se cumplen las políticas de la empresa. Se asegura de que los objetivos sean cumplidos en los plazos previstos. Además, implementa criterios de supervisión, para la aprobación del producto final. Lidera proyectos de mejora y formación. También gestiona los objetivos previstos por la empresa. Por tanto, se encarga de adaptar e implementar las exigencias del Sistema de Gestión de Calidad. Para ello, hace cumplir el marco legal y jurídico previsto. Es el responsable del producto final que recibe el cliente, debe verificar que los productos siguen los parámetros de calidad previamente establecidos. Por tanto,

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

vela por el correcto funcionamiento de todos los procesos. Es así como trata de reducir costes y establecer los criterios indispensables para la revisión y aprobación de los procesos.

### 12.3.5 Departamento administrativo

Sus principales funciones son las de organización, planeación, dirección, coordinación, control y evaluación. También es el encargado de la correspondencia que llega a la empresa y mantiene la comunicación con proveedores y clientes para mantener la relación comercial del entorno de la empresa. Asimismo, es el encargado del archivo de todos los documentos legales que tiene la empresa. Los clasifica y custodia, y se encarga de su procesamiento informático para mantenerlos durante el tiempo que estos sean vigentes. Abarca todo lo relacionado a la contabilidad, costos, cobros, pagos, balances, créditos, presupuestos, entre otros. Es el encargado de evaluar continuamente el estado económico financiero de la empresa, manteniendo informada a la gerencia.

### 12.3.6 Departamento comercial

Es el encargado de crear los planes de acción general, y los de medio a corto plazo. El plan de marketing creado tiene que funcionar como guía de actuación. Se realizan los estudios de mercados necesarios para comprender y analizar la viabilidad de la empresa. Otra de sus funciones es encargarse del marketing y los clientes. Como conseguir nuevos clientes, promocionar los productos de la empresa y conseguir maximizar las ventas. Además, es el encargado de realizar la gestión del almacén. Esta gestión consiste en controlar las materias primas, los productos finalizados, los envases, etc.

### 12.3.7 Responsable de higiene y seguridad

Se trata de un profesional externo contratado para la prevención de riesgos laborales y aseguramiento de un sistema de calidad en materia de seguridad, higiene y ambiente, para controlar el cumplimiento de las normas correspondientes, el estado de las instalaciones y el uso de elementos de protección. Además, se encarga de localizar y evaluar los riesgos, y establecer las medidas para prevenir los accidentes de trabajo.

## 12.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO

En la Figura 77 se detalla el organigrama de la planta de producción de pulpa celulósica y fibra textil, la cual inicia con cargos jerárquicos superiores que corresponden a la estructura empresarial de TECOTEX S.A.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

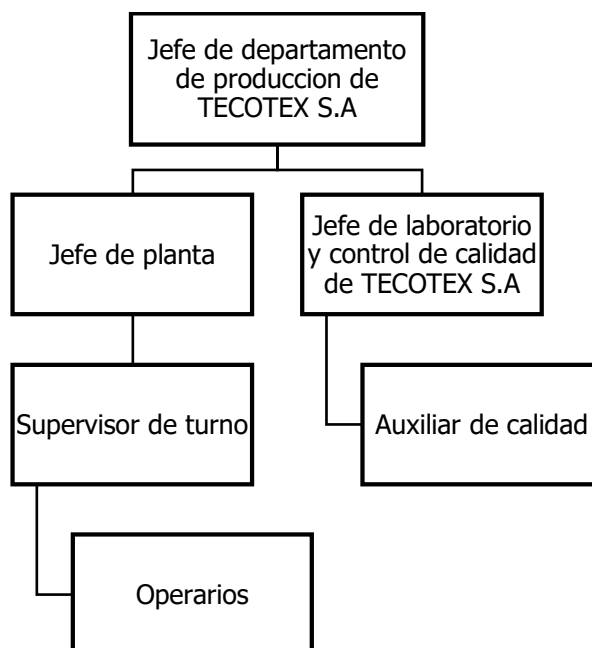


Figura 77 – Organigrama de la planta de producción de pulpa de celulosa y fibra textil.

A continuación, se detallan los puestos de trabajo involucrados en la planta de producción anexada a TECOTEX S.A.

### 12.4.1 Jefe de departamento de producción de TECOTEX S.A

El jefe de producción es el profesional encargado de organizar y controlar el proceso de producción en una fábrica. También debe asegurar que los productos se realicen con las especificaciones correctas, estén listos a tiempo y dentro del presupuesto establecido. Participa de la planificación, coordinación y control de los procesos de fabricación. Se asegura de que los bienes y servicios se produzcan de manera eficiente y que la cantidad correcta se produzca al costo y nivel de calidad adecuados. Además, controla que se respeten y cumplan las condiciones de las instalaciones y mantenimiento de los equipos, verifica la calidad, cantidad y características de los materiales de construcción a su cargo.

### 12.4.2 Jefes de planta

El jefe de planta es el encargado de la coordinación y ejecución de las actividades de producción; cumple funciones conjuntas con el jefe de producción. Tienen la función controlar y apoyar la técnica utilizada en el proceso de fabricación, y realizar la estructura de los trabajadores que laboran en la planta. Es el personal encargado de garantizar la correcta elaboración y almacenamiento del producto con el fin de alcanzar las exigencias de calidad predeterminadas; se aseguran que se lleve cabo la capacitación inicial y continúa del personal de producción. También, recopila toda la información posible para identificar qué cambios hay que introducir para mejorar el funcionamiento de la planta.

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

En este caso se necesitan un jefe de planta para la producción de pulpa de celulosa y fibra textil.

### 12.4.3 Supervisores

Los supervisores son los encargados de proyectar, dirigir, desarrollar y controlar el trabajo diario. Tienen las funciones de planificar el trabajo del día, estableciendo prioridades y manejando efectivamente los recursos disponibles; controlar a los operarios, a los cuales debe impartir ordenes claras y precisas, favoreciendo el buen clima laboral y motivándolos para que realicen su tarea correctamente e informar al jefe de planta cualquier desviación o problema ocurrido. Se necesita un supervisor en cada turno, con lo cual son necesarios dos supervisores, ya que la empresa trabaja dos turnos de 8 horas.

### 12.4.4 Operarios

Los operarios de planta son quienes ejecutan los trabajos propios de funcionamiento y control de aparatos, equipos e instalaciones para los diversos procesos químicos y fases de fabricación de productos, siguiendo las instrucciones de sus jefes y supervisores. Sus funciones se pueden resumir en preparar y ensayar materias químicas; preparar instalaciones y operar servicios auxiliares para el proceso; realizar las operaciones de proceso y controlarlo, actuando bajo las correctas normas de fabricación en cuanto a calidad y seguridad. Además, son los responsables de completar registros y de informar desperfectos a mantenimiento o desviaciones de calidad.

### 12.4.5 Jefe de laboratorio y control de calidad de TECOTEX S.A

Es el encargado de desarrollar e implementar procedimientos internos y de certificación de normas, para lo cual debe trabajar con las áreas vinculadas. Controla que las variables de proceso estén dentro de lo previsto, y de lo contrario lo reporta al departamento correspondiente. Verifica que el equipamiento específico funcione correctamente y esté calibrado según los patrones establecidos. Debe garantizar que se estén utilizando las materias primas adecuadas y verificar que las actividades de su área se realicen de acuerdo a lo establecido; debe tener registro de todos los procedimientos realizados y de los análisis de materias primas y productos. Se encarga de solicitar toma de muestras en campo y analizar las determinaciones correspondientes con el objeto de verificar desvíos en las condiciones de proceso. Además, administra la documentación técnica de todos los análisis realización en el laboratorio.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 12.4.6 Auxiliar de calidad

Es el responsable de realizar los análisis físicoquímicos correspondientes de materias primas y productos terminados. Registra e informa a sus superiores los resultados obtenidos y las desviaciones de los parámetros normales. Es el encargado de mantener el orden y la limpieza del laboratorio.

### 12.4.7 Auxiliares de otras áreas

Incluyen a personas que se anexan a los departamentos ya existentes en TECOTEX S.A ya que son requeridos para proceder con la correcta organización y funcionamiento de la planta anexada.

- Un auxiliar en el departamento de comercialización que tiene la tarea de realizar el seguimiento económico financiero de la planta de producción de pulpa celulósica y fibra textil; y un encargado de la logística, cuya labor es comprar las materias primas y los insumos requeridos para la producción y además realizar el despacho y seguimiento del producto terminado hacia la planta principal de TECOTEX S.A.
- Dos responsables técnicos en el departamento de mantenimiento, uno para cada turno de trabajo, encargados de la manutención del sistema eléctrico y mecánico de los equipos exclusivos.

## 12.5 ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Como se describió en el capítulo 6, la planta posee una capacidad productiva de 999,9319 T/anales funcionando 350 días al año con una parada, para tareas de mantenimiento en general, de 15 días. Se trabaja con régimen de 16 horas de lunes a domingo, con turnos rotativos de 8 horas. Se debe tener en cuenta que el personal que opera bajo estas condiciones solo puede hacerlo 40 horas a la semana, es decir 5 días seguidos y mínimo uno de franco, según la Convención Colectiva de Trabajo N° 152/91.

En la Tabla 207 se detallan los parámetros operativos del programa productivo.

Tabla 207 - Parámetros operativos del proceso.

Producción anual	1000 T
Producción diaria	2,8899 T
Régimen de trabajo	7 días a la semana
Semanas productivas por año	46
Semanas de mantenimiento	2
Días hábiles por año	350
Número de lotes diarios	1

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 12.6 CANTIDAD DE PERSONA Y TURNOS DE TRABAJO

En la Tabla 208 se detalla la cantidad de personas que se requieren en cada puesto, la formación profesional solicitada y el horario laboral para la planta de producción de pulpa de celulosa y fibra textil.

Tabla 208 - Personal de la planta.

CARGO	FORMACIÓN	CANTIDAD DE PERSONAS	HORAS DE TRABAJO POR DÍA
Jefe de planta	Ingeniero químico	1	8
Supervisor de turno	Ingeniero/técnico químico	2 (uno por turno)	8
Operarios	Secundario completo	18 (rotativo)	8
Auxiliar de calidad	Técnico químico	2 (uno por turno)	8
Auxiliares del departamento de comercialización	Licenciado en administración de empresas / Técnico en logística	2	8
Auxiliar técnico en el departamento de mantenimiento	Secundario completo/ Técnicos	2 (uno por turno)	8
Operarios de caldera	Secundario completo, con habilitación técnica de calderista	2 (uno por turno)	8
Total de empleados			29

- Jefe de planta: trabaja 8 horas diarias de lunes a viernes en el horario de 8:00 a 12:00 h y de 16:00 a 20:00 h.
- Jefes de turno: uno de ellos ocupa su cargo en el primer turno, de 6:00 a 14:00 h y el otro en el segundo, de 14:00 a 22:00 h. Los sábados y domingos trabajan de manera alternada cada semana, 8 h corridas cada uno de 12:00 a 20:00 h.
- Operarios: Se necesitan 18 empleados con turnos rotativos de 8 h, 3 operarios conforman el primer turno de trabajo, 6 el segundo turno y los 9 restantes para cubrir los días francos.
- Auxiliar de calidad, auxiliares del departamento de comercialización y auxiliar técnico del departamento de mantenimiento: trabajan de lunes a viernes en turnos fijo de 8 horas de 8:00 a 12:00 h y de 16:00 a 20:00 h, y los días sábados 4 horas de 8:00 a 12:00 h, con excepción del auxiliar de calidad que trabaja de 16:00 a 20:00 h.

