

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
AGROINDUSTRIA**

**APLICACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN UNA
INDUSTRIA TEXTIL**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
QUÍMICO**

DANIEL CAHUEÑAS GARCÍA
dchuenas@mixmail.com

DIRECTOR: ING. BOLÍVAR IZURIETA
bolivar.izurieta@epn.edu.ec

Quito, Septiembre 2008

© Escuela Politécnica Nacional 2008

Reservado todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Daniel Cahueñas García, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Daniel Cahueñas García

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por DANIEL CAHUEÑAS GARCÍA, bajo mi supervisión

Ing. Bolívar Izurieta
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Al Sr. Ricardo Moreno por darme la oportunidad y todas las facilidades necesarias para la realización de este proyecto. A todos los miembros de la empresa por toda su ayuda y colaboración especialmente a Sarita Villegas, Hugo Mena, Kléver Chávez y Ricardo Sandoval. Al ing. Bolívar Izurieta por todo el tiempo entregado para la dirección del proyecto y por haberlo hecho de una manera clara y acertada. A mis padres que con su infinita paciencia y su apoyo impulsaron en gran medida la culminación de mi carrera. A mis primos Christian y Andrés porque siempre han estado conmigo en los peores momentos y porque nunca perdieron la fe en mi. A mi tía Amanda por haberme abierto las puertas de su casa y por haberme aguantado tanto tiempo. A mi abuelita que con su dulzura y cariño hicieron que este largo camino fuera más fácil. A mis brujitas que con su inocencia y locuras siempre supieron sacarme una sonrisa de mi rostro aún en los momentos más difíciles. A Sofía que con su motivación, empuje y cariño me ayudaron a hacer realidad mi carrera. A mis compañeros y amigos de la universidad especialmente a Javier Yaselga, Viviana Rosero, Natalia Vieira, Gustavo Reinoso, Daniel Reinoso, Johanna Morales, Christian Giler, Dario Simba, Paty Nuñez y Jesus Gil por haber sido un gran apoyo a lo largo de mi estancia en la Universidad, apoyo no solo académico, sino también personal. A mis grandes amigos Santiago Criollo y Diego Perez por haber estado conmigo cuando más los necesité. Y en general a todas las personas que en algún momento me estiraron la mano a lo largo de esta etapa de mi vida.

DEDICATORIA

A mis padres Marco y Sylvia por haber hecho de mi lo que soy, A Christian, Andrés, Kerly y Shirley por ser mis Hermanos. A Sofía por ser mi socia en nuestro Proyecto de Vida.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	vi
PRESENTACIÓN.....	vii
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	1
1.1. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.....	1
1.1.1. Introducción.....	1
1.1.2. Concepto.....	2
1.1.3. Aplicación.....	2
1.1.4. Esquema de Implementación.....	5
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO HÚMEDO PARA LA OBTENCIÓN DE TELA	9
1.2.1. Descrude	11
1.2.2. Semiblanco	13
1.2.2.1. Blanqueo con hipoclorito de sodio.....	13
1.2.2.2. Blanqueo con clorito de Sodio	14
1.2.2.3. Blanqueo con Agua Oxigenada.....	15
1.2.3. Tintura de Fibras de Algodón.....	17
1.2.4. Tintura de poliéster.....	22
1.2.5. Tintura de Fibras Celulósicas con Poliéster PES/Co.....	24
2. METODOLOGÍA.....	28
2.1. DEFINICIÓN DE LA LÍNEA BASE.....	28
2.2. DESARROLLO DE BALANCES DE MASA Y ENERGÍA.....	30
2.3. IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE LAS OPCIONES DE MEJORA VIABLES	31
2.4. EVALUACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LAS OPCIONES DE MEJORA SELECCIONADAS	31
2.5. PLAN DE MEJORAMIENTO	32
3. RESULTADOS.....	33
3.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA	33
3.2. DEFINICIÓN DE LA LÍNEA BASE.....	34
3.2.1. Control de agua que ingresa a la Fábrica.....	34
3.2.1.1. Uso de agua blanda.....	35
3.2.2. Utilización del agua en las diferentes secciones.....	36
3.2.3. Agua de Consumo en el Área de Tintorería	36
3.2.4. Programas de tintura.....	39
3.2.4.1. Máquina overflow Kranz (TO1).....	39
3.2.4.2. Máquina overflow Saturno (TO2).....	39
3.2.4.3. Máquinas overflow Brazzoli “A” y Brazzoli “B” (TO3 y TO4).....	40
3.2.4.4. Máquina Overflow Jumbo 666 (TO5).....	40
3.2.4.5. Máquinas de presión atmosférica Barca Grande, Barca“1” y Barca“2” (TO1,TO2 y TO3).....	40
3.2.5. Agua de enfriamiento	41
3.2.6. Generación y conducción de vapor	41
3.2.7. Manejo y control de insumos químicos y auxiliares para tintorería.....	42
3.2.8. Preparación de tela para la tintura.	43
3.2.9. Desperdicios y desechos sólidos.....	45
3.3. DESARROLLO DE BALANCES DE MASA Y ENERGÍA.....	45

3.4. SITUACIÓN DE LA EMPRESA TRAS APLICAR EL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA	46
3.4.1. Principales oportunidades de mejora.....	46
3.4.1.1. Recuperación del agua caliente de enfriamiento que se recircula a la cisterna, hacia tanques pulmón donde se almacenarían hasta su uso.	46
3.4.1.2. Recuperación de la energía térmica del agua de descarga de tintorería.	46
3.4.1.3. Aislamiento de la tubería de vapor y de los distribuidores.	47
3.4.1.4. Eliminación del desperdicio de agua proveniente del flujo artesiano disminuyendo la altura del nivel de agua en la cisterna para el encendido de la bomba.	47
3.4.1.5. Ahorro de agua por estandarización y optimización de los programas de tintura	48
3.4.1.6. Instalación de medidores para el control del flujo de agua a la salida del pozo y para el control del agua de consumo.....	49
3.4.1.7. Control periódico del caudal del flujo artesiano.....	49
3.4.1.8. Análisis diario de la dureza del agua que entra a tintorería.....	50
3.4.1.9. Almacenamiento por separado del agua blanda y no blanda	51
3.4.1.10. Optimización de la instalación de la tubería de vapor.....	51
3.4.1.11. Captación de condensados que se desechaban a la alcantarilla	51
3.4.1.12. Control de desperdicios en el proceso	52
3.5. SELECCIÓN DE LAS OPCIONES DE MEJORA CONSIDERADAS DE MAYOR IMPORTANCIA	52
3.6. EVALUACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LAS OPCIONES DE MEJORA SELECCIONADAS	53
3.6.1. Recuperación del agua caliente que sale del enfriamiento que se recircula a la cisterna, hacia tanques pulmón donde se almacenarían hasta su uso.	53
3.6.1.1. Almacenamiento	56
3.6.1.2. Traslado del fluido.....	58
3.6.1.3. Energía calórica ahorrada	59
3.6.1.4. Evaluación técnica, económica y ambiental de la propuesta	60
3.6.2. Recuperación de la energía térmica del agua de descarga de tintorería.	62
3.6.2.1. Dimensionamiento del intercambiador.....	64
3.6.2.2. Evaluación técnica, económica y ambiental de la propuesta.	67
3.6.3. Aislamiento de la tubería de vapor, distribuidores de vapor, tubería de retorno de agua caliente y de los tanques de almacenamiento de agua.	70
3.6.3.1. Cálculo del espesor óptimo adecuado para el aislamiento de las tuberías.	73
3.6.3.2. Evaluación técnica, económica y ambiental de la propuesta	76
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
ANEXO 1 DIAGRAMA DE IMPLANTACIÓN Y DIAGRAMA DE FLUJO	86
ANEXO 2 BALANCES DE MASA Y ENERGÍA.....	89
ANEXO 3 CÁLCULOS PARA LAS OPCIONES DE MEJORA.....	95
ANEXO 4 DIAGRAMAS TABLAS Y FIGURAS	114
ANEXO 5 HOJAS DE CONTROL Y FORMULARIOS	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Composición del Algodón	12
Tabla 3.1 Agua que se consume la fábrica	36
Tabla 3.2 Consumo de agua por programa y por máquina en litros	38
Tabla 3.3 Porcentaje de pérdidas originadas por el corte de tela al unir los rollos en la preparación	44
Tabla 3.4 Desperdicio originado en la preparación de tela	44
Tabla 3.5 Agua de enfriamiento generada, por máquina y por programa en litros	55
Tabla 3.6 Cargas y enfriamientos en el área de tintorería	57
Tabla 3.7 Volumen de agua de enfriamiento obtenido en 1 hora	57
Tabla 3.8 Materiales necesarios para la instalación.....	58
Tabla 3.9 Resultados de energía ahorrada por la separación del agua de enfriamiento	59
Tabla 3.10 Costo de la energía	60
Tabla 3.11 Inversión Prevista	60
Tabla 3.12 Costos de operación.....	61
Tabla 3.13 Ahorro de energía y dinero generado por la implementación	61
Tabla 3.14 Análisis de flujo de caja.....	61
Tabla 3.15 Índices financieros	62
Tabla 3.16 Porcentaje de humedad de las telas al término de cada baño	63
Tabla 3.17 Cantidad de agua que se queda en la tela procesada en 6 meses de trabajo	64
Tabla 3.18 Datos para el intercambiador	65
Tabla 3.19 Resultados del dimensionamiento del intercambiador	65
Tabla 3.20 Resultados que se tienen con el intercambiador RCR	66
Tabla 3.21 Costo del intercambiador.....	66
Tabla 3.22 Energía y dinero ahorrado	66
Tabla 3.23 Inversión Prevista	68
Tabla 3.24 Costos operativos.....	68
Tabla 3.25 Análisis de flujo de caja considerando el intercambiador de la casa Pozzi.....	69
Tabla 3.26 Índices económicos.....	70
Tabla 3.27 Características de los elementos analizados para determinar las pérdidas calóricas	72
Tabla 3.28 Pérdidas calóricas por convección natural.....	72
Tabla 3.29 Pérdidas calóricas por radiación	73
Tabla 3.30 Pérdidas calóricas totales.....	73
Tabla 3.31 Costos del material requerido para el aislamiento.....	75
Tabla 3.32 Espesor óptimo del aislante	75
Tabla 3.33 Costos de implementación del aislamiento de la tubería de vapor y de los distribuidores	76
Tabla 3.34 Depreciación del aislamiento.....	77
Tabla 3.35 Ahorro de energía y dinero ahorrado por la implementación del aislamiento en la tubería y distribuidor de vapor.....	77
Tabla 3.36 Análisis de flujo de caja para el aislamiento de los distribuidores y de la tubería de vapor	77
Tabla 3.37 Índices económicos para el aislamiento de la tubería a vapor y distribuidores	77
Tabla 3.38 Costos de implementación del aislamiento de la tubería de agua y de los tanques de agua.....	78
Tabla 3.39 Costos operativos y depreciación	78

Tabla 3.40 Ahorro de energía y dinero generado por la implementación del aislamiento en la tubería de agua y en los tanques de almacenamiento	78
Tabla 3.41 Análisis de flujo de caja en el aislamiento de la tubería de agua caliente y de los tanques	79
Tabla 3.42 Índices económicos para el aislamiento de la tubería de agua y los tanques ...	79
Tabla A- 1 Datos necesarios para el balance de energía	94
Tabla A- 2 Datos necesarios para el cálculo de la altura de bomba y las pérdidas.	97
Tabla A- 3 Datos necesarios para el cálculo del coeficiente de fricción.	99
Tabla A- 4 Datos necesarios para el cálculo de las pérdidas por accesorios.	99
Tabla A- 5 Datos necesarios referentes al agua, para los cálculos de ahorro de energía calórica.....	101
Tabla A- 6 Datos necesarios para el cálculo de números adimensionales para la tubería de agua caliente	104
Tabla A- 7 Datos necesarios para el cálculo de las pérdidas de calor por convección natural	104
Tabla A- 8 Datos necesarios para el cálculo del calor perdido por radiación	105
Tabla A- 9 Datos para el cálculo de espesor del aislante	107
Tabla A- 10 Propiedades de los fluidos a la temperatura media	110
Tabla A- 11 Datos necesarios para el dimensionamiento del intercambiador de calor....	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Fases de aplicación de Producción más Limpia.....	8
Figura 1.2 Esquema de una máquina overflow de tintura	11
Figura 1.3 Curva de descrude y semiblanco.....	17
Figura 1.4 Máquina overflow Brazzoli “B” de 200 Kg.....	18
Figura 1.5 Curva de tintura de algodón para colores medios con colorantes directos	20
Figura 1.6 Curva de tintura con colorantes reactivos para un color fuerte.....	22
Figura 1.7 Curva de tintura de toalla algodón	22
Figura 1.8 Máquina de tintura overflow Kranz de 400 Kg	23
Figura 1.9 Curva de tintura de poliéster con lavado reductivo.....	24
Figura 1.10 Curva de tintura de poli-algodón en baño único colores medios.....	27
Figura 3.1 Diagrama de flujo del proceso húmedo de tintura	33
Figura 3.2 Litros de agua que se desperdicia del flujo artesiano.....	35
Figura 3.3 Consumo de agua de pozo por bombeo	49
Figura 3.4 Caída del caudal del artesiano.....	50
Figura 3.5 Punto de equilibrio entre el costo del aislamiento y el costo por el calor perdido	74
Figura A- 1 Diagrama de flujo del agua.....	90
Figura A- 2 Diagrama de flujo del vapor	92
Figura A- 3 Diagrama de implantación de la opción de mejora.....	96
Figura A- 4 Intercambiador de calor RCR-30.....	112
Figura A- 5 Eje de discos por donde circula el fluido frío	112
Figura A- 6 Intercambiador de calor de tubos y coraza	113

RESUMEN

El presente trabajo muestra la aplicación de los principios fundamentales de Producción más Limpia en los procesos húmedos de una industria textil, con el objetivo de generar una propuesta técnica-económica-ambiental, que permita la optimización del uso del agua.

Igualmente trata de minimizar los desperdicios y optimizar los recursos utilizados durante el proceso.

Se determinó el diagrama de flujo del proceso húmedo para la obtención de tela, con base en el cual se analizó todas las entradas y salidas de las operaciones del proceso; se realizó las mediciones pertinentes que permitieron realizar los balances de masa y energía para determinar la línea base del consumo de agua.

Con la información recopilada se determinó doce opciones de mejora, de las cuales se escogieron tres para el análisis técnico económico y ambiental, debido al alto impacto que representaban en el proceso productivo. La primera opción de mejora es la recuperación del agua caliente que sale del enfriamiento que será almacenada en tanques pulmón para su posterior reuso en la operación de tintura de tela con el consiguiente ahorro de energía. Con esta acción se pretende además evitar el calentamiento del agua de la cisterna, a la cual era recirculada dicha agua caliente, ya que el agua de la cisterna entra nuevamente como fluido de enfriamiento a los intercambiadores alargando el tiempo de enfriamiento por su temperatura.

La segunda opción de mejora analizada fue la recuperación de la energía térmica del agua de descarga de la tintorería, mediante un intercambiador de calor se obtendrá agua caliente. Con la recuperación de energía calórica se disminuirá el consumo de combustible y con ello se tendrá un

ahorro en los costos de operación, además permitirá enfriar las descargas a la alcantarilla para cumplir con la norma ambiental vigente.

La tercera opción de mejora seleccionada fue el aislamiento de la tubería de vapor, de los distribuidores de vapor, de la tubería de retorno del agua caliente y de los tanques de almacenamiento del agua caliente, con esta medida se evitará la pérdida de calor y de esta manera se ahorra dinero en el consumo de combustible.

Con la implementación de las opciones de mejora propuestas se puede alcanzar un ahorro de hasta 21 metros cúbicos de agua fresca por día. También se logrará un ahorro de 40.17×10^6 Kcal/día.

La inversión necesaria para la implementación de las opciones de mejora seleccionadas es de 48931 USD que se recuperaría en aproximadamente un año.

PRESENTACIÓN

La industria textil del Ecuador en los últimos años se ha fortalecido lo que hace que el sector textil constituya parte importante de la economía del país. Sin embargo la industria tiene el gran desafío de aumentar la competitividad.

La Producción más Limpia es una de las herramientas más efectivas y directas para aumentar la competitividad mediante la optimización de los recursos y es amigable con el medio ambiente porque disminuye los contaminantes evitando que estos se generen.

Por el beneficio económico y junto a la preocupación por evitar la contaminación ambiental, que en los últimos años ha tomado fuerza; constituyen los fundamentos para la aplicación a una empresa textil del proyecto de Producción más Limpia que aquí se presenta.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

1.1.1. INTRODUCCIÓN

Durante muchos años los residuos que la industria generaba se los enfrentaba de distintas formas: a) ignorándolos, disponiendo de ellos sin ningún tipo de contemplación; b) diluyéndolos, disminuyendo su concentración utilizando solventes que aumentaban el caudal de los efluentes; c) desechándolos, previo un tratamiento que mitigaban los efectos contaminantes de los efluentes que salían al termino del proceso, lo cual incrementaba los costos sin aumentar el valor de los productos, además, estos tratamientos no eliminan los contaminantes de una manera absoluta sino que los trasladan de un medio a otro, lo que constituye un problema adicional para la empresa.

La Producción más Limpia aborda el problema ambiental mucho antes de que los contaminantes se generen, es decir, en el inicio mismo de los procesos, concentrando la atención en la evaluación de procesos productivos, productos y servicios y la eficiencia en el uso de materias primas e insumos, para identificar mejoras que se orienten a conseguir niveles de eficiencia que permitan reducir o eliminar los residuos (CONEP, 2006), lo que hace de la Producción más Limpia un sistema preventivo y no un sistema de mitigación.

El manejo de Producción más Limpia es relativamente nuevo, las primeras ideas fueron difundidas por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA,) al principio de la década de los 90 y fue en el año de 1992 cuando en Río de Janeiro se instaló la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Desarrollo

(UNCED) donde se puso en pauta un nuevo modelo de desarrollo para el siglo XXI, siendo un hito internacional, teniendo en la mira el establecimiento de estrategias para el desarrollo sustentable. (PNUMA, 2004)

1.1.2. CONCEPTO

Según el Programa de las Naciones Unidas y el Medio Ambiente (PNUMA,), se la define como: la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eco eficiencia y reducir los riesgos al hombre y al medio ambiente. Este concepto se lo puede aplicar en: (PNUMA, 2004)

Procesos Productivos.- Conservación de materias primas y energía, eliminación de materiales tóxicos y reducción de la cantidad y de la toxicidad de los residuos y desechos.

Productos.- Reducción de los impactos negativos a lo largo del ciclo de vida de un producto, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final.

Servicios.- Incorporación de las consideraciones ambientales en la planificación y entrega de los servicios.

1.1.3. APLICACIÓN

La PML ha sido considerada como un sistema de gestión, y como cualquier sistema, éste también tiene barreras que se oponen a su implementación. En el informe Cleaner Production in Latin America and the Caribbean (CETESB & PNUMA,, 2002), se identifican claramente cuales son estas barreras y las clasifican en diferentes ámbitos: Gubernamentales, Industriales y Generales.

Gubernamentales:

- La falta de compromiso por parte de las autoridades, en la priorización del medio ambiente
- Falta de soporte legislativo que privilegie acciones de carácter preventivo
- Falta de conocimiento sobre la calidad ambiental a raíz de la inexistencia o inadecuación de la red de monitoreo que permita un diagnóstico ambiental eficiente y una identificación de la lógica entre la causa y el efecto como parámetro principal en la planificación de acciones de control ambiental.

Industriales:

- Falta de interés y participación limitada en la implementación de acciones de PML por razón del desconocimiento de alternativas tecnológicas y comportamiento reactivo de los empresarios orientado a la resolución de problemas inmediatos, y atención a la legislación de control correctivo de la contaminación. La falta de estructura organizacional adecuada afecta principalmente a las Pequeñas y Medianas Empresas.
- Dificultad en realizar nuevas inversiones debido al desconocimiento de la existencia de líneas de crédito en PML, intereses excesivos cobrados por los bancos locales en el contexto de las crisis económicas y políticas de los países de la región.

Generales

- Falta de concientización sobre PML, mostrando la necesidad de mayor entrenamiento y divulgación.

- Dificultad en mantener y desarrollar centros de investigación dedicados al conocimiento de tecnologías limpias y materiales alternativos.
- Falta de coordinación y sinergia entre los actores involucrados en el tema (gobierno, industria y sociedad). (PNUMA, 2004)

La aplicación de la PML permite el cumplimiento de las normas ambientales, así como también, ayudan a la empresa en su competitividad al reducir los costos de producción ya que los recursos son utilizados con gran eficiencia disminuyendo de esta forma los contaminantes que se generan haciendo que el costo del tratamiento de los mismos sean mínimos.

Las acciones que se toman en la aplicación de PML se las puede clasificar dentro de 3 niveles en los cuales se toma en cuenta el monto de la inversión, el retorno de la inversión y el grado de dificultad de la aplicación de la acción.

Acciones de nivel 1.- Son las más simples de implementar, usualmente no presentan inversión alguna pero suelen ser las más difíciles de mantener debido a la falta de costumbre o por considerarlas de poca utilidad. Un ejemplo de estas acciones puede ser: barrer el piso en vez de utilizar agua para arrastrar la suciedad al caño o separar las aguas lluvias de las aguas de proceso.

Acciones de nivel 2.- Estas presentan una inversión considerable, con un tiempo medio de retorno de la inversión, su implementación es relativamente fácil y pueden ser: recirculaciones o reutilizaciones de los efluentes disponibles, previo estudio de factibilidad.

Acciones de Nivel 3.- Son las de más alta inversión, tienen un tiempo largo de retorno de la inversión y su implementación puede encontrar grandes obstáculos. Entre estas acciones están la reingeniería de

producto, cambios de tecnología de producción, y cambios de los equipos.

1.1.4. ESQUEMA DE IMPLEMENTACIÓN.

La implementación de la PML se tiene que realizar en una serie de pasos sistemáticos que permitirán determinar las opciones de mejora más factibles a ser implementadas, así como también, una retroalimentación de datos que hace de la PML un proceso de mejora continua.

El esquema de implementación se detalla a continuación.

Fase I: Organización

Se estructura el equipo de trabajo que debe estar formado por personal que tenga acceso fácil a la información y por personal que aporte con conocimiento técnico y con ideas para la correcta aplicación de la PML.

El equipo de trabajo se encargará de recolectar los datos necesarios para desarrollar las actividades que la PML, en caso de no existir datos, el equipo deberá obtenerlos con trabajo en planta y registrarlos.

Fase II: Auditoría Inicial

Una vez formado el equipo de trabajo, el segundo paso es determinar la línea base del proceso productivo mediante una auditoría inicial.

Durante la ejecución de la auditoría se analiza minuciosamente todo el proceso productivo, para poder tener una idea muy clara de cuales son las entradas y salidas, tanto de materia prima como de insumos y desechos que pueda tener un proceso.

El equipo debe cuantificar todas las entradas y salidas de cada operación del proceso, lo cual es importante para tener datos de la cantidad de

materia prima, insumos y desechos que se tiene en cada operación y así poder realizar los balances de masa y de energía correspondientes y también poder determinar la línea base del proceso.

Fase III: Identificación y Selección de las Opciones de Mejora

Para poder identificar y seleccionar las opciones primero debemos identificar los problemas en el proceso de producción. Algunos ejemplos se describen a continuación:

Pérdidas de materiales

Excesos en la utilización de insumos

Generación de desechos

Falta de control en los procesos críticos

Ineficiencias generadas por flujo incorrecto de material

El éxito de esta fase depende de la auditoría inicial, cuando la auditoría inicial se la hace de la mejor manera, la identificación de los problemas se los realiza de forma más ágil y eficaz, lo que hace que la selección de las opciones de mejora sean las más adecuadas.

Todas las opciones de mejora deben ser analizadas en el más mínimo detalle, ningún detalle puede ser obviado por más pequeño que sea y se deben escoger las que sean más factibles de implementar.

Fase IV: Evaluación técnica, ambiental y económica de las opciones de mejora

Las opciones de mejora se las evalúan dentro del marco de lo técnico, de lo ambiental (según el impacto que cause) y del económico.

Cuando existen opciones de mejora que se que implementa a lo largo del

estudio por ser de nivel 1, éstas se evalúan para ver si están dando el resultado esperado o si necesitan de algún ajuste. La información que se obtiene se retroalimenta a la fase 2 y sigue el proceso.

Fase 5: Elaboración del informe

Se elabora un informe final en el cual se detalla las acciones que se tomaron para desarrollar cada una de las fases de la aplicación de Producción más Limpia, así como también se deben puntualizar muy claramente los resultados obtenidos, las conclusiones del trabajo. Este informe se lo debe presentar a la gerencia, el cual servirá para que ésta tome las decisiones que crea conveniente. (Reinoso G, 2006)

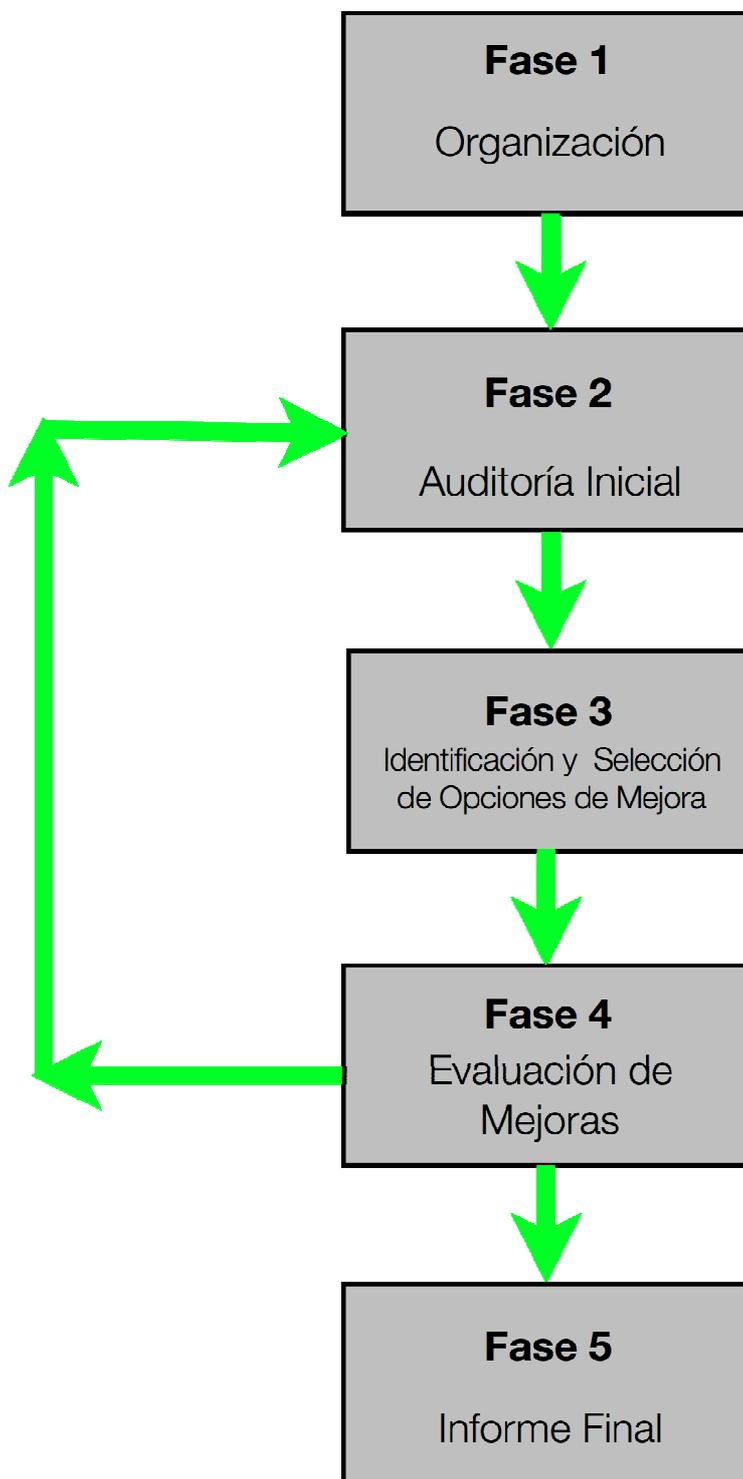


Figura 1.1 Fases de aplicación de Producción más Limpia

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO HÚMEDO PARA LA OBTENCIÓN DE TELA

Una vez que la tela ha sido tejida en sus diferentes tipos, tanto de tejido como de material, se la almacena en la bodega de tela cruda, sobre palets y clasificada, previa codificación y revisión.

Los rollos de tela debidamente codificados y revisados salen de la bodega de tela cruda y entran al área de preparación de acuerdo a pedidos que se receipta del departamento de ventas. El preparador de tela sigue un cronograma de tintura previamente determinado por el coordinador de programación general, el cual debe coordinar con el departamento de ventas, con el área de tejeduría plana y circular y con el área de tintorería para poder planificar los baños de tintura que se harán en el día.

Una vez que la tela cruda está en el área de tintura, se procede a cargarla en la máquina que corresponda según lo programado, que depende de: color, cantidad a tinturar y tipo de tela.

La fábrica cuenta con cinco máquinas overflow y tres barcas para tinturado a presión atmosférica.

Las máquinas de tintura overflow constan de un cuerpo cilíndrico en el cual se encuentra el licor de tintura y donde se introduce la tela la cual circula con la ayuda de un torniquete que se encuentra en la parte superior del cuerpo de la máquina y por la fuerza que ejerce la bomba que recircula el licor en la máquina. El licor de tintura pasa por un intercambiador de calor mediante el cual se enfrían o calientan según las necesidades.

Las máquinas modernas tienen un tanque auxiliar por el cual atraviesa un

serpentín. Este tanque ayuda a ahorrar tiempo ya que se puede precalentar el agua que se va a necesitar en un baño de tintura. En algunos casos se puede llenar el tanque auxiliar con agua y con los auxiliares de tintura antes de que estos entren a la máquina, esto es una ventaja ya que se puede adecuar la temperatura del agua de acuerdo a las características de los auxiliares que se utilicen.

Otro de los dispositivos que integran el conjunto de una máquina para tintura es el tanque lateral. Este tanque es usado para la adición de los productos químicos que se utilizan en la tintura. Algunas máquinas constan de dos tanques laterales, que ayudan a ahorrar tiempo porque mientras un tanque está dosificando producto a la máquina, el segundo disuelve el producto que está por entrar a tintura.

Las máquinas más actuales tienen tres tomas para agua, con las cuales se puede tener un uso más eficiente del líquido vital, ya que se puede tener agua blanda, agua dura y una alimentación de agua caliente.

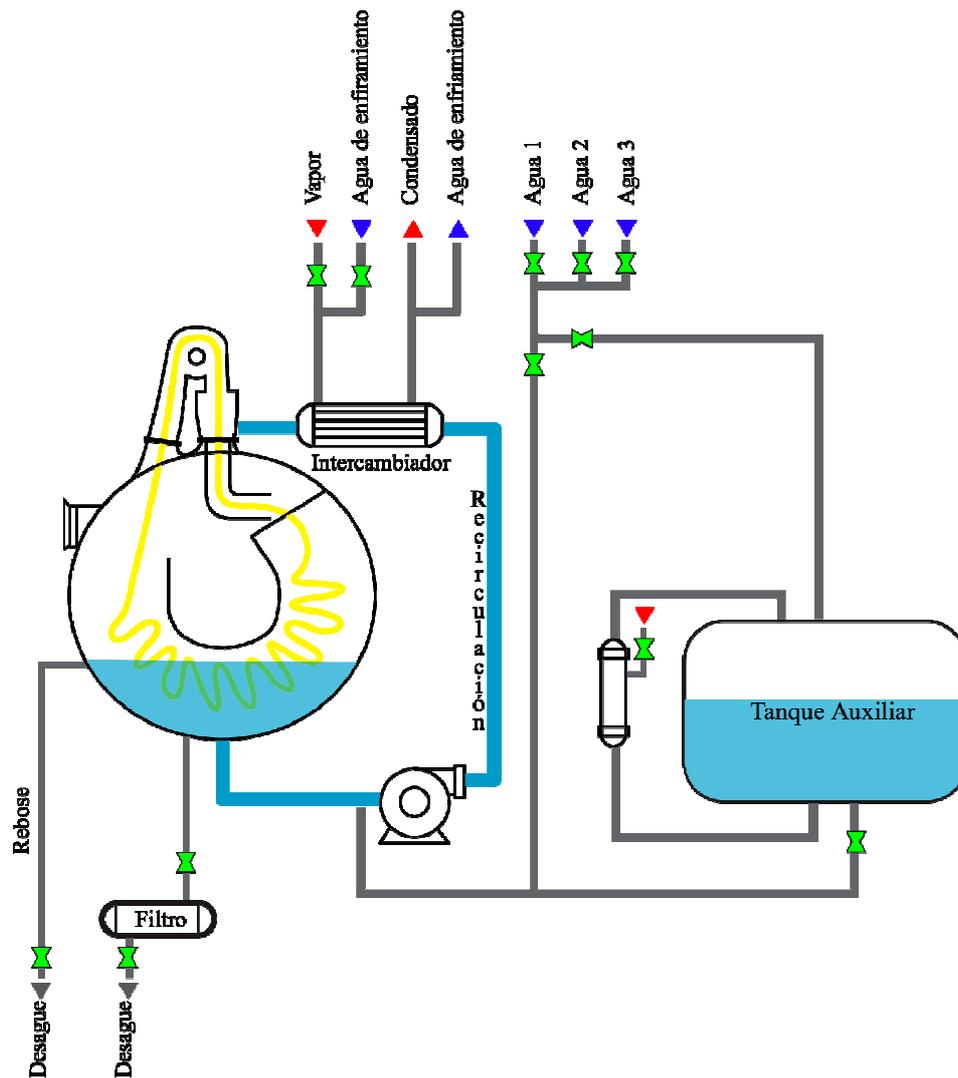


Figura 1.2 Esquema de una máquina overflow de tintura

1.2.1. DESCRUDE

Es un proceso en el cual se eliminan las impurezas y demás agentes que pueden interferir en el proceso de tintura, entre estos agentes se encuentran: ceras y grasas, materias pectínicas, cáscaras, pelusas y hojas de semilla de algodón. (Escobar C, 1966)

En la tabla 1.1 se muestra una composición típica del algodón.

Tabla 1.1 Composición del Algodón

Materia	Porcentaje
Celulosa	83.3
Grasas y Ceras	0.6
Pectinas	5.9
Agua	6.9
Ceniza	1.7

Nota: Tabla extraída del libro de ESCOBAR Carlos 1966

El descrude puede ser de baja presión o alta presión.

Descrude de alta presión.- Se realiza en autoclaves o en máquinas cerradas a temperaturas que van desde los 100°C hasta los 120°C por períodos de 2 a 6 horas a mayor temperatura menor el tiempo que se necesita. (Escobar, C, 1966)

Para este proceso se utiliza sosa cáustica de 3 a 4% y carbonato de sodio en las mismas proporciones. También se añade bisulfito de sodio en una relación de 0.1 a 0.3 cm³/L o también hidrosulfito de sodio a 0.1% del peso de tela. Después se hace un lavado con agua caliente y otro con agua fría.

La calidad del agua en este proceso es muy importante porque las sales de calcio y magnesio causan manchas. Para eliminar este problema es necesario contar con agua blanda o utilizar ablandadores que reducen la dureza notablemente como para evitar problemas. (Escobar C, 1966)

Si el tratamiento con álcali se realiza en cuerda existe el peligro de que se formen arrugas que se fijan luego en forma permanente. Como las fibras celulósicas se hinchan fuertemente en la solución alcalina, si el tratamiento alcalino se lleva a cabo por el sistema de enrollado el tejido tiene tendencia a formar moiré (sombras). Para contrarrestar este efecto conviene que los procesos de hinchamiento tengan lugar antes del

enrollado. (BASF, s.f.)

Descrude a Baja Presión.- Se lo realiza en máquinas abiertas y puede efectuarse más rápidamente que el descrude bajo presión sobre todo cuando se trata de tejidos livianos que no tengan muchos aprestos.

Para evitar la formación de oxixelulosa en este proceso se puede añadir carbonato de potasio en una cantidad de 2 a 5% y aumentar la cantidad de humectante con esto el proceso puede durar de 1 a 4 horas y después se efectúan los enjuagues correspondientes.

Este proceso se puede efectuar con carbonato de sodio y un buen humectante pero las cantidades deberán ser mayores y de esta forma se puede efectuar en tan solo 45 min o 1 hora y luego enjuagar.

1.2.2. SEMIBLANCO

Este proceso es el que sigue al descrude, pero si el material no contiene mucho apresto como tejidos planos delgados o tejidos de punto, se puede empezar por el semiblanco.

La intensidad de blanqueo que se le da al tejido, depende del tono de color que tomara la tela, si el color es bajo o medio el blanqueo debe ser casi completo y si el color es fuerte entonces el blanqueado no debe ser muy exhaustivo e inclusive no debería haber blanqueo y se puede teñir después del descrude. (Escobar C, 1966)

Existen varios tipos de blanqueo:

1.2.2.1. Blanqueo con hipoclorito de sodio.

Para este proceso se utiliza una concentración de 0.5 a 3 g/L de cloro activo a una temperatura no mayor de 20°C. Para poder acelerar el

proceso se puede utilizar humectantes que sean compatibles con el hipoclorito de sodio, a razón de 0.5 a 1% del material a blanquear, de esta manera se consigue una buena hidrofiliidad para el proceso de tinturado.

El ácido clorhídrico que se forma de la descomposición del hipoclorito de sodio al ser tratado en un medio alcalino es soluble y fácil de eliminar con lavados y para estar seguros de que el algodón está completamente libre de los compuestos de cloro se añade tiosulfato de sodio en un porcentaje de 0.5 a 1 del peso del material, luego se lava con agua fría hasta conseguir un pH de 6 a 7

También se puede utilizar agua oxigenada para deshacerse de todos los compuestos que se pudieron haber creado y con mejores resultados. (Escobar C, 1966)

1.2.2.2. Blanqueo con clorito de Sodio

Es un proceso rápido y la fibra no es atacada si se lo hace correctamente. El proceso se lo realiza a 85 y 95°C. (Escobar C, 1966)

Debido al alto poder corrosivo del hipoclorito de sodio la maquinaria debe ser de acero inoxidable en su totalidad, tubería, válvulas y cubas. El acero que se utiliza en este tipo de maquinaria es un acero al molibdeno. (Escobar C, 1966)

El pH es debe ser ácido, ya que el hipoclorito se activa a pH bajo, y depende de la velocidad que se requiera darle al proceso, rangos de pH de 3.5 a 3.8 acelera el blanqueo pero si se quiere que el blanqueo sea más lento, conviene un pH de 4 a 4.5. (Escobar C, 1966)

La temperatura también es una variable a considerar ya que debe subir lentamente hasta 80-95 °C para obtener un blanqueo homogéneo.

(Escobar C, 1966)

1.2.2.3. Blanqueo con Agua Oxigenada

El agua oxigenada al contacto con los materiales a blanquear y se produce una reacción en la cual el oxígeno disuelto oxida los elementos que conforman el color característico del algodón. El oxígeno en su forma molecular no tiene un gran efecto en el blanqueo se debe buscar el oxígeno activo.

Para obtener oxígeno activo debe tomar en cuenta tres factores.

La alcalinidad de los baños

A mayor pH más rápido se descomponen los baños de peróxido y por lo tanto la velocidad del blanqueo aumenta

La temperatura

La temperatura se debe subir lo más rápido posible para que la separación de los oxígenos del agua sea rápida y de esa forma obtener un blanqueo rápido. Las máquinas deben estar programadas para subir la temperatura al mayor gradiente posible hasta 80 °C de esta manera se puede obtener una eficiencia alta en el blanqueo.

Los estabilizadores

Ayudan a la separación uniforme del oxígeno del agua. Normalmente se utiliza silicato de sodio pero también existen estabilizadores orgánicos.

El silicato de sodio debe ser utilizado en agua que tenga sales de magnesio para poder tener una buena influencia estabilizadora.

El agua que se utiliza en este proceso debe estar libre de sales de hierro, ya que estas actúan en forma de catalizador que activa la separación de

oxígeno. Si el oxígeno se separa rápidamente se corre el peligro de que se forme oxixelulosa dañando el material que se está blanqueando.