En la Tabla 209 se detalla la distribución laboral de los operarios del sector de producción. Los mismos cumplen horarios rotativos de 8 horas; trabajan 5 días y tienen francos al mes de 2 días y 3 días corridos.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 209 - Turnos rotativos para operarios de producción.

DIAS DEL MES	DIAS DE LA SEMANA	1° TURNO	2° TURNO	FRANCO
		(6:00 a 14:00 h)	(14:00 a 20:00 h)	
1	Lunes			
2	Martes			
3	Miércoles			
4	Jueves			
5	Viernes			
6	Sábado			
7	Domingo			
8	Lunes			
9	Martes			
10	Miércoles			
11	Jueves			
12	Viernes			
13	Sábado			
14	Domingo			
15	Lunes			
16	Martes			
17	Miércoles			
18	Jueves			
19	Viernes			
20	Sábado			
21	Domingo			
22	Lunes			
23	Martes			
24	Miércoles			
25	Jueves			
26	Viernes			
27	Sábado			
28	Domingo			
29	Lunes			
30	Martes			

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 12.7 REFERENCIAS

- BLOGSudima*. (Octubre de 2019). Obtenido de <https://blogs.udima.es/administracion-y-direccion-de-empresas/libros/introduccion-a-la-organizacion-de-empresas-2/unidad-didactica-2-el-sistema-de-direccion-y-organizacion-principios-y-modelos-organizativos/5-modelos-basicos-de-organizacion/>
- Concepto de empresa*. (s.f.). Obtenido de <https://concepto.de/empresa/#ixzz63KCJuc2V>
- Corvo, H. (Octubre de 2019). *Lifeder.com*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/gerente-de-produccion/>
- Fucci, T. (1999). *Estructura de produccion en una empresa*. Obtenido de <http://www.ope20156.unlu.edu.ar/pdf/estructura.pdf>
- Garzón, M. (Octubre de 2019). *Reportero industrial*. Obtenido de <http://www.reporteroindustrial.com/blogs/Los-principales-objetivos-del-mantenimiento+114923>
- Infaimon. (Julio de 2017). *Infaimon*. Obtenido de <https://blog.infaimon.com/departamento-de-calidad/>
- Itziar, V. (Octubre de 2019). *Lifeder.com*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/departamentos-de-empresa/>
- Moreno. (Octubre de 2019). *Ialimentos*. Obtenido de <https://www.revistaialimentos.com/noticias/las-competencias-que-deben-tener-los-mejores-jefes-de-planta/>
- Raffino, M. (Octubre de 2019). *Concepto.de*. Obtenido de <https://concepto.de/gerente-general/>
- sefcarm.es*. (Noviembre de 2019). Obtenido de [https://www.sefcarm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=9371&IDTIPO=11&RASTRO=c\\$m9983,10043,10103,10832](https://www.sefcarm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=9371&IDTIPO=11&RASTRO=c$m9983,10043,10103,10832)
- Significados*. (Octubre de 2019). Obtenido de <https://www.significados.com/sociedad-anonima/>
- Vásquez, C. R. (Octubre de 2019). *Gestiopolis*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/estructura-organizacional-tipos-organizacion-organigramas/>



CAPÍTULO 13

---

ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO

---

# **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## 13. ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO

### 13.1 INTRODUCCIÓN

El estudio de la viabilidad económica y financiera del proyecto planteado es imprescindible para el futuro desarrollo del mismo. Al concretar un proyecto debe invertirse un capital significativo, que se espera recuperar junto con ganancias propias de la actividad. El rendimiento de este debe ser sustancial, de lo contrario sería más sencillo invertir en otras opciones menos riesgosas del mercado.

Habiendo concluido el estudio técnico y teniendo en cuenta que existe un mercado potencial a abastecer, además de que no existen impedimentos tecnológicos para llevar a cabo el proyecto, se efectúa un estudio económico - financiero con el fin de analizar y evaluar el proyecto antes de concluir con la concepción del mismo. Los objetivos propuestos para este capítulo, se encuentran:

- Estimación la inversión y sus componentes principales, para darle valor al crédito necesario para cubrirla.
- Calcular y analizar los costos fijos y variables.
- Estimar los ingresos anuales por venta de fibra textil.
- Determinar el estado de resultados, que permite conocer si la empresa, luego de cancelar los costos totales e impuestos, obtiene utilidades netas positivas.
- Calcular los indicadores económicos más utilizados para determinar la rentabilidad de un proyecto, conocidos como VAN, TIR y PRI.
- Realizar un análisis de sensibilidad que permita deducir las condiciones en las que la empresa es o no rentable, a partir de una variación en las principales variables del proceso productivo.
- Establecer si el proyecto es viable analizando los ítems anteriores.
- Redactar conclusiones y brindar sugerencias para los aspectos más débiles del proyecto.

### 13.2 INVERSIÓN

Se entiende como inversión al capital necesario para hacer frente al proyecto en cuestión, la cual está compuesta por activos fijos, activos nominales y capital de trabajo. Se necesita calcular el monto total de la inversión a realizar. En la Figura 78 se detalla la inversión con sus componentes y las categorías más importantes de los activos fijos.

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

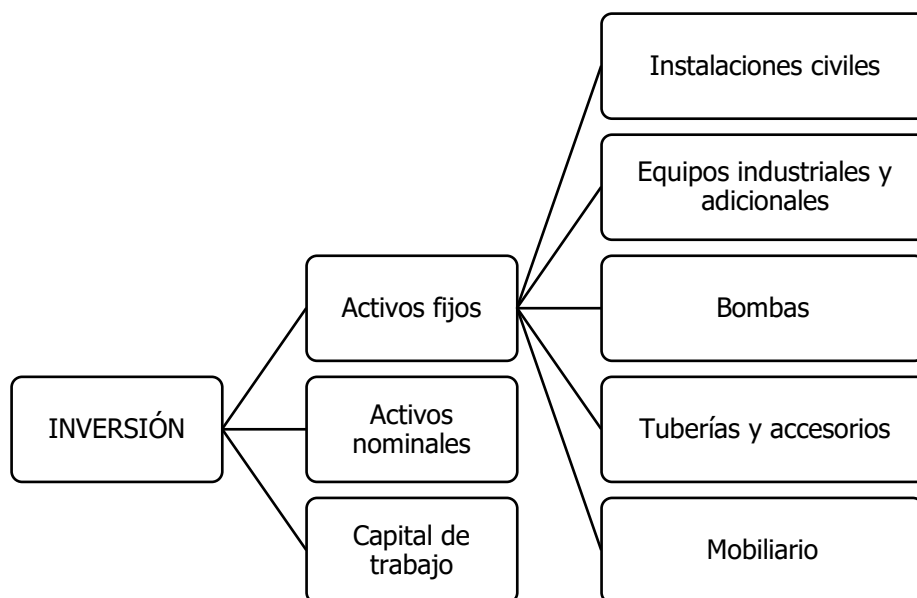


Figura 78 - Componentes de la inversión.

## 13.2.1 Activos fijos

Se denominan activos fijos a aquellos bienes que son de naturaleza permanente en el período de actividad de la compañía, ya que son se consideran indispensables para el normal desarrollo de la misma. Esto supone que no serán vendidos ni desechados en el corto plazo.

Los activos fijos incluyen las instalaciones civiles, equipos industriales y adicionales, bombas, tuberías, accesorios y los mobiliarios necesarios para el correcto funcionamiento del proyecto en el período en cuestión. A efectos contables, están sujetos a depreciación, debido a que, estos activos, pierden su valor por el desgaste provocado a causa del uso.

- Para aquellos equipos importados o que tengan cotización internacional se convierten a moneda local, tomando el dólar a \$60.
- Según la ley del IVA (ley nacional 23.349) los artículos producidos en nuestro país, perciben el 21% del impuesto al valor agregado.
- La estimación de los fletes supone un valor del 1,5% del costo total del equipo y/o artículo.

### 13.2.1.1 Instalaciones civiles

Para el costo de las instalaciones civiles no se considera el precio del terreno, puesto que el mismo es otorgado por la empresa TECOTEX S.A ya que la planta de producción de fibra textil es una ampliación de sus instalaciones. Los importes se determinaron de acuerdo a la información obtenida mediante el relevamiento de una persona dedicada a la construcción, Juan Mosca, de la localidad de San Marcos Sud. Los materiales requeridos son de producción nacional, por lo cual se considera el 21% de IVA. El área

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

total del terreno destinada al proyecto es de 6615 m<sup>2</sup>; los diferentes sectores se resumen en la Tabla 210 así como el costo total de la construcción de cada uno.

Tabla 210 - Estimación de costo en instalaciones civiles.

SECTOR	AREA (m2)	COSTO (\$/m2)	COSTO TOTAL (\$)
Celulosa I	1879	3500	6.576.500
Fibra textil I	900	3500	3.150.000
Sala control PLC	25	15000	375.000
Calderas	324	35000	11.340.000
Vestuarios y baños	80	30000	2.400.000
Comedor	14	25000	350.000
Sala mantenimiento	72	25000	1.800.000
Tratamiento de efluentes	3321	6000	19.926.000
Total sin IVA			45.917.500
IVA			9.642.675
TOTAL			55.560.175

### 13.2.1.2 Equipos industriales y adicionales

Se analizan los costos de los equipos industriales necesarios para la producción de la fibra textil, además de los equipos adicionales y para servicios auxiliares. Los mismos se detallan en la Tabla 211. Teniendo en cuenta de que son bienes de capital, el IVA en este caso se considera del 10,5%. Cabe señalar, así mismo, que estos valores y los de fletes, aplican para la totalidad de los equipos considerados en el proceso.

**PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**  
Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 211 - Estimación de costo en equipos industriales y adicionales.

DENOMINACIÓN TÉCNICA	Nº UNIDAD	PRECIO UNITARIO	FLETE	I.V.A.	COSTO TOTAL
M - 01	1	4.000.000,0	40.000,0	420.000,0	4.460.000,0
R - 01 a R - 06	6	2.100.000,0	126.000,0	1.323.000,0	14.049.000,0
R - 07	1	1.100.000,0	11.000,0	115.500,0	1.226.500,0
R - 08	1	6.000.000,0	60.000,0	630.000,0	6.690.000,0
A - 01 a A - 06	6	1.320.000,0	79.200,0	831.600,0	8.830.800,0
A - 07	1	1.080.000,0	10.800,0	113.400,0	1.204.200,0
A - 08	1	816.000,0	8.160,0	85.680,0	909.840,0
A - 09	1	540.000,0	5.400,0	56.700,0	602.100,0
S - 01	1	100.000,0	1.000,0	10.500,0	111.500,0
S - 02	1	600.000,0	6.000,0	63.000,0	669.000,0
LINEA FIBRA TEXTIL	1	15.000.000,0	150.000,0	1.575.000,0	16.725.000,0
F - 01	1	416.571,4	4.165,7	43.740,0	464.477,1
E - 01 y E - 02	1	6.000.000,0	60.000,0	630.000,0	6.690.000,0
T - 01 y T - 02	2	816.000,0	16.320,0	171.360,0	1.819.680,0
T - 03	1	180.000,0	1.800,0	18.900,0	200.700,0
T - 04 y T - 05	2	660.000,0	13.200,0	138.600,0	1.471.800,0
T - 06	1	660.000,0	6.600,0	69.300,0	735.900,0
Calderas	2	10.000.000,0	200.000,0	2.100.000,0	22.300.000,0
Tanque CIP NaOH	1	580.000,0	5.800,0	60.900,0	646.700,0
Tanque CIP agua	1	500.000,0	5.000,0	52.500,0	557.500,0
Tanque CIP recuperado	1	500.000,0	5.000,0	52.500,0	557.500,0
Tanque Agua	1	3.590.400,0	35.904,0	376.992,0	4.003.296,0
Boquillas aspercion	7	1.000,0	70,0	735,0	7.805,0
Generador de aire	1	450.000,0	4.500,0	47.250,0	501.750,0
Lámparas HQL E40-Osram	102	450,0	459,0	4.819,5	51.178,5
Lámparas Philips TPS-462	4	360,0	14,4	151,2	1.605,6
Lámparas HQL E40-Osram	39	940,0	366,6	3.849,3	40.875,9
<b>TOTAL</b>					<b>95.528.708,1</b>

13.2.1.3 Bombas

En la Tabla 212 se exhibe la inversión necesaria para la adquisición de las bombas necesarias para llevar a cabo el proyecto, las cuales fueron adoptadas en los capítulos 7 y 8.

**PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**  
Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 212 - Estimación de costo en bombas.

DENOMINACIÓN TÉCNICA	Nº UNIDAD	PRECIO UNITARIO	FLETE	I.V.A.	COSTO TOTAL
Bombas 1,10 y 11	3	20.544,9	616,3	0,3	62.251,5
Bombas 2, 8 , 9 y 12	4	28.200,7	1.128,0	0,4	113.931,2
Bombas 3, 5 y 13	3	17.748,1	532,4	5.590,7	59.367,5
Bomba 6	1	9.256,6	92,6	971,9	10.321,1
Bomba 7	1	145.762,4	1.457,6	15.305,0	162.525,0
Bomba 14	1	16.891,5	168,9	1.773,6	18.834,0
Bomba 15	1	126.715,5	1.267,2	13.305,1	141.287,8
Bomba 4	1	10.401,2	104,0	1.092,1	11.597,3
Bomba limpieza CIP	1	83.638,3	836,4	8.782,0	93.256,7
TOTAL					673.372,2

13.2.1.4 Tuberías y accesorios

En la Tabla 213 se exhiben los costos de las tuberías empleadas para el transporte de las corrientes y los accesorios que las mismas incluyen. Adicionalmente se añaden los sensores requeridos para los equipos.

Tabla 213 - Estimación de costo en tuberías y accesorios.

DENOMINACIÓN TÉCNICA	Nº UNIDAD	PRECIO UNITARIO	FLETE	I.V.A.	COSTO TOTAL
Cañerías (m)	1200	607,0	7.284,2	76.484,5	812.192,8
Sensor de temperatura	9	4.997,1	449,7	4.722,3	50.146,3
Sensor de presión	1	4.500,0	45,0	472,5	5.017,5
Sensor de pH	2	3.103,0	62,1	651,6	6.919,7
Caudalímetro vapor	9	6.890,0	620,1	6.511,1	69.141,2
Caudalímetro líquido	7	2.233,0	156,3	1.641,3	17.428,6
Sensor velocidad agitación	7	2.330,0	163,1	1.712,6	18.185,7
Válvulas	66	6.000,0	3.960,0	41.580,0	441.540,0
Codos 90°	70	1.122,6	785,8	8.251,1	87.618,9
Empalmes	15	1.320,0	198,0	2.079,0	22.077,0
TOTAL					1.530.267,5

13.2.1.5 Mobiliario

En esta sección se tienen en cuenta aquellos elementos que, sin estar vinculados en forma directa con el proceso productivo, son indispensables para el desarrollo de este como muebles y elementos necesarios para las oficinas, comedor y vestuarios. Los mismos se visualizan en la Tabla 214.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

### Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 214 - Estimación de costo en mobiliario.

DENOMINACIÓN TÉCNICA	Nº UNIDAD	PRECIO UNITARIO	FLETE	I.V.A.	COSTO TOTAL
Notebooks	2	32.500,0	650,0	6.825,0	72.475,0
Escritorio para oficina	2	2.699,0	54,0	566,8	6.018,8
Mesas	1	11.900,0	119,0	1.249,5	13.268,5
Silla para oficina	2	2.999,0	60,0	629,8	6.687,8
Sillas anexas	15	1.250,0	187,5	1.968,8	20.906,3
Aire acondicionado	2	59.999,0	1.200,0	12.599,8	133.797,8
Equipo sanitario	5	3.652,0	182,6	1.917,3	20.359,9
Lockers	2	14.700,0	294,0	3.087,0	32.781,0
Banco para vestuario	2	2.850,0	57,0	598,5	6.355,5
Heladeras	1	38.999,0	390,0	4.094,9	43.483,9
Microondas	1	7.999,0	80,0	839,9	8.918,9
<b>TOTAL</b>					<b>365.053,2</b>

#### 13.2.1.6 Resumen de activos fijos

En la Tabla 215 se resumen los costos de los diferentes rubros de activos fijos y se calcula la participación porcentual de cada uno de ellos sobre el total de la inversión en activos fijos. Se realiza también, el Gráfico 24, con la finalidad de visualizar mejor los resultados obtenidos.

Tabla 215 - Estimación de costos en activos fijos.

ACTIVOS FIJOS	MONTO (\$)	PORCENTAJE
Instalaciones civiles	55.560.175,0	36,2%
Equipos industriales y adicionales	95.528.708,1	62,2%
Bombas	673.372,2	0,4%
Tuberías y accesorio	1.530.267,5	1,0%
Mobiliario	365.053,2	0,2%
<b>TOTAL</b>	<b>153.657.576,1</b>	<b>100%</b>

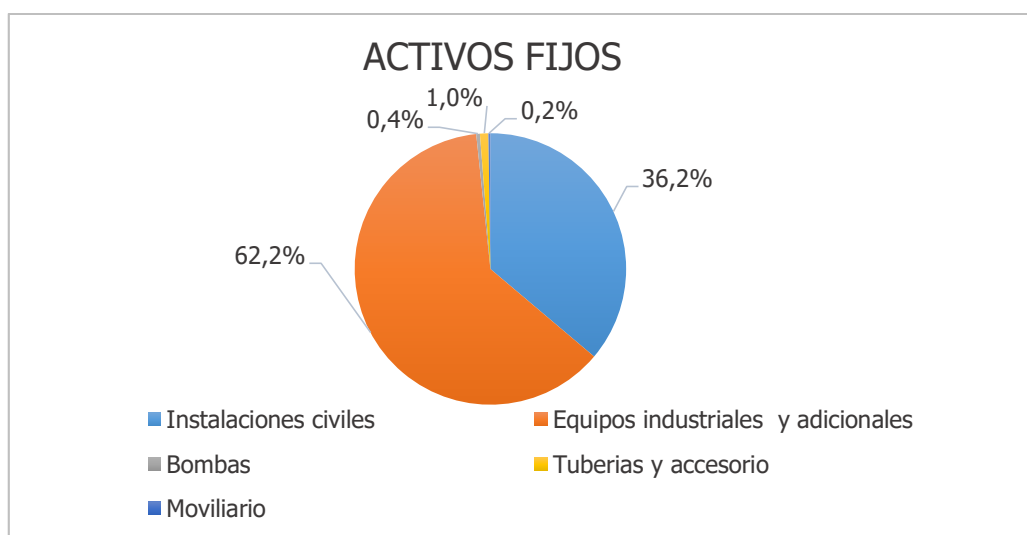


Gráfico 24 - Estimación de costos en activos fijos.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 13.2.2 Activos nominales

Los activos nominales o activos diferidos son inversiones que se realizan sobre activos constituidos por servicios o derechos adquiridos, necesarios para la puesta en marcha del proyecto. Los mismos son gastos que no son susceptibles de ser recuperados por la empresa en ningún momento, pero que deben ser amortizados durante el período correspondiente.

Para el cálculo de los mismos se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los gastos de control automático se consideran como el 1% respecto al valor total de equipos industriales.
- Los gastos de planeación se consideran un 5% de los activos fijos.
- El costo del montaje e instalación de los equipos se estiman un 30 % respecto al valor total de equipos industriales.
- La supervisión del proyecto se considera un 2% de los activos fijos.
- Los gastos para la capacitación inicial se estiman un 1 % respecto de los activos fijos.
- La puesta en marcha de la planta se considera como el 5% de la inversión en equipos industriales.
- En el caso de imprevistos, se estiman en un 1% sobre el total de maquinarias y equipos.

En la Tabla 216 se detalla la inversión necesaria en cada uno de los activos nominales necesarios y en el Gráfico 25 se representan sus porcentajes.

Tabla 216 - Estimación de costos en activos nominales.

ACTIVOS NOMINALES	MONTO (\$)	PORCENTAJE
Gastos de control automático	862.963,2	2,0%
Gastos planificación	6.739.681,0	15,8%
Montaje e instalación de equipos	25.888.895,7	60,6%
Gastos de supervisión del proyecto	2.695.872,4	6,3%
Gastos en capacitación	1.347.936,2	3,2%
Gastos de puesta en marcha	4.314.815,9	10,1%
Imprevistos	862.963,2	2,0%
<b>TOTAL</b>	<b>42.713.127,5</b>	<b>100%</b>



## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

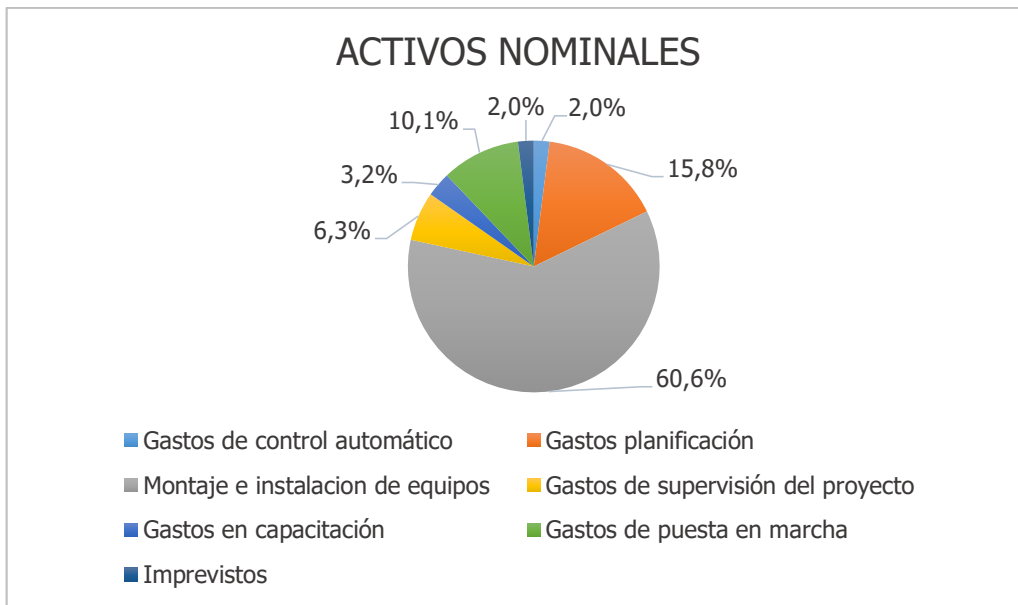


Gráfico 25 - Estimación de costos en activos nominales.