En la fábrica se realizan los procesos de descruce y semiblanco en conjunto ahorrando tiempo.

La máquina se carga con la cantidad de agua requerida (depende de la máquina y de la relación de baño) y se adiciona el antiqiebre, se carga la tela a la máquina desde los coches, se asegura que la máquina esté bien sellada. Se introducen los demás productos mediante la cuba lateral, la temperatura se eleva a razón de 3 °C por minuto hasta llegar a 100 °C, se mantiene durante 10 minutos y se enfría la tela hasta 70 °C, para luego botar el agua, Se vuelve a llenar la máquina con agua para hacer un lavado a 70 °C para limpiar la tela de cualquier vestigio que pudo haber quedado en la tela en el proceso de descruce y semiblanco, el lavado se lo hace durante 10 minutos y se bota el agua a 70°C, en algunos casos como en toallas se tiene dos lavados, se vuelve a llenar de agua la máquina para neutralizar el baño mediante el uso de ácido y un producto para eliminar residuos de agua oxigenada presentes en la tela que podrían causar interferencia en la etapa de tintura.

La curva de un descruce y semiblanco se muestra en la figura 1.3

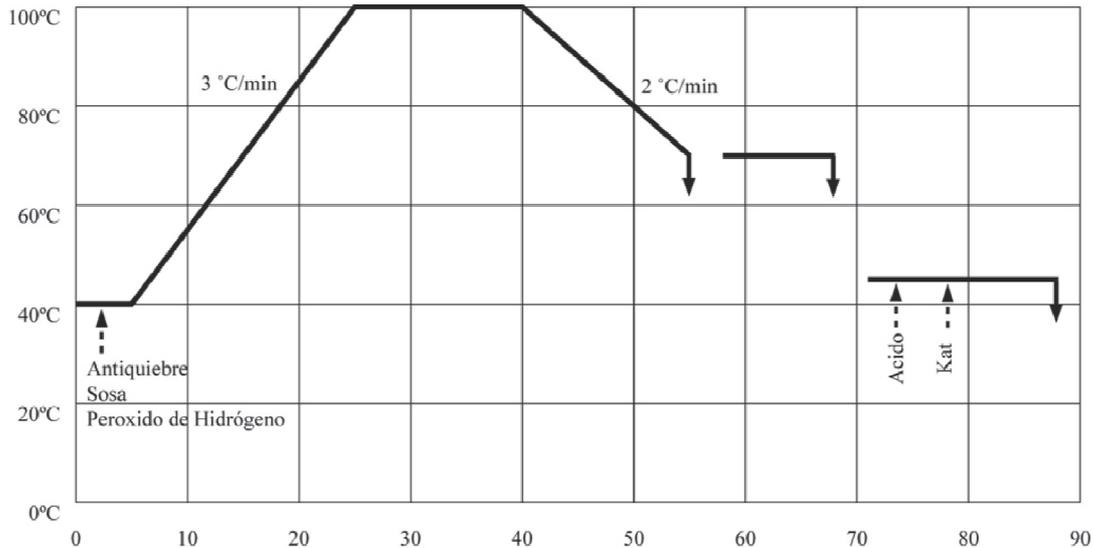


Figura 1.3 Curva de descrude y semiblanco

Cuando el descrude se lo hace en barca, la temperatura solo puede llegar a los 92 °C aproximadamente, por lo que el tiempo que se debe mantener a esa temperatura aumenta a 20 minutos.

1.2.3. TINTURA DE FIBRAS DE ALGODÓN

Cuando los procesos de descrude y semiblanco se han realizado exitosamente se procede a tinturar el tejido, el proceso de tintura en algunos casos se lo puede hacer en máquinas abiertas ya que no se necesitan temperaturas mayores a los 100°C.

Entre los tipos de colorantes aplicables a las fibras celulósicas se pueden mencionar los directos o sustantivos, los reactivos, los de tina o indantrenos, colorantes al cobre, diazos, sulfurosos, naphtoles, pigmentarios, básicos y ftalógenos. (Escobar C, 1966)

En la fabrica se utilizan los colorantes directos y los colorantes reactivos.

Los colorantes directos se utilizan para obtener colores bajos, medios. Se lo realiza en las máquinas Overflow (Brazzoli B y Brazzoli A).



Figura 1.4 Máquina overflow Brazzoli “B” de 200 Kg

Estos colorantes se caracterizan por la penetración en la fibra con la adición de sulfato de sodio o sal común. (Escobar C, 1966)

La disolución del colorante no presenta muchas dificultades pero la solubilidad puede ser modificada por cationes polivalentes en las soluciones de tintura. (Cegarra J, 1980) Es por esto que la utilización de agua blanda en el proceso de tintura es de suma importancia para la disolución del colorante.

Los factores más relevantes en la igualación de la tintura son: (Escobar C, 1966)

Temperatura de teñido

Tiempo de teñido

Cantidad de electrolito en el baño

Concentración del colorante

Solubilidad del colorante

Reacción del baño

Tintura por agotamiento en lotes

La tintura por agotamiento es el procedimiento más común en casi todas las fábricas textiles y se efectúa en máquinas abiertas o cerradas. Este procedimiento consiste en pasar el material que se va a teñir en un baño de tintura hasta el agotamiento y fijación del colorante sobre la fibra. (Escobar C, 1966)

Tintura en baño neutro: Se emplea este método cuando los colorantes son de buena igualación y no precisan de un agente retardador.

Este proceso se caracteriza por emplear solamente electrolito neutro en el baño de tintura; generalmente es cloruro o sulfato sódico. La tintura se empieza a unos 40-50 °C y entonces se hecha la mitad del electrolito, guardando el restante para cuando se llegue a los 100 °C, temperatura que se mantendrá para permitir la difusión del colorante y llegar al equilibrio; generalmente es suficiente 1 hora, no así para tejidos tupidos que necesitan mas tiempo. La tintura en estas condiciones dura de una a cuatro horas y luego se comprueba por muestreo, debiendo matizarse en caso negativo, para lo que es preciso bajar la temperatura. Finalmente se lava con abundante agua. (Cegarra J, 1980)

Algunos colorantes necesitan que se añada el electrolito en varias porciones a lo largo del proceso con la finalidad de lograr una buena igualación.

En la planta la tintura se inicia introduciendo agua a 50°C previamente calentada en el tanque auxiliar, y luego se añade al baño los auxiliares de tintura y se mantiene 10 minutos para luego poner el colorante mediante dosificación de 15 minutos, se mantiene 5 minutos y se añade el electrolito que en este caso es cloruro de sodio, el cual entra a la

máquina mediante recirculación entre la cuba y el baño, se mantiene 10 minutos para luego elevar la temperatura hasta los 100 °C a una tasa de 1.5 °C por minuto. Se mantiene el baño a 100 °C durante 30 a 40 minutos se enfría hasta 75 °C y se bota el baño. Luego se hace lavados sucesivos a 60, 50 y 40 °C para terminar el baño.

Los colorantes directos se pueden utilizar para colores fuertes, pero una vez que se alcanzó los 100 °C se debe añadir carbonato de sodio y también se puede añadir fijadores para ayudar con la solidez al lavado, pero en general estas telas presentan baja solidez.

En la figura 1.5 se muestra la curva de tintura de tejidos livianos de algodón en colores bajos y medios.

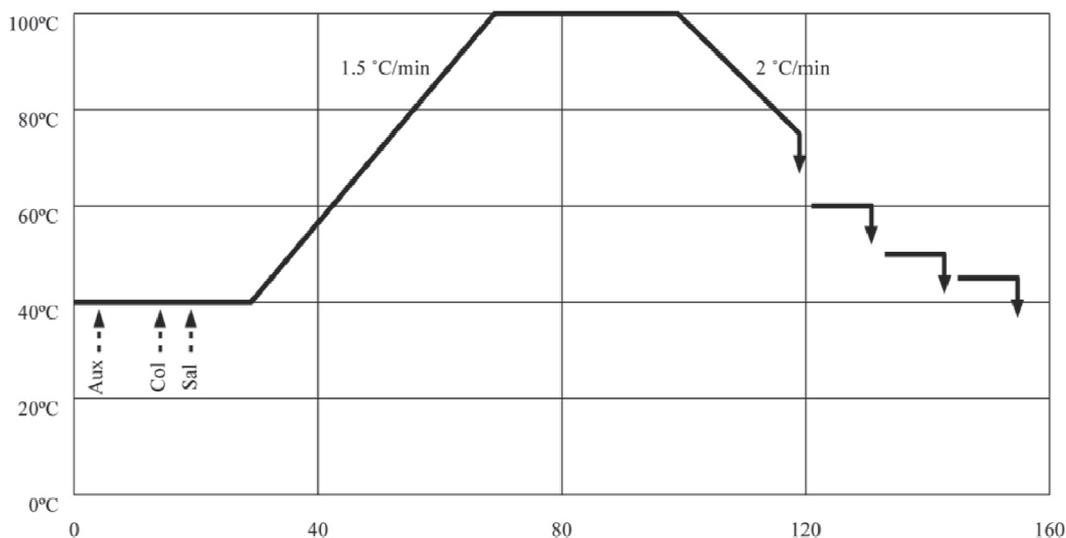


Figura 1.5 Curva de tintura de algodón para colores medios con colorantes directos

Para los colores fuertes como por ejemplo rojos o azul marino, se utilizan los colorantes reactivos que se distinguen por su alto grado de brillantez y su excelente característica de solidez a la luz, al frote, al agua etc. Son solubles en agua y muy estables en aguas de dureza no superior 15° Hidrotimétricos. (Cegarra J, 1980)¹

¹ Grado hidrotimétrico alemán equivale a a 17.85 ppm de CaCO₃

La tintura con estos colorantes se inicia a 50 °C. Para añadir los auxiliares de tintura se mantiene durante 5 minutos y luego se añade el colorante mediante dosificación que dura 15 minutos, se mantiene el baño con el colorante durante 5 minutos antes de poner la sal, que se introduce a la máquina mediante recirculación entre la cuba lateral y la máquina, se mantiene el baño durante 10 minutos y luego se sube la temperatura hasta 60 °C con una gradiente de 1 °C/min, cuando la temperatura alcanza los 60 °C se añade carbonato de sodio mediante dosificación lineal que dura 15 minutos y se mantiene el baño durante 5 minutos hasta que la acción del carbonato se haya completado, luego se añade sosa con la cual se espera llegar a un pH de 11.5 y se mantiene el baño durante 40 minutos.

Luego se realizan lavados para eliminar el colorante hidrolizado, que aunque se procura que sea mínimo, siempre existe en un porcentaje (Escobar C, 1966). Para esto se realiza primero un jabonado a 80 °C en presencia de un buen detergente, luego se hacen lavados seguidos a 70, 60, 50 y 40 °C hasta que el agua que se descarga sea lo más clara posible.

Luego como último paso se realiza el fijado con productos catiónicos que se mantienen en la tela durante 15 minutos antes de descargar, para ayudar a la solidez de la tela.

En la figura 1.6 se muestra la curva de tintura con un colorante reactivos

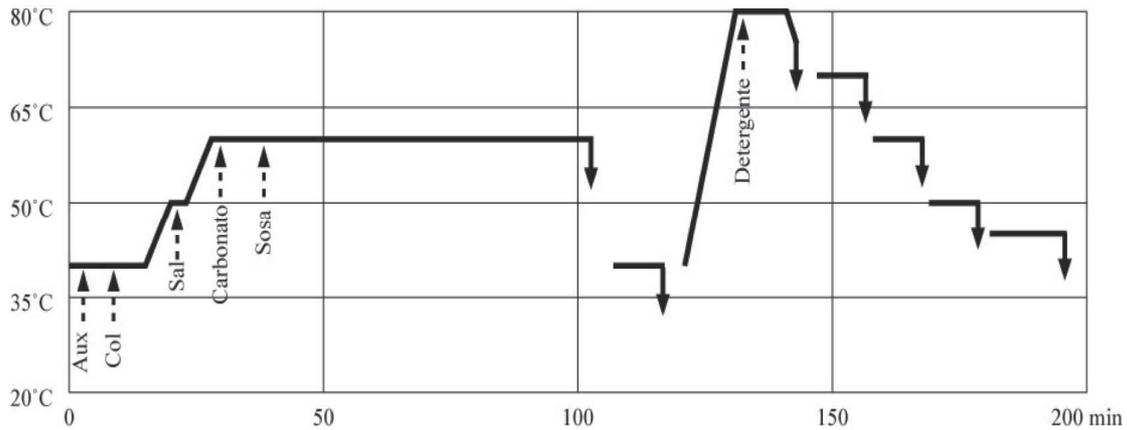


Figura 1.6 Curva de tinte con colorantes reactivos para un color fuerte

Cuando los tejidos son pesados como la toalla la tinte se realiza en la máquina Overflow Saturno y la curva varía de las telas livianas en el lavado con ácido extra que se hace y un lavado con detergente a 80 °C la curva para toallas se muestra en la figura 1.7.

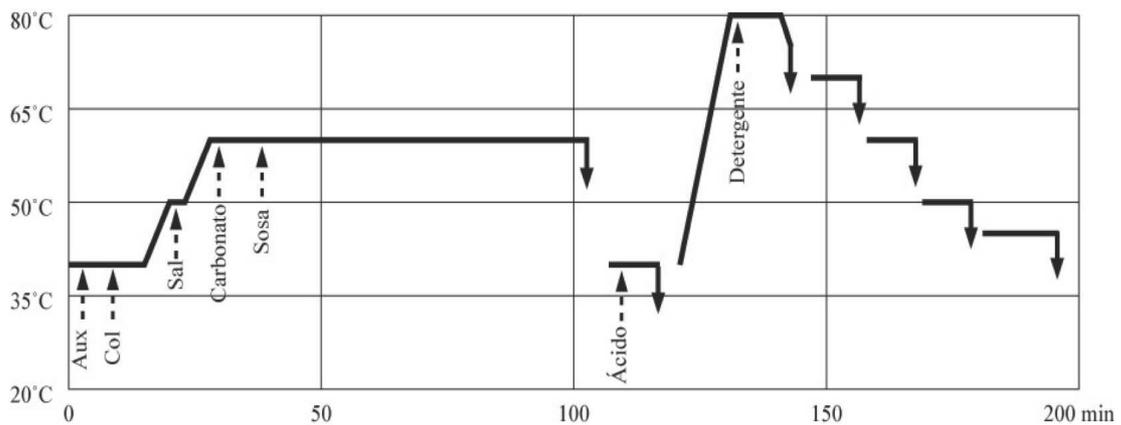


Figura 1.7 Curva de tinte de toalla algodón

1.2.4. TINTURA DE POLIÉSTER

El poliéster se tiñe con colorantes dispersos con los cuales se consigue buenos resultados de solidez e intensidad de color.



Figura 1.8 Máquina de tintura overflow Kranz de 400 Kg

Se llena la máquina con agua 2500 litros aproximadamente y al mismo tiempo se carga la máquina con tela. Debido a que la fibra de poliéster no necesita descruce y en algunos casos tampoco semiblanco, el primer paso es un lavado a 70 °C solo con agua, a menos que se tenga conocimiento de que la tela tiene manchas de grasa o alguna otra suciedad, en cuyo caso se hace un lavado utilizando un detergente. Se bota el agua y se pasa al proceso de tintura en el cual se añaden los auxiliares de tintura y el colorante de acuerdo a las recetas de los diferentes colores. Se sube la temperatura del baño a razón de 1.5 °C por minuto hasta una temperatura de 130 °C, se mantiene a esta temperatura por 30 minutos, luego se enfría hasta 70 °C a 2 °C por minuto. Se bota el agua y se vuelve a llenar para hacer un lavado simple cuando son colores bajos que no necesitan lavados reductivos.

Los artículos a teñir de fibras de poliéster pueden presentar en ocasiones desigualdades en el material que producen, en la tintura, diferencias de intensidad y de tono. Estas desigualdades del material pueden proceder

de la hilatura primaria (por diferencias de pureza y longitud de cadena de los polímeros, de la temperatura de tintura o del estiraje); pero también pueden originarse en las operaciones posteriores, especialmente si las tensiones o la acción del calor han sido irregulares. (BASF, s.f.)

Limpieza por reducción

En la mayoría de los casos, las tinturas realizadas con colorantes de dispersión sobre poliéster se limpian por reducción después del teñido, principalmente cuando se trata de tinturas medias a oscuras. De este modo se consigue que el tejido adquiera la mejor solidez posible. (BASF, s.f.)

Para esto, se enfría el baño desde 130 °C hasta 80 °C y se añade hidrosulfito de sodio se mantiene por 20 minutos se enfría a 70 °C y se descarga el baño. Luego se hace dos lavados con agua

En la figura 1.9 se muestra una curva de tintura típica de poliéster.

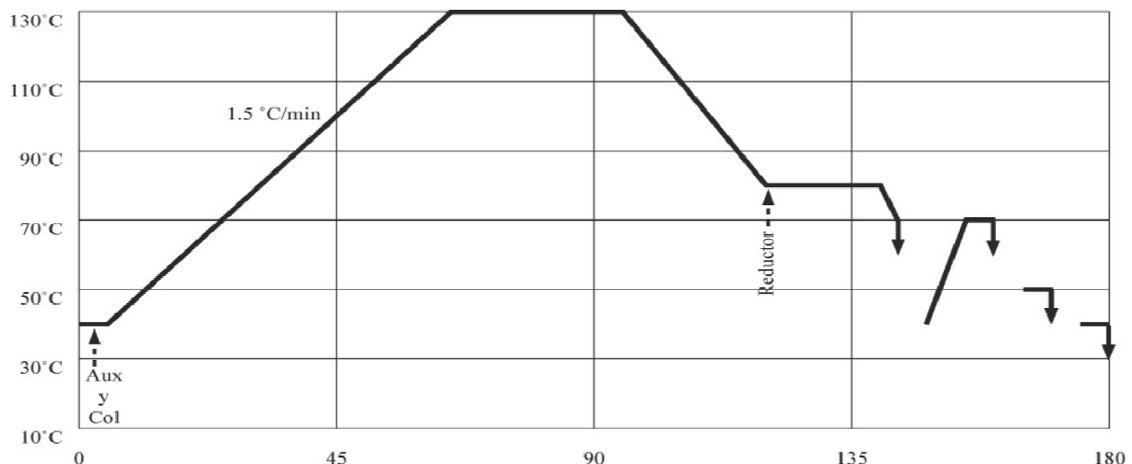


Figura 1.9 Curva de tintura de poliéster con lavado reductivo

1.2.5. TINTURA DE FIBRAS CELULÓSICAS CON POLIÉSTER PES/CO.

Las relaciones de mezcla de poliéster/algodón son por lo general de 67/33 o de 65/35 en peso, respectivamente. (BASF, s.f.)

Los procesos de tratamiento previo son los mismos que se realizan a los tejidos de algodón 100%, pero debido al bajo porcentaje de algodón presente en estos casos, el tratamiento puede tardar menos tiempo o simplemente utiliza menor cantidad de químicos.

Tintura por agotamiento

Gran cantidad de las mezclas poliéster celulosa, tanto en hilado como en pieza, se tiñen por agotamiento. Si la tintura se realiza a presión atmosférica en presencia de carriers las solidez de los colorantes dispersos que pueden utilizarse no son suficientemente buenas a los tratamientos térmicos posteriores a la tintura. En cambio, cuando se lleva a cabo a 130 °C, las solidez a los tratamientos térmicos de los colorantes aptos para este tipo de tintura son mucho más elevadas que en el caso anterior. Así la materia teñida puede someterse a procesos de termofijado y polimerización de resinas sin peligro de disminuir las solidez al lavado y al frote. (Cegarra J, 1980)

Tintura en dos baños

Este tipo de baños se utiliza cuando los colores son fuertes, y se los realiza en la brazzoli A y B, en la jumbo y en la saturno y en algunos casos la tela 1/24 se la hace en la kranz.

Con este tipo de baños se logran mejores agotamientos, matices más igualados, menor manchado de la celulosa y es más económica. Además los tejidos pueden teñirse en jets o en plegadores con las ventajas que ello representa.

En este tipo de baños se tintura primero el poliéster y se procede de igual manera que lo descrito en el apartado 1.2.4.

Cuando se termina la tintura del poliéster se prosigue con la tintura del algodón como se indica en el apartado 1.2.3.

Tintura en baño único

Este procedimiento de tintura simultánea solo es aconsejable para la combinación dispersos-directos. (Cegarra J, 1980)

Se utiliza este tipo de baño cuando se quiere teñir en colores bajos o medios.

La ventaja de este tipo de baños es que es corto y se obtienen muy buenos resultados en igualación.

El proceso de tintura empieza con agua a 40 °C, luego se añaden los auxiliares de tintura tanto de poliéster como de algodón y luego se añaden los colorantes de algodón y poliéster al mismo tiempo.

Se aumenta la temperatura a tres distintos gradientes: a razón de 3 °C/min hasta llegar a 70 °C, a 2.5 °C/min hasta llegar a los 90 °C y a 1.5 °C/min hasta llegar a 130 °C se mantiene durante 30 minutos y se enfría a 75 °C y se bota el baño.

Se realizan dos lavados de 60 y 50 respectivamente solo con agua y se descarga la tela.

En la figura 1.10 se muestra una curva de tintura de baño único.

Cuando la tela es listada, solo se la somete a lavados y suavizados, y se lo realiza en las barcas o en las máquinas de 200 Kg de capacidad si fuese el caso.

Después del proceso de tintura, la tela se descarga de la máquina en coches de malla que son forrados con plástico para evitar que la tela se ensucie mientras se la traslada a los diferentes subprocesos de acabado de tela.

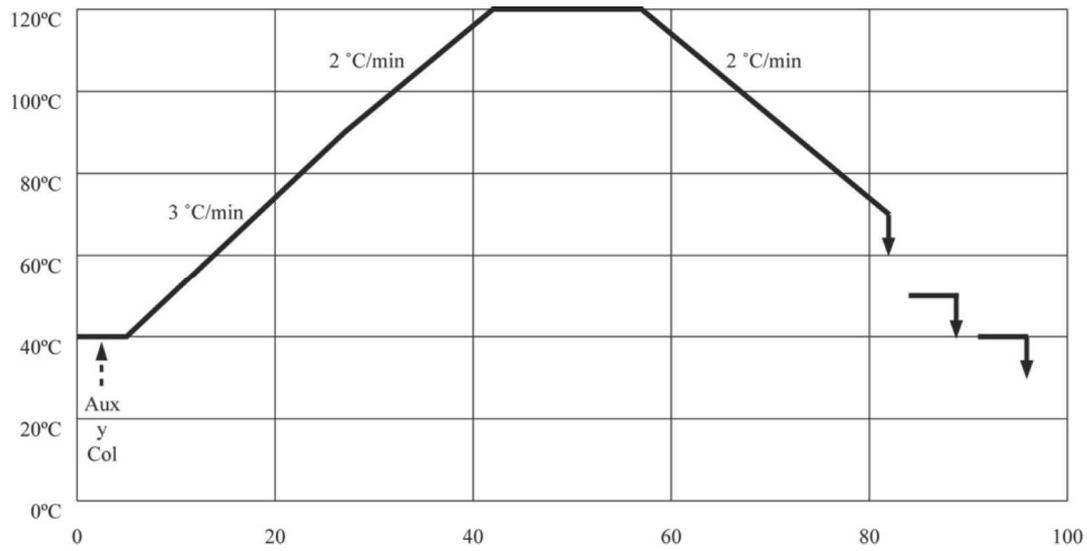


Figura 1.10 Curva de tinte de poli-algodón en baño único colores medios

El diagrama de flujo del proceso húmedo para la obtención de tela se muestra en el anexo 1.

2. METODOLOGÍA

El grupo de trabajo de Producción más Limpia se conformó con los jefes de área y se determinaron las diferentes responsabilidades que deben asumir. El proceso de tintura que se tiene en la fábrica se realiza por lotes en máquinas overflow y en barcas.

2.1. DEFINICIÓN DE LA LÍNEA BASE

En una primera aproximación se recorrió todos los procesos de la planta para tener una idea global de los procesos que tiene la fábrica, para conocer las máquinas su funcionamiento básico y el flujo que recorre la materia prima hasta salir como tela terminada.

En un segundo paso se conversó con los trabajadores para conocer de mejor manera los procesos y los diferentes parámetros que se maneja para obtener distintos acabados en la tela.

El trabajo en su mayoría se concentra en el proceso de tintura por ser éste en donde se consume más del 80% del agua.

La fábrica se alimenta de agua que se extrae de un pozo profundo y que se almacena en una cisterna. Para poder determinar la cantidad de agua que ingresa a la cisterna se adquirió un medidor de agua que se instaló en la tubería de descarga de la bomba. Las lecturas del medidor se las realizó cada 12 horas durante 1 mes.

Para poder determinar la cantidad de agua que salía del pozo mediante el flujo artesiano, se condujo el flujo hacia un recipiente cerrado, en el recipiente se colocó una bomba en la cual se instaló un horómetro para saber las horas que la bomba estuvo prendida, la bomba tenía un sistema de control de nivel automático de prendido y apagado. Con el caudal de

la bomba y con las horas que estuvo prendida se calculó la cantidad de agua que se extrae del pozo mediante flujo artesiano.

El flujo artesiano no se puede detener por lo que existía una cantidad de agua que se iba directamente a la alcantarilla. Para saber la cantidad de agua que se estaba desperdiciando se hizo lo mismo que para saber el caudal total del flujo artesiano, pero en esta ocasión se tuvo que represar el canal por donde rebosaba el agua y se instaló la bomba con el horómetro.

De la cisterna se alimenta toda la fábrica y para el área de tintorería se cuenta con una tubería de PVC de 6", y de esta tubería principal se derivan tuberías de 2.5" con las cuales se alimentan a las máquinas. Para poder saber cual es el consumo de agua en el proceso de tintura se adquirió un medidor de 2.5". El medidor al inicio se colocó en la máquina overflow (kranz) y luego de haber tomado los registros necesarios, se trasladó el medidor a la siguiente máquina overflow (Saturno) y luego de dos semanas se pasó a la siguiente máquina. El mismo esquema se siguió hasta terminar las mediciones de todas las máquinas. A excepción de la overflow (Brazzoli B) que por ser igual a la overflow Brazzoli A se utilizó los mismos datos.

Las mediciones del consumo de agua en el enfriamiento de las máquinas se lo realizó con los mismos medidores que se instalaron en cada máquina, pero esta cantidad se la separó del agua de consumo, debido a que ésta agua con un contenido térmico alto se la retornaba a la cisterna, y como opción de mejora, debe ser almacenada para la posterior reutilización y recuperación del calor.

Las mediciones se hicieron de acuerdo a los programas que cada máquina tenía, los datos recolectados se analizaron y se los condensaron en el gasto que cada máquina tenía por cada programa.

Para poder obtener una buena estimación de la cantidad media de agua que se consume en tintorería por día se tomó la programación del primer semestre del año 2007 y con ella se hizo la estimación de la cantidad del agua consumida. En el anexo 4 se muestra el número de programas por máquina que se realizaron durante todo ese tiempo.

A pesar de que la gran mayoría de agua se utiliza en el área de tintorería, era necesario tener una idea del consumo de agua que se tenía en las demás áreas y también para poder cerrar el balance de masa de agua en la cisterna. Para esto se instaló medidores de 1" en la tubería que alimenta a los baños y lavabos, también se instaló un medidor en la tubería de alimentación de agua fresca al caldero y uno en la tubería que alimenta agua a las otras áreas.

En lo que se refiere al vapor se sabe cuanto se consume mediante el consumo de bunker que se tiene al mes, se realizó el cálculo con los datos de eficiencia que se disponía en la fábrica. Lamentablemente no se pudo contar con medidores de vapor.

Con los datos de agua fresca que se alimenta al caldero se pudo obtener una idea de la cantidad de vapor que se pierde por utilización directa del mismo en algunos procesos de acabado así como en las máquinas de tintura abiertas (barcas). El condensado se recircula al caldero.

2.2. DESARROLLO DE BALANCES DE MASA Y ENERGÍA

Una vez que se estimaron ciertas cifras y se tomaron las mediciones necesarias, se analizaron y se tabularon todos los datos obtenidos. Esta información se utilizó luego para realizar los correspondientes balances de masa y de energía.

2.3. IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE LAS OPCIONES DE MEJORA VIABLES

Con la línea base establecida y con los balances materia y energía, se tiene la suficiente información y los suficientes datos para poder hacer de una manera eficiente la identificación de los puntos críticos del proceso que conducen a ineficiencias. Se analizó las posibles opciones de mejora y se implantaron aquellas que no requerían de una inversión alta y se las podía ejecutar sin necesidad de interrumpir de manera significativa la producción.

Se estableció un sistema de control en las áreas donde no había control y se reforzó en las áreas donde ya existía uno. Para esto se creó hojas de control que se muestran en el anexo 5.

2.4. EVALUACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LAS OPCIONES DE MEJORA SELECCIONADAS

Las opciones de mejora que se seleccionaron se sometieron a un análisis para ver la factibilidad de que las mejoras sean implantadas en la fábrica, ya sea, a corto, mediano o largo plazo.

Para el análisis se tomaron en cuenta los siguientes puntos:

Técnico.- En este aspecto se tomó en cuenta los siguientes criterios:

- Factibilidad para encontrar en el mercado nacional los equipos necesarios para la mejora
- Factibilidad para encontrar en el mercado los insumos y el servicio técnico necesario para las máquinas
- Factibilidad para realizar las instalaciones necesarias ya sea en el

espacio físico disponible como también tomando en cuenta las limitaciones estructurales

Aspecto Económico-Financiero.- Para esto se consideraron los siguientes indicadores económicos:

- Tasa interna de retorno (TIR)
- Valor actual neto (VAN)
- Período de retorno de la inversión

Aspecto ambiental.- Para este aspecto se consideró lo siguiente:

Norma ambiental vigente en la zona donde opera la textilera

2.5. PLAN DE MEJORAMIENTO

Una vez analizada la situación actual de la fábrica, con la ayuda de los balances de masa, de energía, con las observaciones de campo y mediciones de temperatura, se identificaron y seleccionaron tres opciones de mejora por ser consideradas de mayor importancia, las cuales fueron analizadas desde el punto de vista técnico económico y ambiental.

3. RESULTADOS

3.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

En la figura 3.1 se encuentra detallado el proceso húmedo para la obtención de tela tinturada.

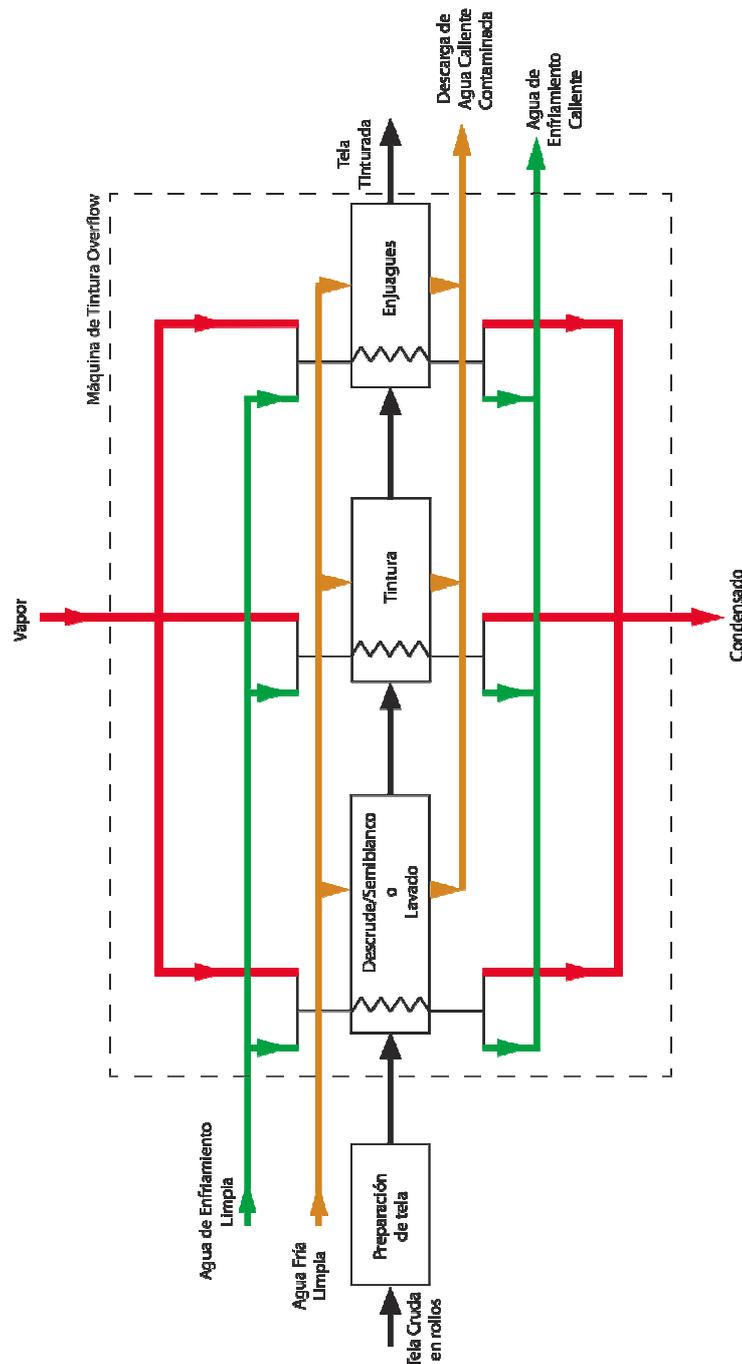


Figura 3.1 Diagrama de flujo del proceso húmedo de tintura

3.2. DEFINICIÓN DE LA LINEA BASE

La auditoría relacionada al uso del agua que se realiza en primer lugar ayuda a determinar las condiciones iniciales en las que se trabajaba antes de aplicar los conceptos de Producción más Limpia en el proceso. La situación se describe a continuación:

3.2.1. CONTROL DE AGUA QUE INGRESA A LA FÁBRICA

No se encontró en la fábrica ningún control del flujo de agua proveniente del pozo que se alimentaba a la cisterna, volumen de agua que se consumía y mucho menos cuanta agua se desperdiciaba.

La fábrica se alimenta de agua mediante un pozo profundo que tiene dos flujos: un flujo artesiano con un caudal de 1.1 l/s y un flujo mediante bombeo de 5.6 l/s. El flujo artesiano no puede ser cortado o cerrado y es permanente aún sin que se encuentre encendida la bomba.

El agua que sale del pozo se almacena en una cisterna de 148 m³ con una profundidad de 2 m un diagrama representativo se muestra en el Anexo 4. En la cisterna existía un sistema de control automático por medio de flotadores que controla el encendido de la bomba del pozo.

Se encontró que el agua proveniente del flujo artesiano no se aprovechaba al 100% ya que parte se desviaba hacia la alcantarilla debido a que la cisterna, en las condiciones de instalación del flotador no disponía de espacio para albergar el agua.

El nivel de apagado de la bomba de pozo se encontraba a 1.60 m de altura desde la base de la cisterna, al momento que el agua alcanzaba dicha altura la bomba se apagaba y el flujo artesiano empezaba a fluir hacia la cisterna, cuando el nivel de agua llegaba a 1.70 m la válvula de la tubería por la cual circulaba el flujo artesiano se cerraba y este por

desborde se dirigía al alcantarillado.

En mediciones hechas se encontró que el fin de semana, en el cual la tintorería no trabajaba, se desperdiciaba aproximadamente 180 m³ de agua que se iban directo a la alcantarilla y que entre semana se desperdiciaba un aproximado de 36.6 m³/día. Agua que podría ser aprovechada en los trabajos de tintorería.

La cantidad de agua en litros que se desperdicia tanto entre semana y el fin de semana se muestra en la figura 3.2

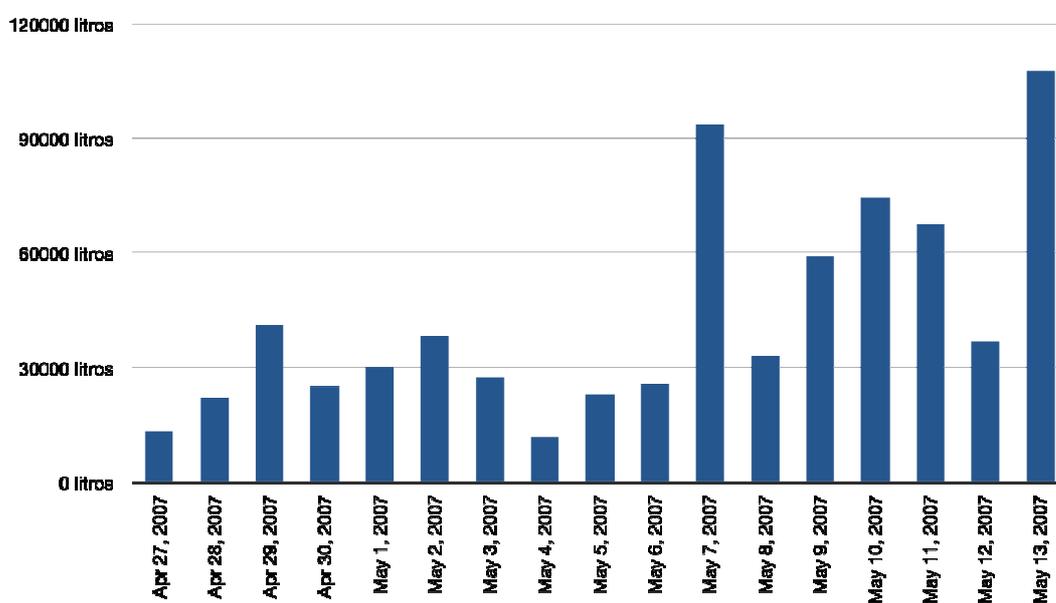


Figura 3.2 Litros de agua que se desperdicia del flujo artesiano

3.2.1.1. Uso de agua blanda

Como consta en el capítulo 1, el uso de agua blanda es de suma importancia en algunos pasos de la tinturación y para el trabajo del caldero. Por esta razón la fábrica cuenta con dos ablandadores de resinas iónicas.

Sin embargo, existen otros pasos de la tinturación que se los puede realizar con agua dura, como por ejemplo los lavados.

El ablandador tiene instalado un sistema de recirculación continua con la cisterna, es decir se toma agua dura en el sector de la cisterna donde cae el agua del pozo y el agua ya ablandada cae en el sector de la cisterna donde se bombea el agua para el área de tintorería. Este sistema resulta totalmente inadecuado porque el agua blanda se vuelve a mezclar con el agua no tratada, lo cual puede ser la causa de fallas en el proceso de tinturado por utilización de agua dura.

3.2.2. UTILIZACIÓN DEL AGUA EN LAS DIFERENTES SECCIONES

Todas las necesidades de agua que tiene la planta, son abastecidas por la cisterna, las cantidades de agua que se utilizan para las distintas secciones de la fábrica se detallan en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Agua que se consume la fábrica

Área	Cantidad [m ³ /día]
Caldero	10.78
Baños y otros	34.08
Acabados	22.50
Tintorería	250.98
Total	318.43

Se debe tomar en cuenta el agua que se desperdicia del flujo artesiano que son 36.6 m³/día para poder realizar el balance de materia de agua.

3.2.3. AGUA DE CONSUMO EN EL ÁREA DE TINTORERÍA

El agua ingresa a tintorería mediante una bomba que tiene una potencia de 15 HP, alimenta una línea de 6" de diámetro que se extiende por aproximadamente 48 m. De esta línea principal se derivan líneas de 2.5"

que alimentan a las máquinas. Esta bomba cuenta con un sistema de control en base a la presión que se tiene en la línea.

Con un medidor se registró el consumo de agua que de cada programa de tintura por máquina y la generación de agua de enfriamiento.

El número de lotes por máquina y por día depende del tiempo que se demoren los baños y este tiempo depende de la intensidad del color que se quiere y de la composición de la tela. Hay baños que duran 2 horas y baños que duran hasta 12 horas.

La cantidad de agua que se consume en un baño, depende de la curva de tintura y la curva de tintura depende del color, del tono, del tipo de fibra y del tipo de colorante utilizado.

En 6 meses se tiene un consumo total de 33130 m³ y 251 m³/día. El cálculo se hizo con un total de 132 días trabajados en 6 meses, de acuerdo a los programas utilizados en las máquinas en ese lapso de tiempo, ver anexo 4.