### 13.2.3 Capital de trabajo

El capital de trabajo, también llamado fondo de maniobra, es la inversión con que se debe contar para que empiece a funcionar la empresa. El fondo de maniobra es el dinero con el que la empresa hace frente al inicio de la actividad y en este caso se determinará como el necesario hasta la obtención de los primeros 3 lotes de producto terminado. Dado que el primer lote del proyecto se obtiene el día 3 y de ahí en adelante, todos los días se obtiene un lote; se proponen costos para afrontar 5 días de producción. Para confrontar estos gastos solo es necesario tener los tanques de insumos llenos para poder arrancar con la producción. Los demás gastos como mano de obra tanto (directa e indirecta), servicios, materia prima (al considerarse un residuo solo tiene costo de flete) y demás gastos, se pagan al inicio del mes siguiente con lo recaudado durante el primer mes de funcionamiento del proyecto. Se determina que el gasto necesario como fondo de maniobra es de \$10.918.140, calculados en base al precio de los insumos necesarios y el volumen de cada tanque de almacenamiento.

### 13.2.4 Inversión necesaria

Una vez obtenidas las inversiones en activos fijos, nominales y capital de trabajo, se suman con el objetivo de obtener el capital necesario para concretar el proyecto y comenzar con la actividad industrial. En la Tabla 217 se determina la inversión total, y en el Gráfico 26 se visualizan los porcentajes de cada uno de los componentes.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 217 - Inversión total necesaria.

INVERSIÓN	MONTO (\$)	PORCENTAJE
Activos fijos	153.657.576,1	74,13%
Activos nominales	42.713.127,5	20,61%
Capital de trabajo	10.918.140,0	5,27%
<b>TOTAL</b>	<b>207.288.843,6</b>	<b>100%</b>

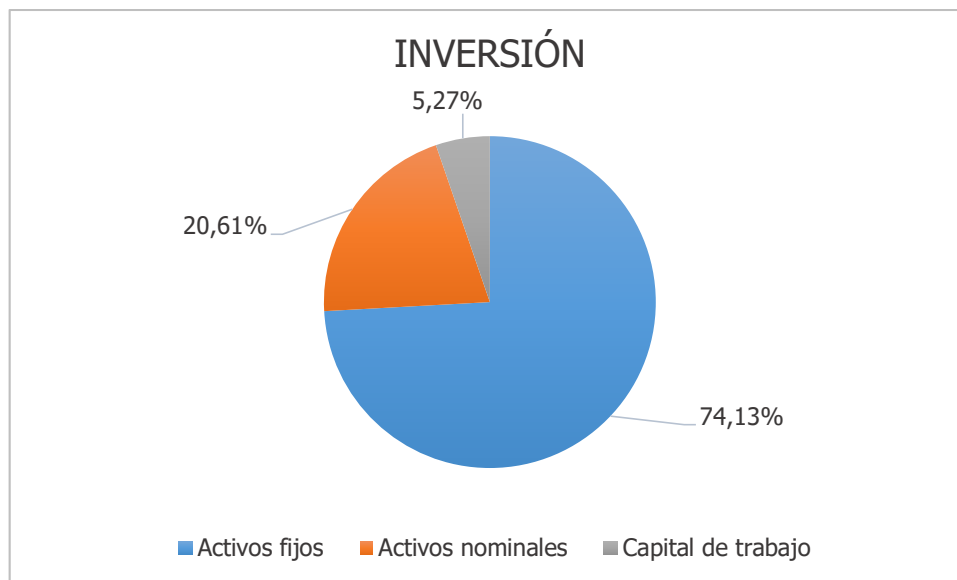


Gráfico 26 - Composición de la inversión total necesaria.

Como se observa en el Gráfico 26, los activos fijos son los más influyentes sobre el total de la inversión, sobre todo, el gran costo que se debe afrontar en maquinarias industriales y adicionales.

### 13.3 ANÁLISIS DE LOS COSTOS

Los costos de producción son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento. Estos costos, pueden dividirse en dos grandes categorías (FAO, 2019):

- Costos variables o directos: son proporcionales a la producción.
- Costos fijos o indirectos: son independientes de la producción.

En la Tabla 218 se detallan los costos fijos y variables del proyecto.

Tabla 218 - Clasificación de costos

COSTOS VARIABLES	COSTOS FIJOS
Materia prima e insumos	Mano de obra indirecta
Servicios	Seguro e impuestos y gastos administrativos
Mano de obra directa	Puesta en marcha
Gastos de comercialización	Depreciaciones y amortizaciones
	Costo financiero

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## 13.3.1 Costos variables

### 13.3.1.1 Materia prima e insumos

Los costos que la empresa debe afrontar en cuanto a materia prima e insumos, pueden llegar a ser muy significativos. En el caso de la planta de producción de fibra textil, los costos de materia prima son bajos, ya que, al ser un residuo, solo se considera el costo del flete. En lo que refiere a los insumos, los gastos son muy altos porque el solvente utilizado para la producción de la fibra es caro.

El costo de flete de las cáscaras se calcula a partir del recorrido de las empresas cítricas a la planta de TECOTEX S.A, tal como se detalló en el capítulo 3. Para los insumos, el flete se estima un 1,5% del costo de los mismos.

En la Tabla 219 se detallan los costos de materias primas e insumos, respecto a la cantidad necesaria en el primer año del proyecto.

Tabla 219 - Estimación de costos en materia prima e insumos

MATERIA PRIMA E INSUMOS	CANTIDAD ANUAL (T/año)	PRECIO (\$/T)	FLETE (\$)	COSTO (\$)
Cáscaras cítricos	10.500,00	0,00	194.211,50	194.211,50
NaOH en solución	2.954,00	18.000,00	270,00	53.172.270,00
NaOH sólido	49,49	30.000,00	450,00	1.485.150,00
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	141,40	18.000,00	270,00	2.545.470,00
NMMO	1.894,00	210.000,00	3.150,00	397.743.150,00
TOTAL				455.140.251,50

### 13.3.1.2 Servicios

Los servicios principales requeridos por la planta son: electricidad, gas natural y agua. Teniendo en cuenta el requerimiento anual de cada uno, se procede a calcular el costo de los mismos para el primer año de funcionamiento de la planta, los cuales se detallan en la Tabla 220.

Tabla 220 - Estimación de costos en servicios.

SERVICIO	CONSUMO TOTAL	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO (\$)
Energía Eléctrica	734.838,73	kwh	1,57	1.153.696,81
Gas natural	962.500,00	m <sup>3</sup>	1,42	1.366.750,00
Agua	98.315,00	m <sup>3</sup>	0,66	64.887,90
TOTAL				2.585.334,71

### 13.3.1.3 Mano de obra directa

La mano de obra directa incluye a aquellas personas que trabajan en relación directa con la producción. El importe que se paga por hora se establece en base al convenio colectivo de trabajo n° 123/90, el cual se observa en la Tabla 221. El valor del costo

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

total anual de mano de obra directa incluye las cargas sociales, consideradas como un 45% del gasto nominal. Las horas de trabajo de un operario son 2800, resultando 3040 al considerar el mes de aguinaldo (FITA, 2019).

Tabla 221 - Estimación de costos en mano de obra directa.

CARGO	CANTIDAD	JORNAL POR HORA	GASTO ANUAL NOMINAL (\$)	CARGA SOCIAL (45%)	COSTO TOTAL ANUAL (\$)
Operario de producción	18	170	8.568.000	3.855.600	12.423.600
Operario de mantenimiento	4	170	1.904.000	856.800	2.760.800
Auxiliar de calidad	2	170	952.000	428.400	1.380.400
TOTAL					16.564.800

### 13.3.1.4 Gastos de comercialización

Los gastos de comercialización se los estima como el 0,1% de los costos de producción. Para el primer año del proyecto, el costo referido a la comercialización es de \$489.571.

### 13.3.1.5 Resumen de costos variables

En la Tabla 222 se observan los resultados del total de costos variables involucrados en el proyecto, además para su mayor comprensión se confecciona el Gráfico 27.

Tabla 222 - Resumen de costos variables.

COSTO VARIABLE	COSTO ANUAL (\$)	PORCENTAJE
Materia prima e insumos	455.140.251,50	95,86%
Servicios	2.585.334,71	0,5%
Mano de obra directa	16.564.800,00	3,5%
Gastos de comercialización	489.571,00	0,1%
TOTAL	474.779.957,21	100%

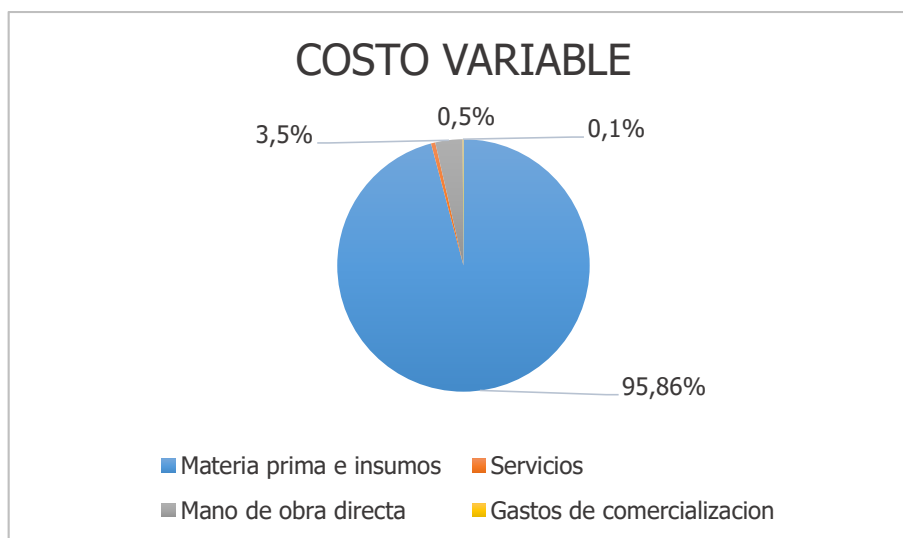


Gráfico 27 - Resumen de costos variables.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Como se puede observar en el Gráfico 27, más del 95% de los costos variables corresponden al costo de los insumos, mientras que el 5% a la mano de obra directa. Las categorías restantes no tienen peso significativo sobre el total, por lo que las labores de optimización se basarán en estos rubros de más relevancia. Cabe destacar que un incremento de éstos impactará sobre los costos de producción y en consecuencia, sobre los resultados o utilidades.

### 13.3.2 Costos fijos

#### 13.3.2.1 Mano de obra indirecta

Es aquella que no se encuentra afectada a los volúmenes de producción generados, pero que, sin embargo, es imprescindible para la actividad económica de la empresa. Se emplea el mismo convenio colectivo descrito en la sección 13.6.1.3 (FITA, 2019). Las cargas sociales se calculan como el 28% de la remuneración mensual para administrativos y cargos jerárquicos, y el 45% para el resto del personal, mientras que, para el gasto total anual se utilizan 13 meses para tener en cuenta el aguinaldo. Los costos se encuentran detalladas en la Tabla 223.

Tabla 223 - Estimación de costos en mano de obra indirecta.