Los consumos de agua que se tiene en el área de tintorería por máquina y por programa se presenta en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Consumo de agua por programa y por máquina en litros

Kranz		Saturno		Brazzoli "A"		Brazzoli "B"		Jumbo 666		Barca Grande		Barca "1" y "2"	
Programa	Consumo	Programa	Consumo	Programa	Consumo	Programa	Consumo	Programa	Consumo	Programa	Consumo	Programa	Consumo
1	7846.8	1	23800.1	9	3797	4	2474	4	20411.0	51	3619	5	1809.5
7	7846.8	4	11633.5	21	8687	5	6638	22	13144.0	12	600	12	300.0
9	7789.3	6	7908.5	22	8716	7	3582	7	32244.0	71	10095	71	5047.5
20	15521.0	7	9713.0	23	10497	9	3797	9	6808.7	72	18190	72	9095.0
21	7731.8	9	6867.0	24	11131	10	6685	20	18458.0	73	18190	73	9095.0
22	7789.3	20	17944.2	28	13576	11	4948	21	12775.0	74	23047	74	11523.5
25	17638.6	21	13610.2	11.36	12825	18	10613	23	21123.0	75	23047	75	11523.5
29	23310.5	22	17068.7	26-36	20942	19	10338	24	17356.0				
30	12598.9	24	15141.5	27.36	14718	20	8687	25	18075.0				
34	15996.5	25	24779.5	29.36	15328	21	868	27	27989.0				
35	10254.6	27	32112.9	30-36	18523	22	8716	28	27989.0				
39	10254.6	28	2578.0	35-36	15417	24	11160	29	28172.0				
1-21	15578.6	36	28084.6	35.37	13781	25	11131	30	31551.5				
1-22	15636.1	39	10308.8	6-26	16479	29	6271	31	25250.0				
1-25	25485.2			6-36	13651	30	9466	35	10012.0				
1-29	31157.3					35-36	15417	36	23276.0				
						37	7421	39	10643.0				
						3331	12431						
						3332	13663						
						3333	17843						
						3335	15117						
						18-37	18034						
						35-37	26577						
						30-36	28993						

3.2.4. PROGRAMAS DE TINTURA

Se encontró que algunos programas tenían pasos innecesarios, los cuales a mas de consumir agua, alargan el tiempo de tintura, los cuales se detallan a continuación.

3.2.4.1. Máquina overflow Kranz (TO1)

El llenado de la máquina Kranz se controla por niveles, y se encontró que estos niveles no estaban colocados adecuadamente, lo que provocaba que la relación de baño sea alta y que el consumo de agua sea mayor

Se observó que no se cumplía la gradiente de enfriamiento de los programas lo que alarga el tiempo de tintura. En los programas se encontró lavados de tela mediante reboses. En estos lavados la válvula de entrada de la máquina se abría completamente y se mantenía abierta por tiempo considerables (3 - 5min) lo que constituía un gasto excesivo de agua.

3.2.4.2. Máquina overflow Saturno (TO2)

Esta máquina controla las cargas de agua mediante niveles de llenado y se observó que el máximo nivel de llenado no se encontraba regulado a la altura indicada y por ello se lo debía completar manualmente, lo que ocasionaba muchas veces un excesivo llenado de la máquina y un trabajo adicional de los operarios.

En los programas de esta máquina también se encontraron lavados mediante reboses de hasta 5 min, con pérdidas de agua.

3.2.4.3. Máquinas overflow Brazzoli “A” y Brazzoli “B” (TO3 y TO4)

Estas máquinas presentaban programas con llenados controlados por cantidad a diferencia de las demás máquinas. El problema con este tipo de llenados es que la máquina no diferencia la cantidad de agua que queda en la tela, por lo que se estaba utilizando más agua de la debida que si se utilizara llenado por niveles. Este problema se encontró en todos y cada uno de los programas existentes en las dos máquinas.

Los programas de esta máquina también presentaron lavados mediante reboses por tiempo y cantidad generando desperdicio de agua.

3.2.4.4. Máquina Overflow Jumbo 666 (TO5)

Esta máquina no presentó ningún problema en el llenado, ya que se controlaba por medio de niveles y los niveles se encontraban en correcta posición. Sin embargo se encontró lavados de tela por reboses los cuales en esta máquina eran muy representativos por la cantidad de agua por minuto que la máquina era capaz de alimentar: 1000 litros por minuto aproximadamente y se tenían reboses de hasta 5 minutos.

3.2.4.5. Máquinas de presión atmosférica Barca Grande, Barca“1” y Barca“2” (TO1,TO2 y TO3)

Esta máquina trabaja a presión atmosférica y es muy ineficiente tanto en el uso del agua como en el uso de la energía.

Trabaja con una relación de baño de 1:15 aproximadamente, además son máquinas cuyo llenado no está controlado automáticamente, sino que, está supeditado por la apreciación y sobretodo por la atención del operador.

3.2.5. AGUA DE ENFRIAMIENTO

En la mayoría de los casos y en todas las máquinas se registraba un atraso en el tiempo de enfriamiento del baño, ya que el agua que se utiliza para el enfriamiento entra al intercambiador a 25°C; esto se debe a que toda el agua caliente que salen de los intercambiadores cuando se enfrían los baños, se recircula a la cisterna lo que provoca que el agua aumente su temperatura desde 12°C hasta 25°C.

3.2.6. GENERACIÓN Y CONDUCCIÓN DE VAPOR

Para la generación de vapor la fábrica tiene dos calderos uno de marca Colmáquinas de 500 BHP y un de marca Distral de 300 BHP, en la actualidad el caldero más grande es el que se encuentra en funcionamiento, este caldero tiene un sistema de control que apaga el caldero cuando en el distribuidor de vapor se llega a los 130 psig y se prende cuando la presión está en 110 psig.

La fábrica produce 1706.5 Kg de vapor por hora que se consume en distintas áreas de producción. Los condensados se regresan a un tanque que alimenta al caldero con agua a 80 °C. A pesar de que existe retorno de condensado, se necesita agua fresca de reposición que se alimenta al tanque pulmón del caldero en una cantidad de 10 m³ por día, debido a la existencia de procesos y máquinas en los cuales se inyecta vapor directo, como por ejemplo en la calandra y en el tumbler donde el condensado no se recupera.

Los dos calderos utilizan búnker como combustible, el cual se almacena en un tanque que se lo mantiene a una temperatura de 40°C para evitar que el combustible se solidifique.

El vapor llega a un distribuidor de donde salen 8 tuberías de 2.5" las primeras 7 van a las diferentes máquinas y la última a los procesos de acabados.

Se observó que las tuberías que conduce el vapor desde el distribuidor principal hacia las máquinas se encontraban parcialmente aisladas lo que generaba pérdida de calor cuyos valores que se indican mas adelante.

También se encontró que a lo largo de las tuberías existía un exceso de accesorios que causa la caída de presión en la tubería.

En muchos casos se observó que la máquina que se encontraba más alejada del distribuidor de vapor presentaba un retraso en el tiempo de calentamiento, es decir, no cumplía con la gradiente con la cual debía elevar la temperatura. Normalmente se demoraba 10 minutos más de lo normal, lo que repercutía en la producción.

El condensado de los intercambiadores se retorna al caldero mediante un tanque pulmón, la temperatura del agua que retorna al caldero se encuentra en los parámetros recomendados (70-80 °C).

3.2.7. MANEJO Y CONTROL DE INSUMOS QUÍMICOS Y AUXILIARES PARA TINTORERÍA.

La bodega de químicos que se encuentra en un nivel inferior a la sección de tintorería carece de la ventilación adecuada y además tiene una alta humedad lo cual afecta las características de los químicos en especial los que se encuentran en estado sólido y en envases que no son impermeables, como es el caso de los colorantes, carbonato de sodio, cloruro de sodio etc. Esto puede afectar en el proceso de tintura por el aumento de humedad que

tienen los compuestos mencionados lo que podría causar un error en el pesaje de los mismos y por lo tanto una variación en la receta de tintura.

3.2.8. PREPARACIÓN DE TELA PARA LA TINTURA.

Para la preparación de tela se necesita que los rollos hayan sido revisados y registrados en el sistema, de acuerdo a lo que la programación de producción requiera. Los rollos de tela los cuales varían en peso de 19 Kg a 21 Kg si son de tejido circular y de 19 Kg a 24 Kg si son de tejido plano, son unidos por los extremos en overlock por el preparador de tela en turno. El número de rollos que se unen dependen de la capacidad de la máquina donde va a ser tinturada y de la densidad de la tela.

La tela se desenrolla en coches que son llevados al área de tintura. Para las máquinas grandes (400 Kg) normalmente se tiene baños de 20 rollos, para las máquinas pequeñas se tiene baños de 10 rollos (200 Kg) y para tela polar 100% poliéster se tiene baños de hasta 16 rollos en una máquina 400 kg, debido a la alta densidad del tejido. La unión se hace con una máquina overlock y no había registro de las pérdidas que se originan en el proceso de unión de rollos. En la tabla 3.3 se detalla las pérdidas originadas por el corte que realiza la máquina overlock, mientras que en la tabla 3.4 se estiman los kilogramos que se desperdician.

Tabla 3.3 Porcentaje de pérdidas originadas por el corte de tela al unir los rollos en la preparación

Tipo de tela	% de desperdicio
Jersey 1/24	0.11
Baby	0.17
Doble Piquet	0.17
Fleece Sport	0.16
Fleece Strech	0.11
Hemel Fire	0.11
Interlock delgado	0.06
Interlock	0.11
Jersey Mayer	0.12
Piquet	0.12
Polar	0.16

Tabla 3.4 Desperdicio originado en la preparación de tela

	Día	Mes	Año
Desperdicio [Kg]	6.5	143	1716

En la tabla 3.4 se muestra que 1716 Kg de tela cruda se desperdician como retazos en la preparación de tela. Si se toma en cuenta los costos de producción de los 6 tipos de tejidos más representativas de tela cruda, con una estimación de 4 USD por Kg de tela, se tiene que el costo por desperdicio será de 6864 USD/año.

3.2.9. DESPERDICIOS Y DESECHOS SÓLIDOS

Se encontró que no existía un control en los desperdicios que se generan en el proceso y especialmente la tela de segunda que se generaba en tejeduría tanto en circular como en planos. Para poder tener un control de esta situación se desarrollaron unas hojas de control que se debían llenar con los respectivos datos. La hoja de control se presenta en el anexo 5

3.3. DESARROLLO DE BALANCES DE MASA Y ENERGÍA

El balance de masa se muestra en el anexo 2 y para ello se utilizó los datos obtenidos en la definición de la línea base, en el anexo 1 se muestra de forma esquemática la distribución del agua a lo largo de la fábrica.

El balance de energía se realizó de acuerdo a la cantidad de vapor generado en el año 2006 que fue de 14744 Ton de vapor. (Peña J, 2007).

3.4. SITUACIÓN DE LA EMPRESA TRAS APLICAR EL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA

3.4.1. PRINCIPALES OPORTUNIDADES DE MEJORA

Una vez que se tienen los datos de la auditoría inicial y los balances de masa y energía, se analizan y se definen las opciones de mejora:

3.4.1.1. Recuperación del agua caliente de enfriamiento que se recircula a la cisterna, hacia tanques pulmón donde se almacenarían hasta su uso.

Permitirá la recuperación de calor del agua caliente de enfriamiento y evitará el calentamiento del agua de la cisterna que entra nuevamente como fluido de enfriamiento a los intercambiadores. Esto ayudará a mantener los tiempos adecuados de enfriamiento en los programas de tintura.

Las mediciones hechas con la ayuda de los medidores instalados dieron como resultado un consumo de 90.03 m^3 por día los cuales se almacenarán por separado.

3.4.1.2. Recuperación de la energía térmica del agua de descarga de tintorería.

Permitirá la obtención de agua caliente mediante el uso de un intercambiador de calor, con esto se disminuirá el consumo de combustible y con ello un ahorro en los costos de operación, además permitirá enfriar las descargas para cumplir con la norma.

3.4.1.3. Aislamiento de la tubería de vapor y de los distribuidores.

La tubería debe estar óptimamente aislada para evitar la pérdida de calor excesiva y de esta manera ahorrar dinero en el consumo de combustible.

3.4.1.4. Eliminación del desperdicio de agua proveniente del flujo artesiano disminuyendo la altura del nivel de agua en la cisterna para el encendido de la bomba.

Se aprovecha de mejor manera el agua que se extrae del pozo por medio del flujo artesiano además que se disminuirá el consumo eléctrico referente al uso de la bomba.

Para conseguir esto se tomaron las siguientes medidas:

Se fijaron los niveles de apagado y encendido de la bomba cuando los niveles de agua lleguen desde el fondo a 88 cm y 83 cm respectivamente. Estos niveles se calcularon tomando en cuenta que la válvula de pie de una de las dos bombas que alimentan a tintorería se encuentran a 20 cm del suelo de la cisterna.

También se eliminó el flotador que cerraba la entrada del flujo artesiano a la cisterna y lo desviaba a la alcantarilla, y se realizó un rebose a 2 m aprovechando de esta forma el volumen que se tenía ocioso en la cisterna.

Con estas dos modificaciones en la cisterna se aumentó el volumen útil de la misma en 75 m^3 , el cual servía para captar el agua del acuífero, con lo que el desperdicio se redujo a cero en los días que la fábrica trabaja normalmente recuperando $36.6 \text{ m}^3/\text{día}$, y los días que la tintorería no trabaja se pierde un 25% menos agua que en las condiciones iniciales; esto es un ahorro de 45 m^3 , además se disminuyó las horas de bombeo con un ahorro

de 26.22 USD mensuales.

3.4.1.5. Ahorro de agua por estandarización y optimización de los programas de tintura

Se instaló un medidor de agua en la tubería de alimentación a cada máquina.

Para los registros de las lecturas se diseñó una hoja que se la puede ver en el anexo 5

Una vez terminado el registro de consumo de agua en todas las máquinas y de haber revisado la gran mayoría de los programas que se podía encontrar, se procedió a optimizar los pasos:

Se eliminó los lavados por rebose que consumían hasta 5 mil litros de agua por vez y en algunos programas con un ahorro de tiempo de hasta 10 minutos.

Se estandarizó la temperatura de descarga del baño de tintura al finalizar los procesos de tintura y de descruce y semiblanco, estableciendo ésta a 75 °C en todos los programas. Con esto se disminuyó hasta dos minutos y medio por cada enfriamiento.

Se eliminó precalentamientos que innecesariamente se realizaban en los tanques auxiliares o se disminuyó la temperatura a la cual se debía precalentar el agua.

Con todas las modificaciones implantadas se tuvo un ahorro del 11.6% de agua en el consumo de tintorería, lo que representa 1.2 m³/día, ahorros de tiempos de proceso y de energía calórica.

En el anexo 4 se muestra el consumo de agua por programa y por máquina que se espera obtener con los cambios realizados.

3.4.1.6. Instalación de medidores para el control del flujo de agua a la salida del pozo y para el control del agua de consumo.

Con la instalación de medidores se pudo obtener los registros de salida del agua del pozo para los meses de junio a diciembre de 2007.

Los registros de las lecturas se realizaron en una hoja que se la puede ver en el anexo 5

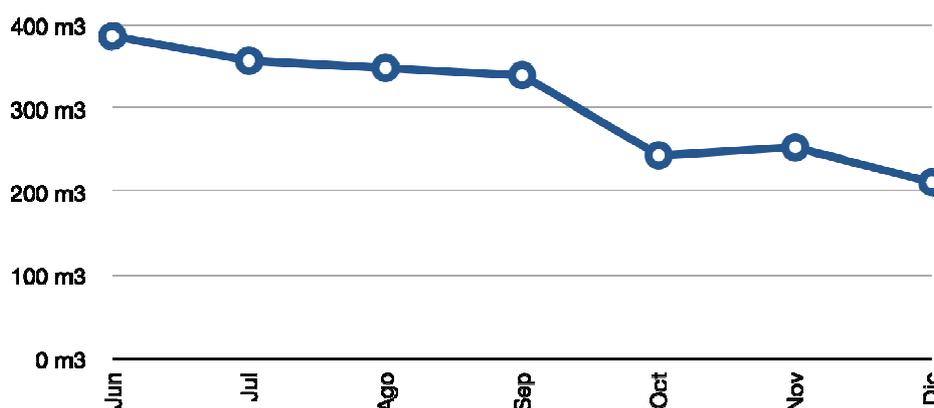


Figura 3.3 Consumo de agua de pozo por bombeo

Como se muestra en la figura hubo una disminución en el consumo de agua del pozo por bombeo lo que se atribuye a la optimización del uso del volumen de la cisterna y por lo tanto al mejor aprovechamiento del flujo artesiano.

3.4.1.7. Control periódico del caudal del flujo artesiano.

También se pudo constatar que el flujo artesiano disminuyó en el tiempo

considerablemente, como lo indica la figura 3.4. Esta caída del caudal se debe al ensuciamiento natural e inevitable del pozo, esto se solucionó con un lavado del pozo, con lo cual se aumentó el caudal del flujo artesiano a 2 l/s, que a su vez disminuyó las horas en las cuales la bomba se encontraba encendida, como también, el desperdicio de agua en los días que tintorería no trabaja.

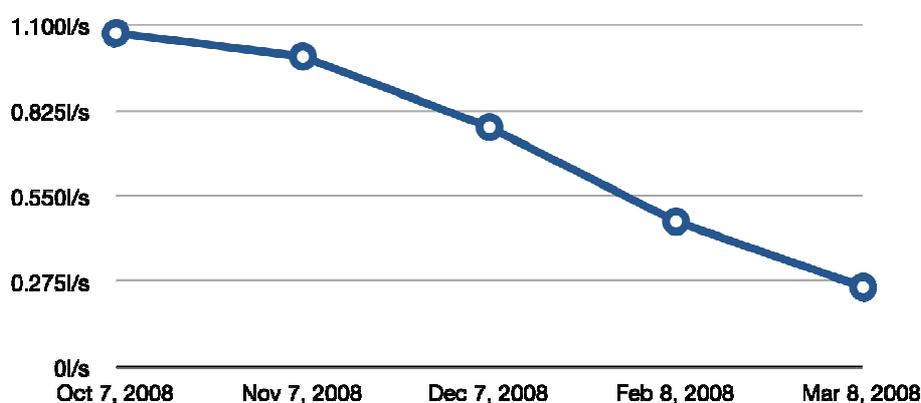


Figura 3.4 Caída del caudal del artesiano

3.4.1.8. Análisis diario de la dureza del agua que entra a tintorería

El uso de agua blanda es de suma importancia en la tintura por lo que es necesario realizar un análisis diario para poder controlar de mejor manera la dureza del agua, más aun cuando se tiene instalado un sistema de ablandamiento con recirculación con la cisterna.

A pesar de esto no existía un control adecuado de la dureza del agua que se la realizaba sin ninguna planificación y sin una periodicidad definida.

Se definió que la dureza debe ser analizada a diario para lo cual se adquirió un kit de dureza, y se hizo una hoja donde se debía registrar todas las lecturas. El formato del registro se muestra en el Anexo 5.

3.4.1.9. Almacenamiento por separado del agua blanda y no blanda

Debido a que el agua ablandada se volvía a mezclar con el agua no tratada de la cisterna, el agua que se alimenta a tintorería no presentaba niveles estables de dureza, situación que podría ser la causa de problemas al momento de tinturar con colorantes reactivos y al momento de descrude y semiblanco.

Se debe almacenar separadamente el agua blanda del agua no tratada, de esta manera se asegura agua apta para los procesos de tintura evitando problemas en los procesos.

3.4.1.10. Optimización de la instalación de la tubería de vapor.

A lo largo de la tubería de vapor se puede encontrar una gran cantidad de accesorios, entre los más comunes: codos y uniones; esto hace que la caída de presión a lo largo de la tubería no sea despreciable.

Se debe realizar conexiones en las tuberías que utilicen la menor cantidad de accesorios y se debería buscar la distancia más corta para la instalación de la tubería.

Se debe tener un correcto sistema de trampas de vapor para evitar las pérdidas de energía, las trampas deben someterse a revisiones periódicas para asegurarse su correcto funcionamiento.

3.4.1.11. Captación de condensados que se desechaban a la alcantarilla

Los condensados que se generan en el distribuidor de vapor que se

encuentra detrás de la Jumbo estaban siendo desechados hacia la alcantarilla lo que representa una pérdida de energía inherente al condensado. Los condensados deben ser recirculados al tanque pulmón de alimentación al caldero.

3.4.1.12. Control de desperdicios en el proceso

El control de desperdicios se lo realizaba solo en ciertos procesos y a pesar de que se lo realizaba de la mejor manera no se tomaba en cuenta otros desperdicios generados en otros procesos, que resultan representativos y que generan costos de almacenaje y disposición para la empresa.

3.5. SELECCIÓN DE LAS OPCIONES DE MEJORA CONSIDERADAS DE MAYOR IMPORTANCIA

Las opciones seleccionadas fueron las siguientes:

Recuperación del agua caliente que sale del enfriamiento que se recircula a la cisterna, hacia tanques pulmón donde se almacenaría hasta su uso.

Recuperación de la energía térmica del agua de descarga de la tintorería.

Aislamiento de la tubería de vapor, de los distribuidores de vapor, de la tubería de retorno del agua caliente y de los tanques de almacenamiento del agua caliente.

3.6. EVALUACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LAS OPCIONES DE MEJORA SELECCIONADAS

3.6.1. RECUPERACIÓN DEL AGUA CALIENTE QUE SALE DEL ENFRIAMIENTO QUE SE RECIRCULA A LA CISTERNA, HACIA TANQUES PULMÓN DONDE SE ALMACENARÍAN HASTA SU USO.

Como se mencionó anteriormente, el agua de los enfriamientos de las máquinas se recirculan a la cisterna, ocasionando que la temperatura del agua que se toma para el enfriamiento se encuentre al rededor de 25 °C.

La separación del agua caliente proveniente de las operaciones de enfriamiento permitirá que se cumplan las gradientes de temperatura determinadas para cada enfriamiento ya que se contará con agua al rededor de 12 °C. Por otro lado se disminuirá el tiempo de calentamiento en algunos pasos de la operación de tintura debido a que utilizará el agua caliente recuperada para alimentar a las máquinas, siendo menor el requerimiento energético para elevar la temperatura consiguiendo un ahorro energético.

En primera instancia se midió la cantidad de agua que se podía obtener en los enfriamientos.

En la tabla 3.5 se muestra la cantidad de agua de enfriamiento que se genera por máquina y por programa.

La generación de agua caliente por concepto de enfriamiento de los baños finales de tintura es de 90.03 metros cúbicos por día, lo que representa 35.87 % del agua total de consumo de tintorería

Como segundo paso es necesario determinar la temperatura media a la cual sale el agua de enfriamiento.

Para esto se instaló un sensor de temperatura Pt 100 en la tubería de retorno del agua de enfriamiento, el cual se lo conectó a un computador donde se registró una lectura cada minuto. La figura de la temperatura se muestra en el anexo 4.

Tabla 3.5 Agua de enfriamiento generada, por máquina y por programa en litros

Kranz		Saturno		Brazzoli "A"		Brazzoli "B"		Jumbo 666	
Programa	Enfriamiento	Programa	Enfriamiento	Program	Enfriamiento	Program	Enfriamiento	Programa	Enfriamiento
1	7643.4	1	4869	9	156.0	4	-	4	3226.0
7	8578.0	4	-	21	3904.0	5	1100.4	22	9706.0
9	3379.5	6	1783	22	3684.0	7	156.0	7	4860.0
20	6221.4	7	3198	23	1937.0	9	156.0	9	491.7
21	10296.3	9	594	24	3904.0	10	1960.0	20	6869.9
22	10296.3	20	4982	28	3469.0	11	1937.0	21	9166.0
25	13675.8	21	5479	11-36	1256.4	18	3193.0	23	9166.0
29	13675.8	22	5479	26-36	3193.0	19	3205.8	24	9166.0
30	13675.8	24	5479	27-36	3349.0	20	3426.0	25	9706.0
34	15870.6	25	5480	29-36	3715.0	21	3904.0	27	3226.0
35	10296.3	27	3326	30-36	3538.0	22	3684.0	28	3226.0
39	10296.3	28	5463	35-36	4059.0	24	3684.0	29	7754.0
1-21	17939.7	36	6073	35-37	4215.0	25	3840.0	30	8386.0
1-22	17939.7	39	3696	6-26	4137.0	29	3559.0	31	10149.0
1-25	21319.2			6-36	1256.0	30	3382.0	35	4036.0
1-29	21319.2					35-36	4059.0	36	9658.0
						37	312.0	39	5940.0
						3331	2200.0		
						3332	1348.0		
						3333	1599.6		
						3335	2700.0		
						18-37	3505.0		
						35-37	7743.0		
						30-36	7527.0		

Una vez procesados los datos de la computadora se determinó que el agua llegaba a una temperatura media de 70 °C que es superior a los 40 °C que es la temperatura a la cual se empiezan la gran mayoría de los programas de tintura en los cuales será utilizada el agua caliente para recuperar la energía calórica.

3.6.1.1. Almacenamiento

Una vez determinados los volúmenes y la temperatura del agua de enfriamiento se debe dimensionar el tanque en donde se piensa recolectar el agua. Para esto se tomó como base una hora de proceso y se hizo un análisis de las cargas y enfriamientos que se pueden dar en una hora.

La razón por la cual se tomó una hora como base para la estimación es que una de las máquinas se demora cerca de una hora en enfriar desde 130 °C hasta 70 °C y es la máquina que más agua utiliza para el enfriamiento.

Tabla 3.6 Cargas y enfriamientos en el área de tintorería

Horas	Kranz		Saturno		Brazzoli A		Brazzoli B		Jumbo	
	C	E	C	E	C	E	C	E	C	E
1		x	x	x			x		x	x
2	xx		xx			x	x	x	xxx	
3	x		xx		xx		xxx		x	x
4									x	
5		x	x		x		xx			x
6	xx			x	x			x		
7	x		xx			x	xx	x	x	x
8			xxx		xx				x	
9		x	x	x	x		x	x		
10	xx								x	x
11	x			x		x		x	xxx	
12		x	x		xx		x	x		x

Nota: C es carga de agua a la máquina; E descarga de agua de enfriamiento; x número de C o E por hora

En la tabla 3.6 se puede observar que en una hora determinada pueden coincidir más de una máquina descargando agua de enfriando y una de estas máquinas es la que más agua consume en el enfriamiento.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores se estimó el agua que podía ser descargada en una hora.

Tabla 3.7 Volumen de agua de enfriamiento obtenido en 1 hora

	Kranz	Jumbo	Total
Cantidad de agua de enfriamiento [litros]	10833	5939	16772

En una hora se podría llegar a tener hasta 16772 litros de agua caliente de descarga por enfriamiento de los baños, pero también en esa misma hora se puede tener hasta 8000 litros de agua que se consume en la carga de las máquinas por lo que se debería contar con un espacio de 8772 litros para almacenar el agua caliente de descarga.

Se deberá contar con un tanque pulmón de 10000 litros de capacidad para almacenar el agua caliente para cubrir el requerimiento de carga de los baños de tintura de las distintas máquinas y de esta manera obtener un ahorro de energía calórica.

3.6.1.2. Traslado del fluido

Actualmente se cuenta con tubería de 4" para trasladar el agua de enfriamiento hacia la cisterna. Se utilizará la misma tubería para llevar el agua al tanque de almacenamiento haciendo las instalaciones respectivas.

Para poder llevar el agua desde el tanque pulmón hasta las máquinas se necesita una bomba.

Tabla 3.8 Materiales necesarios para la instalación

Item	Características	Cantidad
Tubería	5" de Plástico	90 metros
Codos	5" de Plástico de 90°	5 codos
Expansión	2 ½" a 5"	1
Bomba	10 HP	1

En el anexo 4 se muestra el lay-out de la instalación de la tubería.

El diámetro de la tubería determinado es de 5" por el cual circula un caudal de 1600 l/min. Con este caudal se puede alimentar 4 máquinas al mismo tiempo manteniendo los tiempos actuales de llenado de las máquinas.

Los cálculos para determinar la potencia de la bomba se encuentran en el anexo 3.

3.6.1.3. Energía calórica ahorrada

Se realizaron los cálculos para estimar la energía ahorrada por la utilización del agua de enfriamiento caliente.

Los resultados se muestran en la tabla 3.9

Tabla 3.9 Resultados de energía ahorrada por la separación del agua de enfriamiento

	KJ/día	Kcal/día
Gasto Actual de Energía	26098901.09	6233615.43
Energía Total a Gastar con implementación	18012259.82	4302154.35
Energía Ahorrada	8086641.27	1931461.08

Nota: Los cálculos de los resultados se muestran en el Anexo 3

Debido a la falta de espacio y la distribución de la planta, el tanque se lo colocará en el exterior de la fábrica y relativamente lejos de los equipos que consumen el agua caliente, lo que repercute en una mayor inversión por concepto de tubería y en mayores pérdidas de calor.

Costos de la energía calórica.- El costo de la energía se lo hizo con información que se tenía del consumo de bunker en el año 2006 y parte del 2007, también se utilizó información de una auditoría térmica realizada en la fábrica en el 2007.

El costo del vapor es de 0.014 USD/Kg_v. (Peña J, 2007)

Tabla 3.10 Costo de la energía

Costo de Vapor [USD/Kg vapor]	Costo de la Energía [USD/Kcal]
0.014	2.11×10^{-5}

3.6.1.4. Evaluación técnica, económica y ambiental de la propuesta

Factibilidad Técnica: La fábrica cuenta con un departamento de mantenimiento ágil y capaz para la realización del proyecto así también como en su funcionamiento.

Factibilidad Económica: El criterio de evaluación se basó en los índices económicos: Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno y el retorno sobre la inversión.

La inversión que se debe hacer para la implementación contempla además del tanque, la tubería, accesorios y bomba de 10 HP. Los costos de cada uno de los elementos se muestran en la tabla 3.11 y los costos de operación se muestran en la tabla 3.12

Tabla 3.11 Inversión Prevista

Elemento	Costo total [USD]
Tanque de almacenamiento de	2205
Tubería de polietileno 90 m de 5"	5062
4 Codos de 90° de polietileno	281
Bomba de 10 HP	1200
1 Reducción de polietileno de 5" a 2.5"	19
Total	8767

Tabla 3.12 Costos de operación

Costos por bombeo [USD/año]	Depreciación [USD/año]
203.1	618.35

El costo de depreciación se calcularon con base a 20 años en los materiales de polietileno y en base a 5 años para la bomba.

Tabla 3.13 Ahorro de energía y dinero generado por la implementación

Energía Ahorrada [Kcal/día]	Costo de la energía [USD/Kcal]	USD ahorrados por día	USD ahorrados por año
1931461.1	2.11×10^{-5}	40.75	6220.05

Tabla 3.14 Análisis de flujo de caja

	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	0	1	2	3	4	5
Inversión	\$8767.00					
Costo Operativo		\$203.00	\$203.00	\$203.00	\$203.00	\$203.00
Dividendo de		\$618.00	\$618.00	\$618.00	\$618.00	\$618.00
Ingresos por ahorro de energía		\$6620.00	\$6620.00	\$6620.00	\$6620.00	\$6620.00
Flujo Neto	\$8767.00	\$5799.00	\$5799.00	\$5799.00	\$5799.00	\$5799.00

En la tabla 3.14 se muestra el flujo de caja que generará el proyecto en los primeros 5 años de funcionamiento. Con base en los resultados del flujo de caja se calcularon el Valor Presente Neto (VAN) y la tasa interna de retorno

(TIR). Índices que permitirán evaluar la rentabilidad de la acción de mejora.

Tabla 3.15 Índices financieros

VAN	TIR
\$21180.00	375.19%

Nota: Para el cálculo del VAN se utilizó la tasa activa referencial a julio del 2008

Los valores que se presentan en la tabla 3.15 apuntan muy claramente a que la acción de mejora seleccionada es rentable.

Aspecto Ambiental: Con esta acción de mejora se ahorrarán 1931461.1 Kcal/día lo que representa una disminución del consumo de Bunker de 56456.34 kg por año lo que a su vez disminuye la cantidad de CO₂ que se arroja a la atmósfera en 178439.67² Kg al año. Todo esto hace que la opción de mejora sea factible ambientalmente.

3.6.2. RECUPERACIÓN DE LA ENERGÍA TÉRMICA DEL AGUA DE DESCARGA DE TINTORERÍA.

Se plantea utilizar el agua caliente de los baños de tintura de desecho que saldrá a 70°C para calentar, mediante intercambiador de calor agua fresca hasta la temperatura de 50°C que sería utilizada para los baños de tintorería.

Actualmente la fábrica desecha sus efluentes a la cuenca hidrográfica cercana a la fábrica a temperaturas cercanas a los 60 °C.

Recuperar el calor de los efluentes representa una disminución directa en el

² Considerando combustión completa

consumo de bunker lo que se refleja en disminución de costos; generando suficiente agua caliente para abastecer las necesidades del área de tintorería, recuperando la energía del agua caliente de desecho.

Como primer paso se estimó el agua que se descarga del área de tintorería. Para esto se hizo pruebas para saber cual es el porcentaje de humedad con que sale las telas después de cada baño. Se tomó pedazos de telas que salían de las máquinas y se pesó tal como salieron para luego secar y volver a pesar. Con esto se tiene un porcentaje de humedad y se estimó el agua que queda en la tela.

En las pruebas se pudo evidenciar tres tipos claros de tela en lo que se refiere a captación de agua y se las clasifíco en: telas livianas, telas pesadas y telas medias.

Tabla 3.16 Porcentaje de humedad de las telas al término de cada baño

Tipo de Tela	% de Humedad en peso
Liviana	356.0
Media	505.8
Pesada	902.3

Utilizando la cantidad de tela tinturada en el primer semestre del 2007 se puede estimar la cantidad de agua que se queda en la tela.

Tabla 3.17 Cantidad de agua que se queda en la tela procesada en 6 meses de trabajo

Tipo de Tela	Peso de tela en seco [Kg]	Peso del agua [Kg]	Metros cubicos de agua
Liviana	495427.17	1763720.73	1763.72
Media	31554.77	159604.02	159.60
Pesada	105103.94	948352.85	948.35
Total	632085.88	2871677.60	2871.67

Nota: La Estimación se hizo utilizando los datos del primer semestre del 2007

Tomando en consideración el número de horas trabajadas en 6 meses es de 3168 h, se tiene un total de 21.75 m³/día de agua que se retiene en la tela, que representa el 8.66% del total de agua que ingresa a tintorería, quedando 229.2 m³/día para utilizar como fluido caliente en el intercambiador.

La temperatura de salida del agua se encuentra en una media de 70 °C, pero se estima aumentar la temperatura en un promedio de 5 °C, debido a que se espera aumentar la temperatura a la cual se descarga el agua de los baños de las máquinas.

3.6.2.1. Dimensionamiento del intercambiador

Para dimensionar el intercambiador se utilizaron los datos que se muestran en la tabla 3.18.

Tabla 3.18 Datos para el intercambiador

	Temperatura de entrada [°C]	Temperatura de salida [°C]	Caudal [m ³ /h]
Agua Fresca	12	50	-
Agua de Descarga	70	40	9.55

Tabla 3.19 Resultados del dimensionamiento del intercambiador

Calor transferido [KJ/h]	Caudal de agua fresca [m ³ /h]	Área de transferencia [m ²]
1171881.65	7.42	11.22

Nota: Los cálculos se muestran en el Anexo 3

Se contactó con dos casas comerciales que distribuyen maquinaria textil, las cuales entregaron propuestas para la recuperación de calor del agua de descarga de las máquinas de tintura, con base en los datos operativos entregados.

La primera casa comercial que se contactó es la representante de POZZI LEOPOLDO una empresa italiana dedicada a la fabricación de maquinaria para tintorería.

Esta empresa con su producto RCR propone una manera poco convencional para el intercambio de calor. Su principio de operación basada en una serie de discos conectados a un eje giratorio hueco hace que el sistema esté exento del problema de depósito de suciedad sobre el área de transferencia típico en otro tipo de intercambiadores.

Con este intercambiador se tienen los siguientes resultados, de acuerdo a los datos que la empresa proporcionó

Tabla 3.20 Resultados que se tienen con el intercambiador RCR

	Temperatura de entrada [°C]	Temperatura de salida [°C]	Caudal [m ³ /h]
Agua Fresca	12	52.3	9.55
Agua de Descarga	70	40	9.55

Tabla 3.21 Costo del intercambiador

Descripción	Cantidad
RCR-30 Intercambiador de calor	1
Válvula manual DN-65	1
Sensor de Nivel	2
Válvula Neumática DN-50 ON-OFF	1
Válvula manual de 2"	1
Medidor de flujo	1
Visualizador de temperatura	1
Precio Total [USD]	35967

Con los resultados entregados por la empresa consultada se calculó la cantidad de calor ahorrado y lo que esto representa en ahorro de dinero.

Los resultados se muestran en la tabla 3.22

Tabla 3.22 Energía y dinero ahorrado

Energía ahorrada [W]	Energía ahorrado [Kcal/h]	USD ahorrados por año
442.6111×10^3	1.5934×10^6	50879.7

Nota: El cálculo de energía ahorrada se muestra en el Anexo 3

La segunda empresa consultada fue Thies, empresa alemana que al igual que la otra empresa, se dedica a la fabricación de maquinaria textil.

Esta empresa propone un intercambiador de tubos y coraza en forma de S, el intercambiador viene con un tablero de control. El intercambiador presenta inconvenientes, ya que son difíciles de limpiar y se debe tomar en cuenta el factor de ensuciamiento normal para este tipo de intercambiadores.

Por todo lo anterior y el costo propuesto de 76823 dólares fue descartada la propuesta.

Para almacenar los 9.55 m³/h de agua fresca caliente que se generará se debe contar con un tanque de 10000 litros de polietileno y para almacenar el agua de desecho se cuenta con tres tanques no utilizados en la fábrica, que juntos suman cerca de 14000 litros.

3.6.2.2. Evaluación técnica, económica y ambiental de la propuesta.

Factibilidad técnica: Las empresas extranjeras consultadas tienen una representación amplia y eficaz en Latinoamérica y ofrecen todo el material necesario para la implementación y puesta en marcha de los equipos, además, debido al poco espacio que ocupan los dos intercambiadores, se los puede ubicar sin ningún problema en la fábrica.

Por todo lo mencionado se concluye que la opción de mejora es factible técnicamente y por costo del intercambiador se debe seleccionar la oferta de la casa Pozzi.

Factibilidad Económica: Para la evaluación económica del proyecto se utilizaron los índices económicos VAN, TIR y El retorno sobre la inversión.

La inversión que se deberá realizar para llevar a cabo el proyecto se detalla a continuación:

Tabla 3.23 Inversión Prevista

Componente	Pozzi
Intercambiador	35967
Tanque	2205

Tabla 3.24 Costos operativos

	Pozzi
Depreciación [USD/año]	3706.95
Costos por bombeo [USD/año]	383.32

La depreciación se calculó a 20 años para el tanque de polietileno y a 10 años para el intercambiador y para el cálculo de los costos por bombeo se utilizó la tarifa de 0.11 USD/KW-h

Con estos datos se hizo el flujo de caja a 10 años el cual consta en la tabla 3.25

Con los datos obtenidos en el flujo de caja se calculan los índices VAN y TIR.

Tabla 3.26 Índices económicos

	VAN	TIR
Pozzi	\$196341.00	728.19%

El retorno sobre la inversión es de 10 meses para el intercambiador de Pozzi Leopoldo.

Como se puede observar en la tabla 3.26 el proyecto es rentable ya que presenta un VAN alto, así también, el TIR presenta un valor alto.

Factibilidad ambiental: La recuperación de calor que se produce al implementar la opción de mejora provocará una disminución del consumo de bunker de aproximadamente 1.1178×10^6 Kg al año.

La temperatura de descarga de los efluentes será de 27°C que se encuentra dentro de los parámetros aceptados por la normativa ambiental vigente.

Estos factores hacen que la opción de mejora sea factible.

3.6.3. AISLAMIENTO DE LA TUBERÍA DE VAPOR, DISTRIBUIDORES DE VAPOR, TUBERÍA DE RETORNO DE AGUA CALIENTE Y DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA.