CARGO	CANTIDAD	SUELDO (\$/mes)	GASTO ANUAL NOMINAL (\$)	CARGA SOCIAL (45%)	COSTO TOTAL ANUAL (\$)
Supervisor de producción	1	38.000	494.000	222.300	716.300
Jefe de producción	1	45.000	585.000	163.800	748.800
Auxiliar de comercialización	1	30.000	390.000	109.200	499.200
Auxiliar de logística	1	30.000	390.000	109.200	499.200
TOTAL					2.463.500

#### 13.3.2.2 Seguros e impuestos y gastos administrativos

A los costos de seguro e impuestos se los estiman mediante el cálculo del 1% de la inversión de los activos fijos, por lo tanto, arroja un valor de \$1.347.936 al año para cada uno de ellos. Para los gastos de administración, referidos a aquellos relacionados a las actividades administrativas globales de la empresa (gastos de papelería y suministros de oficina, por ejemplo), se lo estima como el 0,1% del costo de producción, arrojando un valor de \$13.751 anual.

#### 13.3.2.3 Puesta en marcha

En cuanto a los gastos de puesta en marcha, se los considera como el 5% de equipos industriales y adicionales arrojando un valor de \$4.314.816.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 13.3.2.4 Depreciaciones y amortizaciones

Tanto la depreciación como la amortización hacen referencia al desgaste o agotamiento que sufre un activo en la medida de que, con su utilización, contribuye a la generación de los ingresos de la empresa. La misma puede deberse a tres razones principales, el desgaste debido al uso (razón física), al paso del tiempo (razón funcional) o a la vejez. La principal diferencia entre ellas es que la amortización hace referencia a los gastos diferidos e intangibles, y la depreciación a los activos Fijos. Considerando el decreto N° 873/1997, donde se encuentra fijada la vida útil de los bienes, se estiman los costos de amortización.

- Edificios: 50 años
- Instalaciones: 10 años
- Muebles y útiles: 10 años
- Maquinaria y equipos: 10 años

Una vez determinada la vida útil de cada uno de los rubros analizados, puede extraerse de este valor la tasa lineal de depreciación de un bien. De esto se desprende que al finalizar el proyecto (a los diez años), algunos de los bienes tendrán un valor nulo o residual. El terreno es una excepción, no está sujeto a depreciación, se diferencia de los demás activos por su vida ilimitada. En la Tabla 224 se detallan los costos referidos a la depreciación y amortización.

Tabla 224 - Estimación de costos en depreciación/amortización.

CATEGORIA	INVERSIÓN	TASA	DEPRECIACION ANUAL
Instalaciones civiles	55.560.175,00	0,05	2.778.008,75
Equipos industriales y adicionales	95.528.708,13	0,10	9.552.870,81
Bombas	673.372,16	0,10	67.337,22
Tuberías y accesorio	1.530.267,54	0,10	153.026,75
Mobiliario	365.053,23	0,10	36.505,32
TOTAL			12.587.748,86

### 13.3.2.5 Costo financiero

La inversión inicial que debe realizar la empresa para comenzar con la actividad productiva, calculada anteriormente, es obtenida a través de financiamiento externo o crédito. Todos los créditos tienen un costo financiero, el cual es materializado principalmente como intereses, considerándose el mismo del 30% a la hora de efectuar los cálculos de las cuotas anuales.

El crédito es otorgado por el Banco Nación. Esta línea crediticia es para grandes entidades y para iniciar la actividad productiva, en pesos, con una tasa de intereses del

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

30 % y un plazo de 120 meses para su cancelación. De acuerdo a esto, se solicita un préstamo por un monto de \$207.485.642 a cancelar en 10 años.

Este tipo de créditos emplea el sistema de amortización francés, el cual es frecuente en este tipo de préstamos, y se utiliza para el cálculo de las cuotas anuales. El sistema francés, se caracteriza por ser un sistema de amortización de cuotas constantes y debido a esto, cada mes el banco recibe intereses en función del capital pendiente de amortizar. Por ello, durante los primeros años del préstamo, se paga una cantidad mayor de intereses que de capital y, en cambio, durante el período final del préstamo, más capital e intereses menores. En la Tabla 225 se detallan las características del préstamo solicitado.

Tabla 225 - Características del préstamo solicitado.

Detalles del préstamo			
Monto del crédito	207.485.642		
Tasa	30%		
Plazo	10 años		
Valor de la cuota (\$/mes)	5.406.816,5		
Sistema de amortización	Francés		
Detalles de las cuotas anuales			
Año	Intereses (\$/año)	Capital (\$/año)	Saldo (\$/año)
1	61.851.254	3.030.544	84.055.687
2	60.806.053	4.075.745	83.731.674
3	59.400.374	5.481.424	83.295.914
4	57.509.892	7.371.906	82.709.864
5	54.967.404	9.914.394	81.921.693
6	51.548.040	13.333.758	80.861.690
7	46.949.376	17.932.422	79.436.105
8	40.764.684	24.117.114	77.518.850
9	32.446.961	32.434.837	74.940.356
10	21.260.548	43.621.250	71.472.568

### 13.3.2.6 Resumen de costos fijos

En la Tabla 226 se detallan los montos correspondientes a cada uno de los costos fijos y en el Gráfico 28 se representan sus porcentajes.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

### Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 226 - Resumen de costos fijos

COSTO FIJO	COSTO(\$)	PORCENTAJE
Mano de obra indirecta	2.463.500,00	2,35%
Seguros e impuestos	1.361.687,00	1,30%
Puesta en marcha	4.314.816,00	4,12%
Depreciaciones y amortizaciones	12.587.748,86	12,01%
Costo financiero	84.055.686,63	80,22%
<b>TOTAL</b>	<b>104.783.438,49</b>	<b>100,00%</b>

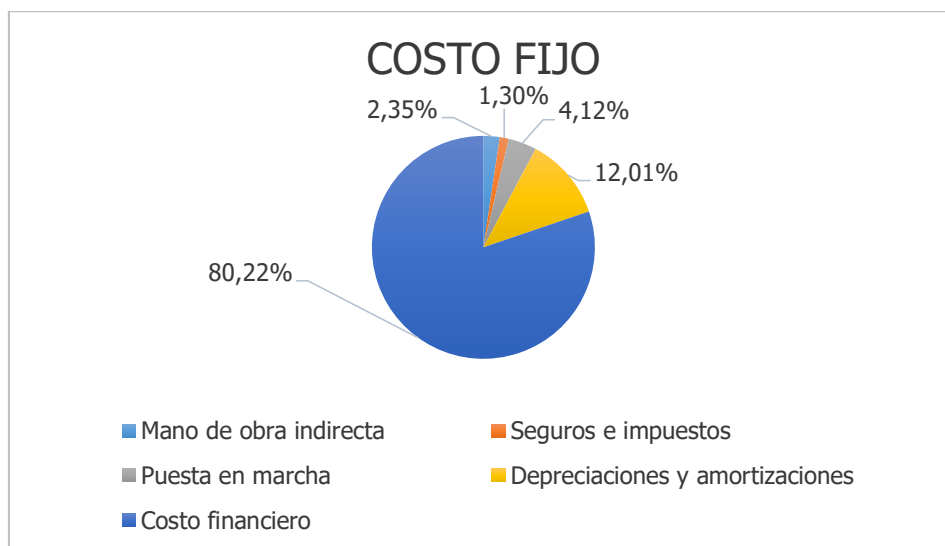


Gráfico 28 - Resumen de costos fijos.

De acuerdo al Gráfico 28, se puede concluir que el costo financiero es el gasto más relevante de los costos fijos representando el 80% de los mismos.

#### 13.4 COSTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN

Los costos totales de producción surgen de la suma de costos variables y costos fijos; dan una visión general de la producción, permitiendo ser la base de la toma de decisiones de la empresa, ya que un incremento de estos produce una disminución en los beneficios percibidos. En la Tabla 227 se estima el costo total de producción para cada año de actividad empresarial.



## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

Tabla 227 – Estimación del costo total de producción.

AÑO	COSTO FIJO (\$)	COSTO VARIABLE(\$)	COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN (\$)
1	102.157.583,36	474.764.676,59	576.922.259,95
2	97.510.125,52	498.590.208,81	596.100.334,32
3	97.074.365,04	523.654.668,69	620.729.033,73
4	96.488.315,64	550.022.480,50	646.510.796,14
5	95.700.144,35	577.761.418,51	673.461.562,87
6	94.640.141,60	606.942.781,31	701.582.922,90
7	93.214.555,74	637.641.574,96	730.856.130,70
8	91.297.301,25	669.936.705,89	761.234.007,14
9	88.718.807,12	703.911.183,63	792.629.990,74
10	85.251.019,17	739.652.334,21	824.903.353,38

Es posible además estimar el costo de producción unitario, el cual representa el costo total necesario para producir una unidad mínima de producto terminado. Para la fibra se calcula por T de producto vendido mediante la Ecuación 88.

$$C_u = \frac{C_f + C_v}{U}$$

Ecuación 88

$C_u$ = Costo unitario total en \$/T

$C_f$ = Costos fijos anuales en \$.

$C_v$ =Costos variables anuales en \$.

$U$ = Cantidad anual producida en T.

En la Tabla 228 se detallan los costos unitarios calculados para cada año del proyecto.

Tabla 228 - Estimación del costo unitario.

AÑO	COSTO FIJO (\$)	COSTO VARIABLE (\$)	CANTIDAD ANUAL PRODUCIDA (T)	COSTO UNITARIO (\$/T)
1	102.157.583,36	474.764.676,59	1.000,00	576.922,26
2	97.510.125,52	498.590.208,81	1.052,00	566.635,30
3	97.074.365,04	523.654.668,69	1.106,70	560.880,81
4	96.488.315,64	550.022.480,50	1.164,25	555.301,14
5	95.700.144,35	577.761.418,51	1.224,79	549.857,12
6	94.640.141,60	606.942.781,31	1.288,48	544.503,04
7	93.214.555,74	637.641.574,96	1.355,48	539.184,57
8	91.297.301,25	669.936.705,89	1.425,97	533.836,18
9	88.718.807,12	703.911.183,63	1.500,12	528.377,82
10	85.251.019,17	739.652.334,21	1.578,13	522.710,72

El precio por tonelada de la fibra producida, como se determinó en el capítulo 2, es de \$580.000. A partir de este precio y el costo unitario del producto, se puede determinar el margen de beneficio, que representa los ingresos brutos por tonelada de fibra vendida. Con resultados obtenidos para este índice, detallados en la Tabla 229, se puede concluir

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

que el las ganancias por tonelada vendida es muy pequeña ya que la relación entre el costo y el precio del producto es mínima.

Tabla 229 – Margen de beneficio.

AÑO	MARGEN DE BENEFICIO (\$/T)	PORCENTAJE
1	3.077,74	0,5%
2	13.364,70	2,3%
3	19.119,19	3,3%
4	24.698,86	4,3%
5	30.142,88	5,2%
6	35.496,96	6,1%
7	40.815,43	7,0%
8	46.163,82	8,0%
9	51.622,18	8,9%
10	57.289,28	9,9%

### 13.5 INGRESO POR VENTA

Los ingresos por ventas se definen como la cantidad de dinero que la empresa percibe en concepto de venta de producción. Por tanto, el único ingreso de la fábrica es por la venta de la fibra textil. El precio de venta esta definió en \$580.000 por tonelada. En la Tabla 230, se muestran los ingresos por venta de dicho producto aplicando este precio a lo largo del período de 10 años.

Tabla 230 - Ingresos por ventas.