Las tuberías que transportan vapor se encontraban precariamente aisladas y en muchos de los casos sin aislamiento alguno, lo mismo sucedía con los distribuidores de vapor, esto provocaba que las pérdidas de energía calórica

sean altas.

Debido a que la de temperatura de conducción de vapor por los tubos es de alrededor de los 145°C, el no tener recubrimiento puede originar pérdidas considerables por lo tanto se considera una opción de mejora.

Las pérdidas de calor en la tubería y especialmente en los distribuidores de vapor disminuían la cantidad de energía disponible para calentar los baños de agua de tintura, lo que provoca que el tiempo para llegar a las temperaturas requeridas aumente, disminuyendo así la productividad.

La tubería de plástico por la cual se trasladará el agua caliente hacia las máquinas presenta pérdidas de calor que son altas debido a la gran área de transferencia de calor que presenta la tubería. De igual manera los tanques que almacenan el agua caliente presentan pérdidas de calor que tampoco son despreciables, debido a que se ubicarán a la intemperie y también a su área de transferencia.

Por todas estas razones se considera que el aislamiento de tubería, de los tanques y de los distribuidores es una buena opción para el mejoramiento térmico y productivo de la fábrica.

Tabla 3.27 Características de los elementos analizados para determinar las pérdidas calóricas

Componente	Distribuidor 1	Distribuidor 2	Tubería de vapor	Tubería de agua	Tanque
Forma	Cilíndrico	Cilíndrico	Cilíndrico	Cilíndrico	Cilíndrico
Material	Hierro Fundido	Hierro Fundido	Hierro Fundido	Polietileno	Polietileno
Longitud [m]	3.58	1.90	7.00	90.00	2.50
Diámetro [m]	0.400	0.250	0.051	0.127	2.244
Área total [m ²]	4.50	1.50	1.12	35.91	16.21
Temperatura media [°C]	170.7	170.7	150	52.3	52.3

Las pérdidas calóricas que se generan en los componentes se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 3.28 Pérdidas calóricas por convección natural

	Calor perdido [KW]	Calor perdido [Kcal/día]
Distribuidor 1	4.80	99183.20
Distribuidor 2	1.80	37021.18
Tubería de Vapor	1.70	35163.14
Tubería de Agua	9.03	186248.57
Tanque	5.83	120331.11

Nota: El cálculo de las pérdidas calóricas por convección se muestra en el anexo 3

Debido a que la temperatura de la tubería de agua y de los tanques donde

se almacenará el agua es muy baja no se consideran las pérdidas de calor por radiación en estos elementos.

Tabla 3.29 Pérdidas calóricas por radiación

	Calor perdido [KW]	Calor perdido [Kcal/día]
Distribuidor 1	0.6899	1423.68
Distribuidor 2	0.0230	474.48
Tubería de Vapor	0.0093	192.24

Nota: El cálculo de las pérdidas calóricas por radiación se muestra en el anexo 3

Tabla 3.30 Pérdidas calóricas totales

	Calor perdido [KW]	Calor perdido [Kcal/día]
Distribuidor 1	5.49	100606.88
Distribuidor 2	1.82	37495.66
Tubería de Vapor	1.71	35355.38
Tubería de Agua	9.03	186248.57
Tanque	5.83	120331.11

Como se puede ver en la tabla 3.30 las pérdidas de calor son altas y se debe considerar aislar los componentes.

3.6.3.1. Cálculo del espesor óptimo adecuado para el aislamiento de las tuberías.

El espesor mínimo que se requiere para aislar una tubería está relacionado con dos variables, el costo del material aislante con el cual es directamente

proporcional y el costo por concepto pérdidas de calor con el que se relaciona de una manera inversamente proporcional, como se muestra en la figura 3.5

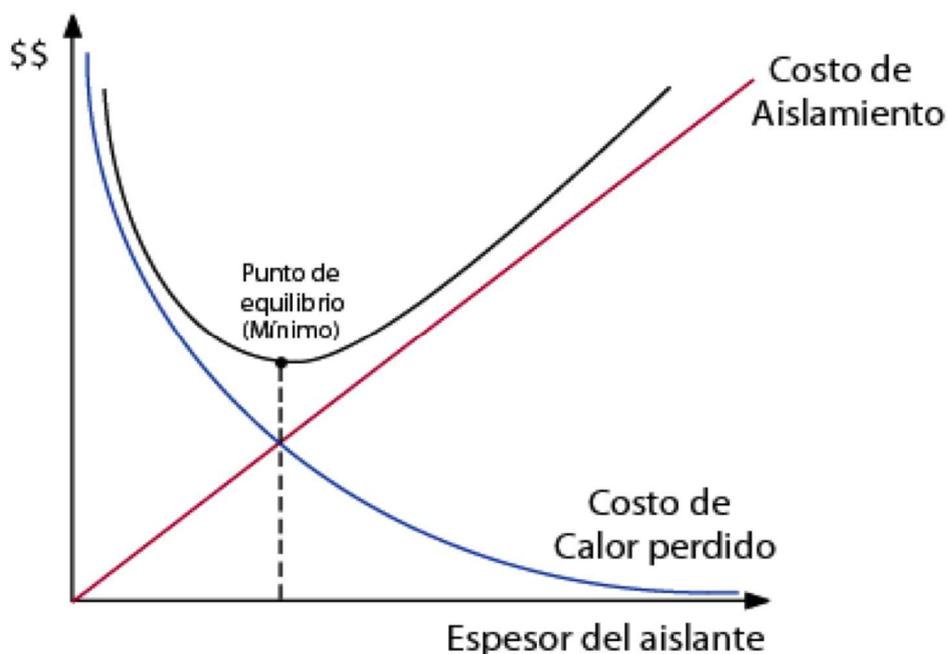


Figura 3.5 Punto de equilibrio entre el costo del aislamiento y el costo por el calor perdido

En la opción de mejora se piensa utilizar un aislante de lana mineral de roca que tiene un coeficiente de conductividad térmica de $0.0297 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ que es más bajo que la fibra de vidrio.

Se utilizarán planchas flex up para el aislamiento de los distribuidores, de los tanques de polietileno y de la tubería de polietileno y se utilizará cañuelas para la tubería de vapor.

En la tabla 3.31 se muestra una tabla con los costos del aislante

Tabla 3.31 Costos del material requerido para el aislamiento

	Cantidad	Costo [USD]
Planchas de 2 pies de ancho x 8 pies de largo x 2 pulg. de profundidad	1	30.45
Planchas de 2 pies de ancho x 8 pies de largo x 3 pulg. de profundidad	1	37.74
Cañuelas de 2 pulg. de diámetro nominal y 1 1/2" de espesor	1	15.66
Láminas de aluminio	1 m ²	3.94

El cálculo del espesor óptimo del aislante se lo muestra en el anexo 3 y en la tabla 3.32 se muestran los espesores necesarios para los distintos elementos analizados.

Tabla 3.32 Espesor óptimo del aislante

	Número de capas n	Espesor del aislante [in]	Espesor del aislante total [m]
Distribuidor 1	1	3	0.076
Distribuidor 2	1	3	0.076
Tubería de Vapor	1	1.5	0.038
Tubería de Agua	1	2	0.051
Tanque	1	2	0.051

Nota: Los cálculos del espesor óptimo se muestran en el anexo 3

Con los datos obtenidos en el cálculo del espesor óptimo se determina el costo total del aislamiento y el ahorro de energía con su respectivo ahorro

económico.

3.6.3.2. Evaluación técnica, económica y ambiental de la propuesta

Factibilidad Técnica: El país cuenta con numerosas empresas que comercializan material para el aislamiento de tuberías y tanques. Existen también empresas que brindan servicio de colocación y mantenimiento de las instalaciones aisladas. Esto hace que la mejora propuesta sea factible técnicamente.

Factibilidad Económica: De igual manera que en las propuestas anteriores, se utilizaron los índices económicos ya mencionados para analizar la opción de mejora.

El análisis económico se realizó por separado, entre el aislamiento de los elementos referentes al agua y los elementos referentes al vapor.

Tabla 3.33 Costos de implementación del aislamiento de la tubería de vapor y de los distribuidores

Elemento	Área total [m ²]	Costo [USD]
Tubería de vapor	1.12	129.68
Distribuidor 1	5.00	146.65
Distribuidor 2	1.60	46.87
Total	7.72	323.20

Tabla 3.34 Depreciación del aislamiento

Depreciación [USD/año]
64.64

El costo de depreciación se calculó a 5 años.

Tabla 3.35 Ahorro de energía y dinero ahorrado por la implementación del aislamiento en la tubería y distribuidor de vapor

Elemento	Calor ahorrado [Kcal/día]	Dinero ahorrado por año [USD]
Tubería de vapor	30997.00	172.66
Distribuidor 1	90612.00	502.00
Distribuidor 2	37680.24	195.39
Total	159289.24	870.05

Tabla 3.36 Análisis de flujo de caja para el aislamiento de los distribuidores y de la tubería de vapor

	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	0	1	2	3	4	5
Inversión	\$323.20					
Dividendo de Depreciación		\$64.64	\$64.64	\$64.64	\$64.64	\$64.64
Ingresos por ahorro de energía		\$870.41	\$870.41	\$870.41	\$870.41	\$870.41
Flujo Neto	\$323.20	\$805.41	\$805.41	\$805.41	\$805.41	\$805.41

Tabla 3.37 Índices económicos para el aislamiento de la tubería a vapor y distribuidores

VAN	TIR
\$174845	318.32%

Tabla 3.38 Costos de implementación del aislamiento de la tubería de agua y de los tanques de agua

Elemento	Área total [m ²]	Costo del aislamiento [USD]
Tubería de agua	35.91	877.10
Tanques	32.42	791.86
Total	68.33	1668.96

Tabla 3.39 Costos operativos y depreciación

Depreciación [USD/año]
333.79

El costo de depreciación se calculó para 5 años.

Tabla 3.40 Ahorro de energía y dinero generado por la implementación del aislamiento en la tubería de agua y en los tanques de almacenamiento

Elemento	Calor ahorrado [Kcal/día]	Dinero ahorrado por año [USD]
Tubería de agua	167528.40	933.20
Tanques	223339.20	1244.08
Total	390867.60	2177.28

Tabla 3.41 Análisis de flujo de caja en el aislamiento de la tubería de agua caliente y de los tanques

	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	0	1	2	3	4	5
Inversión	\$1668.96					
Dividendo de Depreciación		\$333.79	\$333.79	\$333.79	\$333.79	\$333.79
Ingresos por ahorro de energía		\$2177.28	\$2177.28	\$2177.28	\$2177.28	\$2177.28
Flujo Neto	\$1668.96	\$1843.49	\$1843.49	\$1843.49	\$1843.49	\$1843.49

Tabla 3.42 Índices económicos para el aislamiento de la tubería de agua y los tanques

VAN	TIR
7566.00	620.98%

En las tablas 3.36 y 3.41 se muestran los flujos de caja que generará el proyecto en los primeros 5 años de funcionamiento. En base a los resultados del flujo de caja se calcularon el Valor Presente Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), índices que permiten evaluar la rentabilidad de la acción de mejora.

El aislamiento, tanto de los elementos relacionados con el vapor así como los relacionados con el agua caliente, generan índices económicos altos.

En ambos casos la inversión se recupera en menos de un año, por estas razones se concluye que la opción de mejora es factible económicamente.

Factibilidad ambiental: Al igual que las dos propuestas anteriores la factibilidad ambiental de esta propuesta tiene que ver con la disminución en el consumo de búnker que en este caso se encuentra alrededor de 13937.4 Kg al año, por lo que se concluye que la propuesta es factible ambientalmente.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se encontró que se desperdiciaba agua del flujo artesiano en un aproximado de 363 m^3 por semana.
- El sistema de recirculación que existe entre la cisterna de agua y el ablandador resulta inadecuado porque el agua blanda se vuelve a mezclar con el agua no tratada lo que ocasiona una variación de la dureza en el agua que se utiliza en tintorería que a su vez puede ser la causa de los defectos en la tela
- La separación del agua caliente procedente de la operación de enfriamiento de los baños de tintura en tanques de almacenamiento permitirá mantener el agua de la cisterna lo que permitirá de disminución del tiempo de enfriamiento y al mismo tiempo tener agua caliente para ser utilizada en la etapas necesarias de tinturado, lo que permitirá ahorrar $1931461.1 \text{ Kcal/día}$.
- La recuperación de calor del agua de descarga de tintorería permitirá ahorrar hasta $1.6 \times 10^6 \text{ Kcal/h}$
- Gracias a la estandarización y optimización de los programas de tintura se pudo ahorrar hasta $21.1 \text{ m}^3/\text{día}$ de agua.
- Se recomienda almacenar el agua ablandada en un tanque pulmón para su uso y eliminar la mezcla con el agua no tratada de la cisterna.
- Se recomienda lavar el pozo con la frecuencia definida técnicamente para evitar disminuciones en los caudales de agua que ingresan a la planta.
- Se recomienda aislar térmicamente los distribuidores y la tubería de

vapor, así como las tuberías de agua caliente y tanques, para disminuir las pérdidas de calor.

- Se recomienda implementar el intercambiador de calor para recuperar la energía térmica del agua caliente de descarga de los procesos de tintura con lo cual se lograría además cumplir con la normativa en lo concerniente a la temperatura de efluentes líquidos.
- Se recomienda redactar un plan de capacitación anual para los trabajadores así como también generar políticas de motivación continua.

BIBLIOGRAFÍA

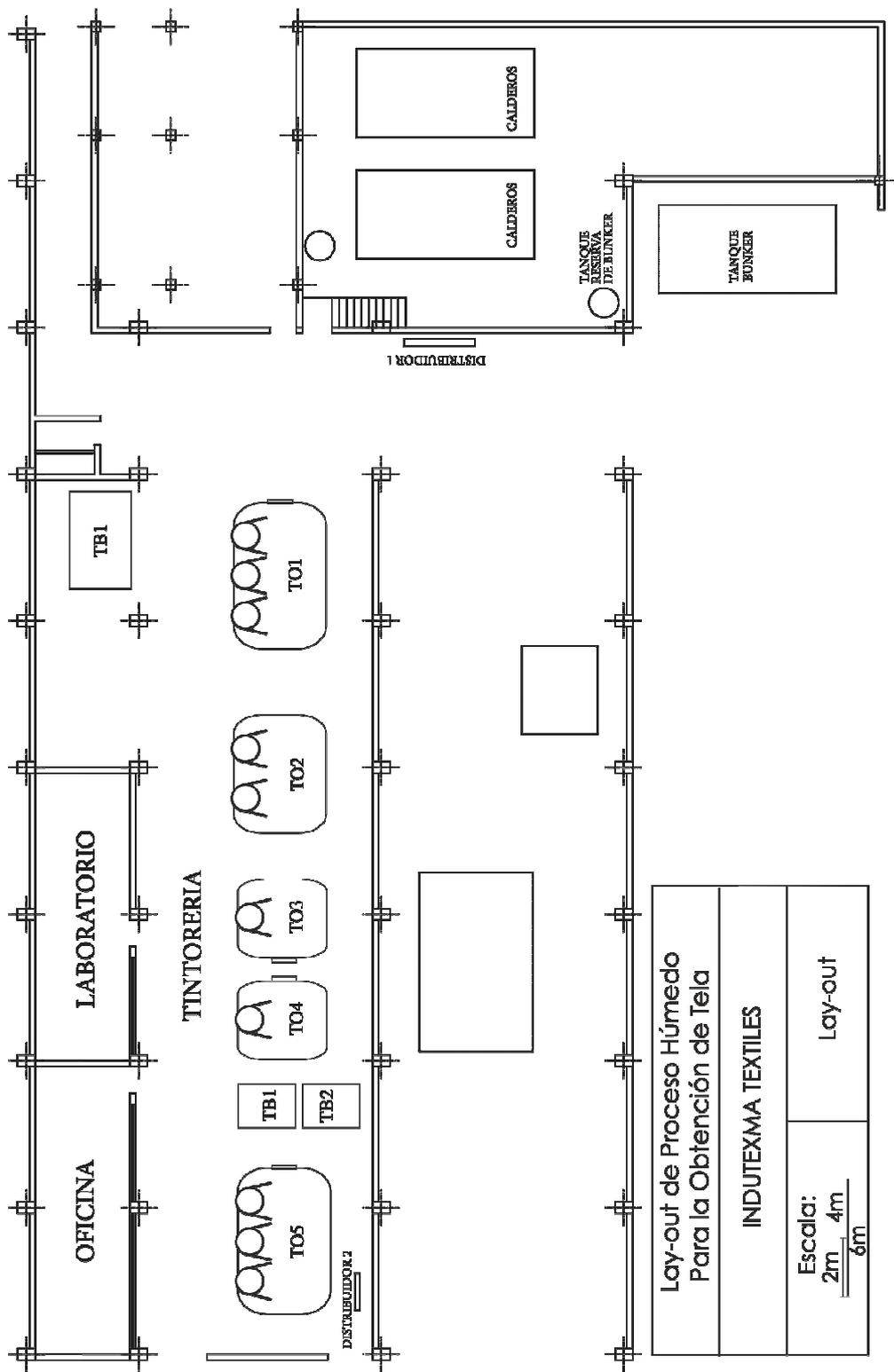
1. BASF. "Manual de tintura y acabados de fibras de poliéster solos o en mezcla con otras fibras barische anilin & soda fabrik AC", s.e., s.f., s.l.
2. CEGARRA, José, "Fundamentos Científicos y Aplicados de la Tintura de Materiales textiles", Edit. Escuela Politécnica de Barcelona, 1980, Barcelona España.
3. CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DE PANAMÁ; <http://www.conep.org.pa/prodlimpia/> , 1 de agosto de 2005, 10:44
4. ESCOBAR, Carlos, "Blanqueo, tintorería, acabados y Estampación textil", Edit. Tecnológico de Costa Rica, 1966, Costa Rica.
5. MILLS, Anthony; "transferencia de Calor", Edit. IRWIN, 1995, Barcelona España.
6. MONTENEGRO, Lucía; "Material de calor para Transferencia de calor I"; ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL; Ecuador; Octubre de 2003.
7. PEÑA, José, "Evaluación del sistema térmico Indutexma", Corfopym, 2007, Otavalo.
8. PERRY, Robert, "Chemical Engineer's Handbook", Edit. McGraw Hill., New York, USA, 1997, 7ª Edic.
9. POZZI LEOPOLDO Industry, "RCR Heat Recovery Unit" <http://www.pozzi.it/web/tecnologie.asp?SETLINGUA=2&N=2&N1=57&N2=61&ID=2004> (20-02-2008)

10. PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA,), “La Producción más Limpia y el Consumo Sustentable en América Latina y el Caribe”, United Nations Publications, México DF. 2004
11. STREETER, Victor, “Mecánica de Fluidos” Edit. McGraw Hill, Bogotá Colombia, 2000. 9ª Edic.
12. THIES, Textilmaschinen, “Heat Recovery System”, http://www.thiestextilmaschinen.com/127/Products/Supplementary_Equipment/Heat_Recovery.htm (17-03-2008)
13. TOBÓN Olga, Perfil Ambiental de la Industria Textil, Taller “Aumentando la Competitividad y Productividad de las Empresas Textiles con Producción más Limpia, Centro Ecuatoriano de Producción más Limpia, Quito 2004
14. UNEP, “Good Practice”, <http://www.agrifood-forumnet/practices.net/cp.asp>, (21-18-2007).
15. REINOSO HIDALGO, Gustavo Adolfo ; “ aplicación de Producción más Limpia en una industria extractora de aceite de palma africana”, Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador 2006
16. VAN BERKEL, Rene, “Cleaner Prooduction for Process Industries”, Plenary Lecture Chemeca 2000, Perth Wa, 9-12 July 2000
17. ZAROR Claudio, “Introducción a la Ingeniería Ambiental para la Industria de Procesos”, Primera edición, Concepción 2000