AÑO	CANTIDAD (T)	INGRESO POR VENTAS (\$/año)
1	1.000,00	580.000.000,00
2	1.052,00	610.160.000,00
3	1.106,70	641.888.320,00
4	1.164,25	675.266.512,64
5	1.224,79	710.380.371,30
6	1.288,48	747.320.150,60
7	1.355,48	786.180.798,44
8	1.425,97	827.062.199,95
9	1.500,12	870.069.434,35
10	1.578,13	915.313.044,94

### 13.6 EVALUCACIÓN ECONOMICA DEL PROYECTO

En todo proyecto en necesario evaluar la viabilidad y rentabilidad del mismo, ya que en el momento en que se forma una empresa se debe invertir un capital financiero elevado que se pretende recuperar luego de un tiempo determinado. Para evaluar dichos aspectos se emplean diferentes indicadores, dentro de los cuales los más destacados

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

son el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Periodo de Recupero de la Inversión (PRI).

Se entiende por VAN al valor actual/presente de los flujos de efectivos netos de una propuesta particular, entendiendo por flujo de efectivo neto a la diferencia entre los ingresos y los gastos netos. La TIR es la media geométrica de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión. En sí, ambos se basan en el mismo concepto, que es la estimación de los flujos de caja futuros de la empresa. El PRI se define como el período que tarda en recuperarse la inversión inicial, a través de los flujos de caja generados por el proyecto; cuanto más corto sea este período, menos riesgoso será el proyecto.

Para definir los indicadores, previamente debe analizarse el estado de resultados de la empresa.

### 13.6.1 Estado de resultados

El estado de resultado es un reporte financiero que, en base a un período determinado, muestra de manera detallada los ingresos obtenidos, los gastos en el momento en que se producen y como consecuencia, el beneficio o pérdida que ha generado la actividad en dicho período. Con estos datos se posibilita el análisis y la toma de decisiones. Entre los componentes del estado de resultados se encuentran:

- Ventas: se definen los ingresos por ventas obtenidos tras un período de tiempo considerado (se obtienen multiplicando el precio de venta por el volumen de producción).
- Costos de producción: se consideran los costos fijos y variables.
- Depreciaciones y amortizaciones: se detallaron en la sección 13.3.2.4.
- Utilidad marginal (resultado operativo): se la define como la diferencia entre los ingresos por ventas y los costos de producción.
- Gastos generales: incluye los gastos administrativos, los cuales son aquellos reconocidos en la actividad administrativa de la empresa; los comerciales son los que se emplean para la venta del bien en cuestión y los de financiación hacen referencia a los que incurre la empresa al financiarse con terceros.
- Utilidad bruta (resultado antes de los impuestos): es la diferencia entre la utilidad marginal y los gastos administrativos, comerciales y de financiación.
- Impuestos: se considera principalmente el impuesto a las ganancias, el cual es el 35 % de la utilidad bruta.
- Flujo neto efectivo (FNE): es la ganancia o pérdida final que la empresa obtiene tras la actividad.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

### Proyecto final de grado – Ingeniería química

En la Tabla 231 y la Tabla 232 se detalla el estado de resultados para el período de actividad considerado y en el Gráfico 29 se muestra el flujo neto efectivo del proyecto.

Tabla 231 - Estado de resultado.

EJERCICIOS (\$)	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ventas Netas	580.000.000	610.160.000	641.888.320	675.266.513	710.380.371
Costo de producción de lo vendido	492.356.151	511.843.066	536.905.421	563.261.096	590.988.655
Resultado operativo	87.643.849	98.316.934	104.982.899	112.005.417	119.391.716
Gastos de Administración	18.066	13.751	13.751	13.751	13.751
Gastos de Comercialización	492.356	511.843	536.882	563.224	590.935
Gastos de Financiación	84.055.687	83.731.674	83.295.914	82.709.864	81.921.693
Depreciación - Amortización	9.076.550	9.076.550	9.076.550	9.076.550	9.076.550
Resultado antes de impuestos	3.077.740	14.059.666	21.136.352	28.718.577	36.865.337
Impuesto a las Ganancias	1.077.209	4.920.883	7.397.723	10.051.502	12.902.868
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	<b>7.900.288</b>	<b>9.138.783</b>	<b>13.738.629</b>	<b>18.667.075</b>	<b>23.962.469</b>

Tabla 232 – Estado de resultados.

EJERCICIOS (\$)	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Ventas Netas	747.320.151	786.180.798	827.062.200	870.069.434	915.313.045
Costo de producción de lo vendido	620.159.584	650.849.101	683.136.355	717.104.630	752.841.560
Resultado operativo	127.160.567	135.331.697	143.925.844	152.964.804	162.471.485
Gastos de Administración	13.751	13.751	13.751	13.751	13.751
Gastos de Comercialización	620.087	650.756	683.018	716.959	752.664
Gastos de Financiación	80.861.690	79.436.105	77.518.850	74.940.356	71.472.568
Depreciación - Amortización	9.076.550	9.076.550	9.076.550	9.076.550	9.076.550
Resultado antes de impuestos	45.665.038	55.231.086	65.710.225	77.293.738	90.232.502
Impuesto a las Ganancias	15.982.763	19.330.880	22.998.579	27.052.808	31.581.376
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	<b>29.682.275</b>	<b>35.900.206</b>	<b>42.711.646</b>	<b>50.240.930</b>	<b>58.651.126</b>

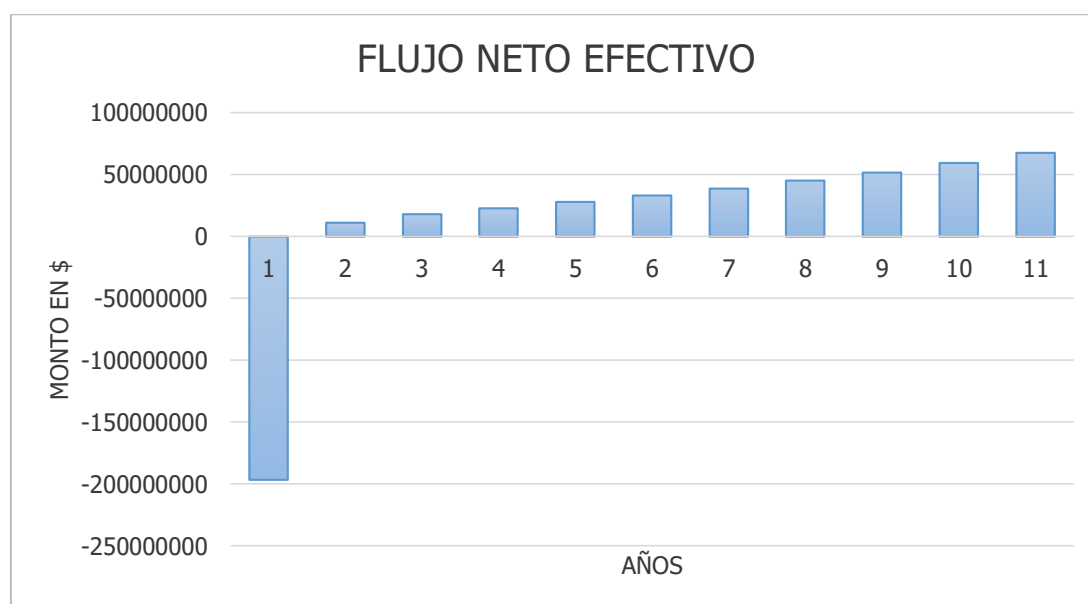


Gráfico 29 - Flujo neto efectivo.

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 13.6.2 Valor Actual Neto (VAN)

El valor actual neto (VAN) es el indicador financiero que permite determinar la viabilidad de un proyecto y que resulta de descontar la inversión inicial de los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá el proyecto.

Los proyectos se clasifican según la rentabilidad como sigue:

- Si el  $VAN > 0$ , la inversión produce ganancias y el proyecto debe aceptarse.
- Si el  $VAN = 0$ , el proyecto no produce ni ganancias ni pérdidas y no puede decidirse en función las ganancias.
- Si el  $VAN < 0$ , la inversión produce pérdidas y el proyecto debe rechazarse.

Antes de invertir, una empresa siempre tiene que considerar una tasa mínima de ganancia sobre la inversión propuesta, denominada TMAR. En el momento de realizar el análisis económico la TMAR correspondiente es del 30%.

El valor actual neto del proyecto es de \$ -118.662.346. A partir del resultado obtenido se determina que el proyecto evaluado no es rentable económicamente debido a que las diferencias entre los futuros ingresos y la inversión es negativa, por lo que la empresa genera pérdidas.

### 13.6.3 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR se define como el interés máximo que podría pagarse por el préstamo solicitado para la inversión inicial sin que se aprecien pérdidas. Es la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero.

- Si  $TIR > TMAR$  entonces el proyecto es viable y debe aceptarse.
- Si la TIR es demasiado elevada estamos frente a un proyecto rentable, que supone un retorno de la inversión equiparable a tipos de intereses altos que posiblemente ni se encuentren en el mercado.
- Si la TIR es baja debe rechazarse el proyecto debido a que es posible que existan mejores opciones en el mercado para invertir.

Se obtiene para la TIR un valor de 11%. Dado que el valor obtenido es menor a la TMAR (30%) se puede concluir que el proyecto no es rentable.

### 13.6.4 Período de recupero de la inversión (PRI)

Este indicador permite medir el plazo, en años, que se tarda en recuperar la inversión inicial realizada con las utilidades netas, suponiendo que se utiliza la totalidad de estas últimas únicamente para saldar dicha inversión. Cabe señalar que este indicador no considera el valor del dinero en el tiempo.

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

El valor del PRI para el presente proyecto es de 8,65 años, lo que corresponde a aproximadamente 103 meses. Analizando este resultado, se destaca que la inversión se recuperaría en un período demasiado largo, comparado con los diez años previstos para la actividad empresarial. Este indicador, sumado a los dos anteriores (VAN y TIR), aseguran que invertir en la fábrica de producción de fibra no es rentable, la misma produce pérdidas.

### **13.7 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

El análisis de sensibilidad es un término financiero empleado por las empresas para la toma de decisiones de inversión. El resultado del mismo indicará las variables que más afectan el resultado económico de un proyecto y cuáles son las variables que tienen poca incidencia en el resultado final. Se determina considerando el aumento o disminución de un indicador económico como la TIR a partir de fluctuaciones de las principales variables consideradas en el estudio económico, comparándolas con la función constante TMAR; dentro de los principales componentes se consideran el precio de ventas del producto en cuestión, los costos de los insumos empleados y los gastos de la mano de obra requeridos.

Como ya se ha determinado que el proyecto no es rentable económicamente, cabe destacar que la realización de tal análisis se hace para determinar cuánto deben aumentar o disminuir las variables en estudio para que el proyecto sea rentable, es decir, que la TIR sea superior a la TMAR.

El análisis de sensibilidad se realizó variando los componentes antes mencionados en base a las siguientes consideraciones:

- Precio de venta del producto: no es necesario hacer el análisis para una disminución del precio del producto ya que el proyecto no es rentable al momento, se realizó aumentando el mismo en 10%, 15% y 20%.
- Costos de insumos: no es factible la realización para un aumento de los mismos ya que continuaría dando inviable, se decide hacer el análisis para una disminución en 10%, 15% y 20% del precio de los mismos. La materia prima no se considera porque no tiene influencia.
- Mano de obra: no es necesario considerar el aumento de la misma por las razones ya mencionadas. El análisis se hace para una disminución del 10%, 15% y 20% de la mano de obra tanto directa como indirecta.

La influencia de estas tres variables en la TIR se muestra en el Gráfico 30.

## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

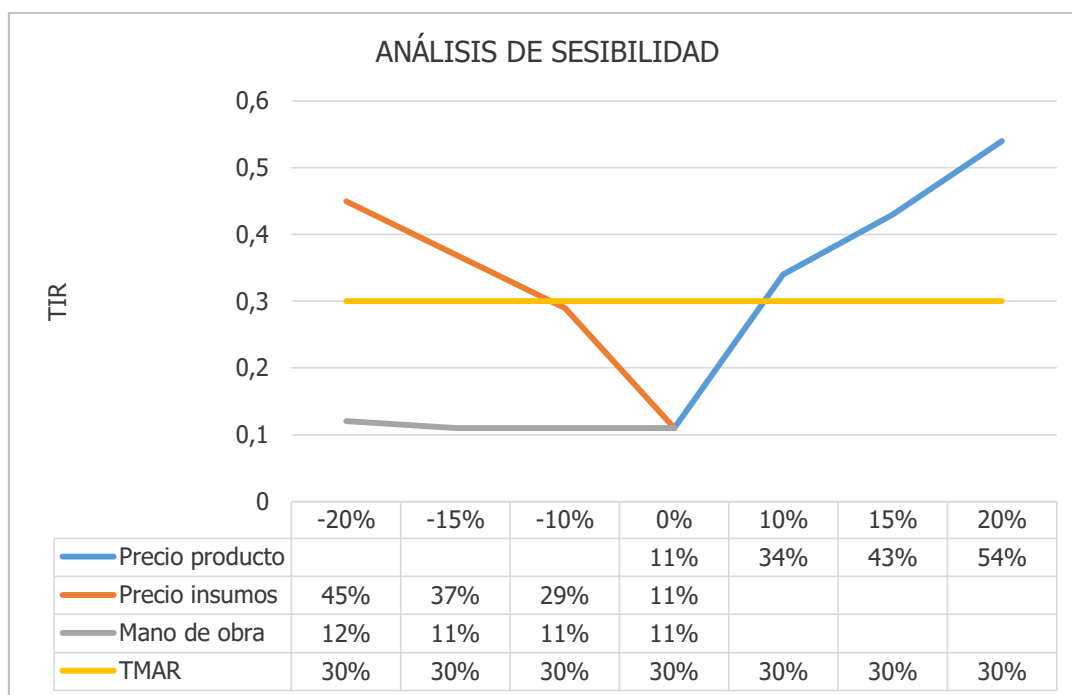


Gráfico 30 - Análisis de sensibilidad.

A partir de los resultados obtenidos en el Gráfico 30, se puede concluir que:

- Un aumento en el precio del producto del 10% es suficiente para que el proyecto sea rentable, definiéndose el mismo en un valor de \$638.000, en éste valor la TIR es superior a la TMAR. Cabe destacar que la misma tendencia se observaría si en lugar de cambiar el precio cambiamos el volumen de producción, ya que los mismos están directamente relacionados.
- En cuanto al precio de los insumos, una disminución del 10% no es suficiente, es necesario reducir hasta un 15% para que el valor de la TIR sea superior a la TMAR y el proyecto sea rentable económicamente.
- El análisis refleja, en cuanto a la mano de obra, que la misma no tiene influencia sobre la rentabilidad, ya que una disminución del 20% apenas provoca un aumento del 1% en la TIR.

### 13.8 CONCLUSIONES

El análisis del estudio económico financiero, permite concluir que el proyecto en cuestión no es viable económicamente, es decir, la empresa genera pérdidas. Ésta aseveración se determinó en base a que:

- Es necesario una inversión inicial demasiado elevada (\$207.288.843,6), en la cual el factor más influyente son los activos fijos, en particular, el costo de los equipos industriales y adicionales que representan casi el 50% de la inversión.

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

- En cuanto a al análisis de costos, los insumos necesarios tienen un costo elevado, en especial el solvente necesario para producir la fibra lyocell, el cual tiene un costo anual de \$397.743.150 ya que la cantidad necesaria del mismo es enorme en relación a la fibra producida.
- EL margen de beneficio es muy chico, la relación entre el costo unitario del producto y el precio de venta están muy próximos, es decir, las ganancias obtenidas por toneladas vendidas son muy poco significativas al costo necesario para producirlas.
- Los indicadores financieros determinan que la TIR es inferior a la TMAR, el VAN es negativo y el PRI está muy próximo al final del periodo de actividad empresarial.

El análisis de sensibilidad realizado determino, que es necesario que se aumente el precio del producto o el volumen de producción, o que se disminuyan los costos de los insumos para que el proyecto sea viable económicamente.



## PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

### 13.9 REFERENCIAS

- (2019). Obtenido de Inoxpa: [https://www.inoxpa.es/uploads/document/Fitxa%20tecnica/Components/Bombas/KIBERS/FT.KIBER\\_KSF.1\\_ES.pdf](https://www.inoxpa.es/uploads/document/Fitxa%20tecnica/Components/Bombas/KIBERS/FT.KIBER_KSF.1_ES.pdf)
- Alibaba.com.* (2019). Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Lyocell-staple-fiber-60134709287.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.7a64673eSV3Vam>
- Bombas HASA S.A.* (Octubre de 2019). Obtenido de <https://www.bombashasa.com/imag/cat-tecnico/120-MO-ct.pdf>
- CER.* (2019). Obtenido de [https://cer.com.ar/catalogo/czerweny?gclid=eaiaiqobchmijurkoe265qivhz6fch3b0wa7eaayayaaeglwafd\\_bwe&pageindex=2](https://cer.com.ar/catalogo/czerweny?gclid=eaiaiqobchmijurkoe265qivhz6fch3b0wa7eaayayaaeglwafd_bwe&pageindex=2)
- Córdoba Notebooks.* (2019). Obtenido de [https://www.cordobanotebooks.com.ar/categoria/home/notebooks/?gclid=EAIAIQobChMI0ai-2o7o5QIVewiRCh1MjQ3wEAAYAAAEgJv1PD\\_BwE](https://www.cordobanotebooks.com.ar/categoria/home/notebooks/?gclid=EAIAIQobChMI0ai-2o7o5QIVewiRCh1MjQ3wEAAYAAAEgJv1PD_BwE)
- EDET.* (Noviembre de 2019). Obtenido de <https://www.edetsa.com/edet/>
- EXFTO.* (2019). *Análisis de sensibilidad.* Obtenido de <https://efcto.com/diccionario/analisis-de-sensibilidad>
- FAO.* (2019). *Costos de producción.* Obtenido de <http://www.fao.org/3/V8490S/v8490s06.htm>
- FITA.* (2019). *CONVENIO COLECTIVO DE TRABAJO N° 123/90.* Obtenido de <http://www.setia.org.ar/pdf-setia/gremiales/historico123-90/h12390-01-Convenio%20Colectivo%20123-90.pdf>
- Garbarino.* (2019). Obtenido de [https://www.garbarino.com/?gclid=EAIAIQobChMIusyc5JPo5QIVwwmRCh0KSwzFEAAYAiAAAEgIltfD\\_BwE](https://www.garbarino.com/?gclid=EAIAIQobChMIusyc5JPo5QIVwwmRCh0KSwzFEAAYAiAAAEgIltfD_BwE)
- IUSA.* (2019). *Lista de precios de tuberías y conexiones.* Obtenido de <http://ws.iusa.com.mx/Precios/Lista156.pdf>
- Mercado libre.* (2019). Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-738681255-caudalimetro-flujometro-rotometro-420-ltsh-12-acrilico-\\_JM?quantity=1#position=5&type=item&tracking\\_id=b38d6f1d-8a49-4d5b-a2c4-07b7d1110d0d](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-738681255-caudalimetro-flujometro-rotometro-420-ltsh-12-acrilico-_JM?quantity=1#position=5&type=item&tracking_id=b38d6f1d-8a49-4d5b-a2c4-07b7d1110d0d)
- Mercado Libre.* (2019). Obtenido de <https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-738681255-caudalimetro-flujometro-rotometro-420-ltsh-12-acrilico->

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

\_JM?quantity=1#position=5&type=item&tracking\_id=b38d6f1d-8a49-4d5b-a2c4-07b7d1110d0d (

MERCK. (2019). *4-Methylmorpholine N-oxide solution* . Obtenido de [https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/258822?lang=es&region=AR&cm\\_sp=Insite-\\_-prodRecCold\\_xviews-\\_-prodRecCold5-2](https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/258822?lang=es&region=AR&cm_sp=Insite-_-prodRecCold_xviews-_-prodRecCold5-2)

---

## CONCLUSIONES

---

# PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS

Proyecto final de grado – Ingeniería química

## CONCLUSIONES

En base a los objetivos planteados en el capítulo 1 de la presente tesis se puede concluir que:

- Se utilizaron los conocimientos adquiridos en la carrera para realizar los capítulos requeridos, a la vez que, se adquieren nuevos conocimientos requeridos por este proceso en específico.
- Es necesario encontrar alternativas a la producción de fibras textiles que tengan como base el petróleo. Las fibras artificiales son una buena alternativa, ya que se basan en maderas generadas sustentablemente.
- Utilizando las cáscaras como fuente de celulosa, se le da uso a un residuo y, además, se reduce el consumo de algodón, el cual utiliza una mayor cantidad de agua en su ciclo productivo.
- Se analizó el mercado potencial de la fibra, obteniendo como resultado que, a pesar de ser un sector complejo, con debilidades y amenazas marcadas por los precios bajos internacionales que compiten con los internos, se puede generar un mercado consumidor para este tipo de fibra.
- En base a las producciones de jugo concentrado y algodón analizadas, se logró establecer la capacidad inicial de planta a 1000 toneladas al año.
- La planta se ubica en TECOTEX, una empresa textil localizada en Lules, provincia de Tucumán, debido a que, es conveniente desde los puntos de vista logísticos y económicos trasladar la materia prima a la empresa productora de hilos. Se eligió esta provincia debido a la cercanía de diversas empresas procesadoras de cítricos.
- Se determinó que el proceso soda se utiliza para la disolución de la lignina, ya que, es un método simple que utiliza pocos insumos logrando un rendimiento adecuado para las necesidades de este proyecto.
- Se debe tener en cuenta que otros procesos utilizan compuestos más contaminantes e invasivos, como el NaS, generando efluentes tóxicos complejos de tratar. Por esta razón, requieren equipos e instalaciones más complejas.
- Se definió el tipo de fibra textil a producir mediante la investigación de los diversos grupos existentes, llegando a la conclusión de que el lyocell se ajusta a los objetivos planteados, debido a que es un proceso que tiene un impacto ambiente prácticamente nulo, está comprendido por etapas menos complejas

## **PRODUCCIÓN DE FIBRA TEXTIL A PARTIR DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS**

Proyecto final de grado – Ingeniería química

que los de otros procesos y utiliza un solvente orgánico no tóxico que puede ser recuperado hasta cuatro veces.

- Se pudo contactar con proveedores de insumos y equipamientos para poder diseñarlos y adoptarlos. Estos equipos fueron determinados mediante la selección de los procesos y los balances de masa y energía realizados.
- Se determinaron los servicios necesarios para la producción programada.
- Se ubica la planta dentro del terreno de TECOTEX, determinando la localización de instalaciones y equipamientos en base a lo adoptado previamente. Con esto, se pudo realizar los planos representativos de la planta.
- Se llegó a la conclusión de que, en las condiciones planteadas, el proyecto no es viable económicamente ya que los indicadores financieros VAN y TIR dieron negativos y menor a la TMAR, y el PRI muy cercano a la finalización del proyecto. Con el análisis de sensibilidad se pudo obtener, que es necesario aumentar el precio del producto o el volumen de producción un 10%, o disminuir 15% el precio de los insumos.

---

# ANEXOS

---

## ANEXO

### Técnicas de calidad

#### 1. Determinación de la cantidad de alfa celulosa.

La cantidad de alfa celulosa, se determinó mediante el ensayo de la norma TAPPI T 203m 58. Alfa-celulosa es la fracción de pulpa resistente a 17,5% de hidróxido de sodio en condiciones de la prueba.

#### Preparación de la muestra

- a. Se transfiere una muestra de 3g, para someterla a un tratamiento alcalino, a un vaso de precipitado de 250 cm<sup>3</sup> colocado en baño maría. Se mide 75 cm<sup>3</sup> de la solución al 17,5% de NaOH a 20°C, se humedece la pulpa con 15cm<sup>3</sup> de esta solución y se macera suavemente con la varilla de vidrio durante un minuto, se agrega 10cm<sup>3</sup> mas muy se mezcla durante 15 segundos, de manera que transcurrido 2 minutos se hayan agregado 35 cm<sup>3</sup> de solución de NaOH, formándose una masa ligera libre de grumos con la misma maceración.
- b. Se mezcla, se agita y se deja en reposo durante 3 minutos, sin sacar el vaso de baño maría, se agregan 10 cm<sup>3</sup> de NaOH al 17,5% y se mezcla con la varilla de vidrio durante 10 minutos más y se agregan los 30 cm<sup>3</sup> remanentes de la solución de NaOH, en porciones de 10 cm<sup>3</sup> después de 2,5 minutos, 5 minutos y 7,5 min respectivamente.
- c. Se cubre el vaso con un vidrio reloj sin retirar la varilla y se deja la mezcla en baño maría durante 30min.
- d. Se agregan 100cm<sup>3</sup> de agua a 20°C rápidamente se mezcla bien y se deja la mezcla diluida en baño maría durante 30 min.
- e. Se vierten los contenidos e un crisol tarado, conectado al mataz de succión limpio. Durante la filtración debe mantenerse la pasta cubierta con la solución para impedir el paso de aire a través de la pasta, se lava el residuo filtrado, usando cinco porciones de 50 cm<sup>3</sup> cada una de agua a 20°C.
- f. Lavar el residuo de crisol en 400cm<sup>3</sup> de agua, descartando el filtrado, se desconecta el tubo de succión se llena el crisol con 40 cm<sup>3</sup> de solución 2N (10%) de ácido acético a 20°C y se deja humedecer el residuo 5 minutos, se elimina el ácido acético aplicando succión y se lava el residuo con agua hasta eliminar la acidez probando con papel indicador.
- g. Se limpia la pared externa del crisol con un paño limpio. Se coloca el residuo en la estufa a 105 junto con el pesa filtro, se seca hasta peso contante, se deja

enfriar y se pesa con pesa filtro, el residuo representa el porcentaje de alfa celulosa que contiene la muestra (Suárez Guarnizo, 2016).

## 2. Determinación de humedad de las cáscaras de naranja

Materiales y método.

Los materiales necesarios para la determinación de humedad son:

- Estufa
- Balanza analítica
- Desecador
- Capsula
- Pinzas

Procedimiento

Limpiar y secar en la estufa la capsula, luego colocarla en el desecador, seguidamente pesarla vacía, posteriormente agregar a la cápsula 10g de muestra y llevar la estufa a 100-105°C, hasta peso constante. Transferir a un desecador hasta temperatura ambiente. Pesar y calcular la pérdida de peso como humedad. (Ávila, 2011)

Resultados

Para determinar humedad es necesario tener en cuenta la siguiente fórmula:

$$\%humedad = \frac{CM - CR}{CM - CV} * 100$$

CM: capsula con muestra húmeda

CV: capsula con muestra seca

CR: capsula vacía

## 3. Método de retención por tamiz

Es uno de los métodos más sencillos para medir el tamaño y distribución de partículas. La granulometría se caracteriza en términos descriptivos, según la abertura. Se debe tamizar en condiciones tales que no se generen ni pérdida ni aumento del contenido de humedad de la muestra.

Como equipos se utilizan tamices analíticos que cumplan con la norma, de acero inoxidable con aberturas nominales.

El procedimiento consiste en hacer pasar 100g de material a través de una serie de tamices circulares previamente tarados, cada uno de diferente tamaño de poro, organizado desde el más grande hasta el más pequeño, los tamices se someten a vibración constante durante 10 minutos de manera que el material pase por todos los tamices y luego se pesa, el proceso se reitera hasta que el peso del cualquiera de los tamices no presente variaciones de más del 5%.



#### 4. Determinación de la tenacidad del hilo

La carga de rotura también conocida como resistencia media  $R_m$  se obtiene mediante pruebas de resistencia en el dinamómetro y es el esfuerzo que puede soportar el hilo hasta su rotura.

Existen varias formas de expresar la resistencia del hilo, uno de los procedimientos es dividir la carga de rotura o resistencia media en gramos por el título en tex del hilo, esto se expresa mediante la ecuación

$$\tau \left( \frac{gr}{tex} \right) = \frac{R_m(gr)}{N^m}$$

La tenacidad también puede expresarse en gr/den o en cN/tex, si se relaciona la carga de rotura en esas unidades ( $1 \text{ gr} = 0,978 \text{ cN}$ ) y el número del hilo en tex.

#### 5. Determinación de la elongación.

Es el área comprendida debajo de la curva de carga-alargamiento. Tanto los alargamientos como la elasticidad se pueden expresar en mm. O como es más corriente en porcentaje (%) respecto a la longitud inicial, es el llamado alargamiento relativo.

Planillas de registro de control de calidad

Recepción de la materia prima: RMP-01	Revisión	00
	Fecha	31/10/2019
Producto	Cáscaras	
Parámetro	% de celulosa	
Técnica	TAPPI T 203m 58.	
Valor normal	30%	
Valor limite	27-33%	
Resultados		
Responsable a cargo		
Fecha		
Hora		
Lote		
Firma del responsable		
Observaciones		

Recepción de la materia prima: RI-02	Revisión	00
	Fecha	31/10/2019
Producto	NaOH	
Número de certificación		
Responsable a cargo		
Fecha		
Hora		
Lote		
Firma del responsable		
Observaciones		

Recepción de la materia prima: RI-03	Revisión	00
	Fecha	31/10/2019
Producto	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	
Número de certificación		
Responsable a cargo		
Fecha		
Hora		
Lote		
Firma del responsable		
Observaciones		

Recepción de la materia prima: RI-04	Revisión	00
	Fecha	31/10/2019
Producto	NMMO	
Número de certificación		
Responsable a cargo		
Fecha		
Hora		
Lote		
Firma del responsable		
Observaciones		

Control del proceso productivo: RM-05		Revisión	00
		Fecha	31/10/2019
Etapa	Molino M-01		
Parámetro	Tamaño de partícula		
Técnica	Método de retención por tamiz		
Valor normal	2,36mm		
Valor limite	2-3 mm		
Resultados			
Responsable a cargo			
Fecha			
Hora			
Lote			
Firma del responsable			
Observaciones			

Control del proceso productivo: RR-06		Revisión	00
		Fecha	31/10/2019
Equipo/etapa	Impregnación R-01-02-03-04-05-06		
Parámetro	Presión	Caudal	
Técnica	Control automático		
Valor normal	1atm	6,3T/día	
Valor limite	2atm	6-6,5T/día	
Resultados			
Responsable a cargo			
Fecha			
Hora			
Lote			
Firma del responsable			
Observaciones			

Control del proceso productivo: RR-07		Revisión	00		
		Fecha	31/10/2019		
Equipo/etapa	Digestión R-01-02-03-04-05-06				
Parámetro	Presión	Temperatura	Caudal de NaOH	Caudal de vapor	Velocidad de agitación
Técnica	Control automático				
Valor normal	5kg/cm2	150°C	2,1420T/día	25745,8022kg/día	2,883rpm
Valor limite	6kg/cm2	130-200°C	1,90-2,5T/día	25000-30000kg/día	4rpm
Resultados					
Responsable a cargo					
Fecha					
Hora					
Lote					
Firma del responsable					
Observaciones					

Control del proceso productivo: RA-10		Revisión	00	
		Fecha	31/10/2019	
Etapa	Tanque auxiliar A-07			
Parámetro	pH			
Técnica	Control automático			
Valor normal	7			
Valor limite	5-8			
Resultados				
Responsable a cargo				
Fecha				
Hora				
Lote				
Firma del responsable				
Observaciones				

Control del proceso productivo: RD-11		Revisión	00
		Fecha	31/10/2019
Etapa	Deshidratador S-01		
Parámetro	Humedad		
Técnica	Secado en estufa		
Valor normal	43,79%		
Valor limite	40-45%		
Resultados			
Responsable a cargo			
Fecha			
Hora			
Lote			
Firma del responsable			
Observaciones			

Control del proceso productivo: RS-12		Revisión	00
		Fecha	31/10/2019
Etapa	Secador S-02		
Parámetro	Humedad	% de celulosa	
Técnica	Secado en estufa	TAPPI T 203m 58	
Valor normal	20%	67,74	
Valor limite	19-21%	65-70%	
Resultados			
Responsable a cargo			
Fecha			
Hora			
Lote			
Firma del responsable			
Observaciones			

Control del proceso productivo: RD-13		Revisión	00
		Fecha	31/10/2019
Disolución			
Parámetro	Caudal de vapor	Temperatura	
Técnica	Control automático		
Valor normal	3279,6755kg/día	90°C	
Valor limite	30000-35000kg/día	88-92°C	
Resultados			
Responsable a cargo			
Fecha			
Hora			
Lote			
Firma del responsable			
Observaciones			

Control del proceso productivo: RE-14		Revisión	00
		Fecha	31/10/2019
Etapa	Extracción		
Parámetro	Caudal de vapor	Temperatura	
Técnica	Control automático		
Valor normal	1447,4526kg/día	120°C	
Valor limite	1200-1600kg/día	118-122°C	
Resultados			
Responsable a cargo			
Fecha			
Hora			
Lote			
Firma del responsable			
Observaciones			

Control del proceso productivo: RL-15	Revisión	00
	Fecha	31/10/2019
Etapa	Lavado	
Parámetro	% de NMMO	
Técnica	Cromatografía	
Valor normal	0%	
Valor limite	0,2%	
Resultados		
Responsable a cargo		
Fecha		
Hora		
Lote		
Firma del responsable		
Observaciones		

Control del proceso productivo: RRE-16	Revisión	00	
	Fecha	31/10/2019	
Etapa	Evaporación		
Parámetro	Caudal de vapor	Temperatura	% de NMMO
Técnica	Control automático		Cromatografía
Valor normal	3278,0041kg/h	120°C	50%
Valor limite	3100-3300kg/h	118-122°C	49-51%
Resultados			
Responsable a cargo			
Fecha			
Hora			
Lote			
Firma del responsable			
Observaciones			



Producto final :RPF-17			Revisión	00
			Fecha	31/10/2019
Producto	Fibra celulósica			
Parámetro	Tenacidad	Elongación	% de celulosa	Humedad
Técnica	Pruebas de resistencia en el dinamómetro.		TAPPI T 203m 58	Secado con estufa
Valor normal	35-41cN/tex	11-16%	89%	10%
Resultados				
Responsable a cargo				
Fecha				
Hora				
Lote				
Firma del responsable				
Observaciones				