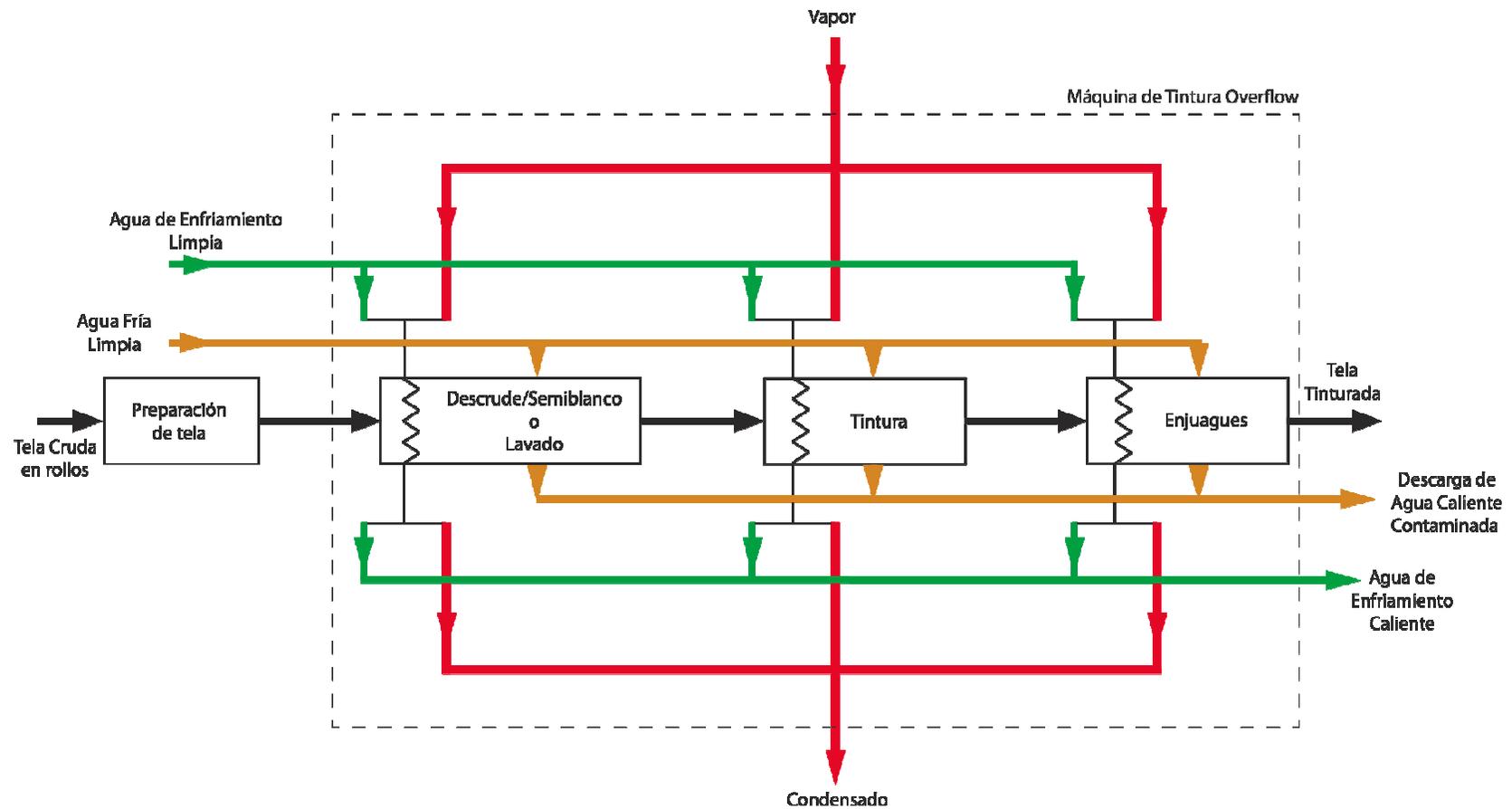
ANEXOS

ANEXO 1 DIAGRAMA DE IMPLANTACIÓN Y DIAGRAMA DE FLUJO

Anexo 1.1 Layout de Planta



Anexo 1.2 Diagrama de flujo



ANEXO 2 BALANCES DE MASA Y ENERGÍA

Anexo 2.1 Balance de masa de agua

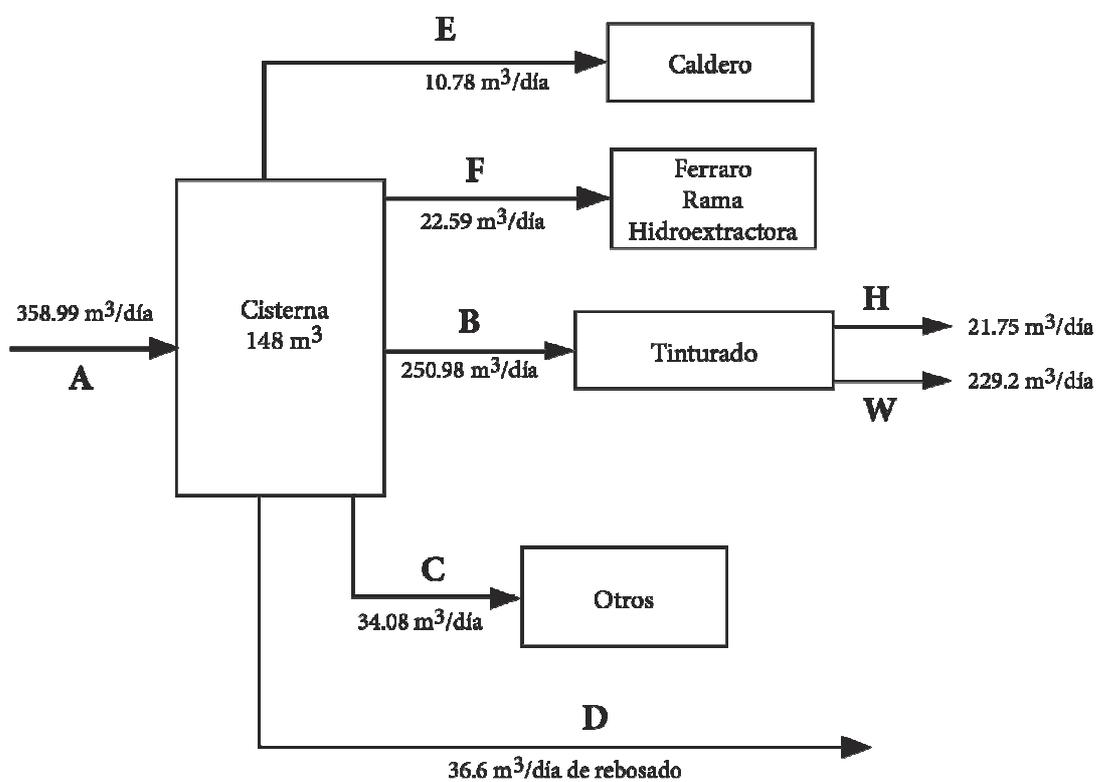


Figura A- 1 Diagrama de flujo del agua

Balace de masa en la cisterna

La corriente D representa la cantidad de agua que se pierde por rebose de artesiano.

$$A = B + C + E + D + F$$

$$358.99[\text{m}^3/\text{día}] = 250.98 + 34.08 + 10.78 + 36.168 + 22.593[\text{m}^3/\text{día}]$$

El balance de masa presenta un desfase de 3.96 m³ que representa el 1%, lo cual es normal.

Balance de masa en tintorería

La corriente H representa la cantidad de agua que se retiene en la tela y W es el agua que se desecha a la alcantarilla.

$$B = W + H$$

$$250.98[\text{m}^3] = 21.75 + 229.2[\text{m}^3]$$

La cantidad de agua que se retiene en la tela se estimó utilizando el porcentaje de humedad que absorbe cada tela y el total de kilos tinturados en el primer semestre del 2007.

Anexo 2.2 Balance de Energía

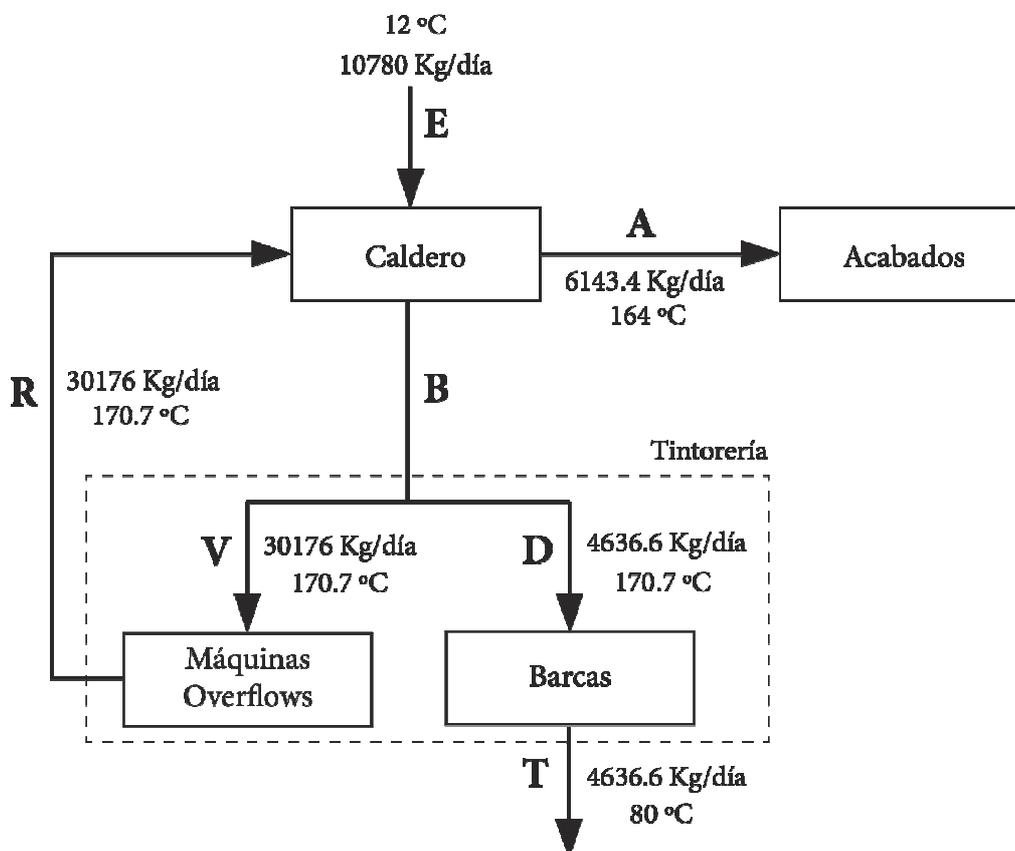


Figura A- 2 Diagrama de flujo del vapor

Se realizó un balance de masa en el caldero:

La producción de vapor es de 40956 Kg por día por lo tanto:

$$V + D + A = 40956[\text{Kg/día}] \quad (\text{A2-1})$$

Si se realiza un balance de masa en el caldero se tiene:

$$V + D + A = R + E \quad (\text{A2-2})$$

De las dos ecuaciones anteriores se tiene que los condensados más la alimentación de agua fresca es igual al total del vapor generado:

$$R + E = 40956[\text{Kg} / \text{día}] \quad (\text{A2-3})$$

Se determinó que la alimentación de agua fresca al caldero "E" es de 10780 Kg por día por lo tanto la corriente R se determina como:

$$R = (40956 - 10780) = 30176[\text{Kg} / \text{día}]$$

Se estima que el 85% del vapor se utiliza en tintorería por lo que:

$$\begin{aligned} V + D &= 40956 * 0,85 \\ V + D &= 34812[\text{Kg} / \text{día}] \end{aligned} \quad (\text{A2-4})$$

Debido a que los condensados de las máquinas overflow se recirculan al tanque pulmón en su totalidad se tiene que la corriente V es igual a la corriente R

$$V = 30176[\text{Kg} / \text{día}]$$

Entonces la corriente V se calcula como:

$$D = (34812 - 30176) = 4636[\text{Kg} / \text{día}]$$

Del balance general en el caldero se tiene que:

$$A = (30176 + 10780 - 30176 - 4636) = 6143[\text{Kg} / \text{día}]$$

Si se realiza un balance de energía en el área tintorería se tiene tener una idea del calor cedido en el proceso:

Tabla A- 1 Datos necesarios para el balance de energía

Temperatura [°C]	Entalpía [KJ/Kg]	
	Condensado	Vapor
170.7	-	2767.33
90	376.3	-
80	334.30	-
70	292.34	-

Nota: Los datos de entalpía se tomaron del Manual del Ingeniero Químico de Perry

$$\dot{m}_B h_{Bv} = \dot{m}_R h_{fR} + \dot{m}_T h_{fT} + \dot{Q}_{cedido} \quad (A2-5)$$

$$40956 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{día}} \right] * 2767.33 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right] = 30176 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{día}} \right] * 363.0 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right] + 4636.6 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{día}} \right] * 334.30 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right] + \dot{Q}$$

$$\dot{Q}_{cedido} = 100834864 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{día}} \right] = 24083993.5 \left[\frac{\text{Kcal}}{\text{día}} \right]$$

Si se estima que la temperatura media a la cual se calienta toda el agua que se consume en los baños de tintorería es de 65°C entonces se tiene el calor cedido es igual al calor ganado por el agua que se consume en tintorería:

$$Q_{cedido} = -Q_{ganado} \quad (A2-6)$$

$$Q_{ganado} = \dot{m}_{\text{agua de consumo}} * h_{f_{70^\circ\text{C}}} \quad (A2-7)$$

$$Q_{ganado} = 258980 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{día}} \right] * 292.34 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right] = 75710213.2 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{día}} \right]$$

Como se aprecia el calor ganado es menor al calor cedido lo cual muestra que existe una pérdida de calor de aproximadamente 25124650.9 KJ por día, debido a la convección natural a través de las máquinas de tintura y de la inyección de vapor directo a las barcas.

ANEXO 3 CÁLCULOS PARA LAS OPCIONES DE MEJORA

Anexo 3.1 Cálculo de las pérdidas, caída de presión y de la potencia hidráulica necesaria de la bomba.

Calculo de pérdidas

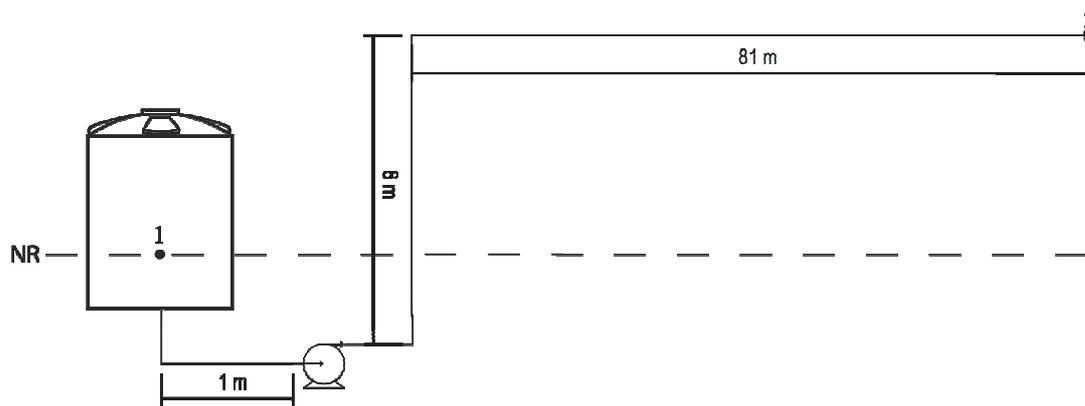


Figura A- 3 Diagrama de implantación de la opción de mejora

Según la ecuación de Bernouli

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + H_b = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_f \quad (A3-1)$$

Donde:

P = la presión [Pa]

Z = la altura [m]

v = la velocidad lineal del fluido [m/s]

H_b = la altura de la bomba [m]

h_f = pérdidas [m]

γ = peso específico del fluido [N/m^3]

g = gravedad [m/s^2]

Consideraciones

La presión en el tanque es la atmosférica

El punto considerado como 1 tiene velocidad 0 [m/s]

La línea de referencia de nivel pasa por el punto 1

Entonces se tiene:

$$H_b = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_f \quad (A3-2)$$

Tabla A- 2 Datos necesarios para el cálculo de la altura de bomba y las pérdidas.

	Símbol	Valor	Unidades
Presión	P_2	20	psig
Díámetro de tubería	D	4.5	pulg
Longitud de tubería	l	90	m
Viscosidad	μ	4.7×10^{-4}	kg/m.s
Caudal	Q	1600	l/min
Altura	Z	8	m
Densidad	ρ	983.6	Kg/m ³

Nota: Las propiedades del líquido se extrajeron del Manual del Ingeniero Químico de Perry

Las pérdidas h_f se componen de las pérdidas por fricción en la tubería y pérdidas por accesorios.

Donde:

K es la constante de pérdidas

l_e es la longitud equivalente [m]

D es el diámetro de la tubería [m]

f es el factor de fricción de Darcy

El factor de fricción f es función del número adimensional de Reynolds (Re) y de la rugosidad de la tubería ϵ .

$$\begin{aligned} h_f &= h_{facc} + h_{ftub} \\ h_{ftub} &= k \frac{v^2}{2g} \\ k &= f \frac{l_e}{D} \end{aligned} \quad (A3-6)$$

Donde:

ρ es la densidad del fluido [Kg/m^3]

μ es la viscosidad del fluido [Kg/ms]

La tubería utilizada es de polietileno y se la puede considerar como tubería lisa o estirada, la cual tiene un ϵ de 0.0015 mm

El factor de fricción f se lee del diagrama de Moody con el número de Reynolds y considerando la tubería lisa.

Tabla A- 3 Datos necesarios para el cálculo del coeficiente de fricción.

Reynolds	ϵ/D	f
621042.97	Tubería lisa	0.0126

Nota: Datos tomados del diagrama de Moody

Las pérdidas en los accesorios está dado por la ecuación:

$$h_{\text{facc}} = k \frac{v^2}{2g} \quad (\text{A3-7})$$

Donde k es un coeficiente que depende del accesorio utilizado.

Tabla A- 4 Datos necesarios para el cálculo de las pérdidas por accesorios

Accesorios	Cantidad	Coeficiente k
Codo Estándar de 90°	5	0.90
Entrada Recta	1	0.50
Expansión Brusca	1	0.48

Nota1: Valores tomados de la Mecánica de Fluidos de Streeter pagina 299-300

A lo largo del tramo desde los tanques hasta el área de tintorería se encuentra una expansión de 2.5" a 4.5". El coeficiente de la expansión brusca se calcula de acuerdo con la ecuación:

$$k = \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right]^2 \quad (\text{A3-8})$$

Donde:

D_1 es el diámetro menor

D_2 es el diámetro mayor

La potencia hidráulica de la bomba está dado por la ecuación:

$$P_H = H_B Q_T \gamma \quad (A3-9)$$

Donde Q_T es el caudal total [m^3/s]

Altura de Bomba, potencia de bomba, pérdidas y caída de presión del sistema

Pérdidas por Fricción	2.10 [m]
Pérdidas por Accesorios	5.97 [m]
Altura de Bomba	30.61 [m]
Potencia Hidráulica de la Bomba	7859.10 [W]
Caída de Presión	1828.20 [Pa]

Cálculo de la energía ahorrada por utilización del agua caliente de enfriamiento.

Para este cálculo se definirá una temperatura de referencia de 50 °C.

Antes de la implementación, se calentaba toda el agua desde los 25°C hasta los 50°C.

La energía utilizada para esto se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$\Delta H = \dot{m}(h_{r_1} - h_{r_2}) \quad (A3-10)$$

Donde:

ΔH es la variación de entalpía

m es el flujo másico de agua

h_f es la entalpía específica

Tabla A- 5 Datos necesarios referentes al agua, para los cálculos de ahorro de energía calórica

	Entalpía [KJ/Kg]	Volumen Específico [m ³ /Kg]
a 12°C	49.80	1.000 x 10 ³
a 25°C	104.14	1.002 x 10 ⁻³
a 50°C	208.64	1.010 x 10 ⁻³
a 70°C	292.34	1.023 x 10 ³

Nota: Datos tomados del Manual del Ingeniero Químico de Perry séptima edición pagina 2-306

La energía utilizada para elevar la temperatura desde 25°C hasta los 50°C de 250 m³ de agua es de 26098901.09 KJ

Una vez que se separe el agua de enfriamiento que representa aproximadamente 90 m³/día, se tendrá que calentar 161 m³/día de agua desde 12°C hasta 50°C, la energía necesaria para calentar esta agua será de 25540075.6 KJ/día

La diferencia entre el consumo de energía es de 558825.5 KJ/día

Se debe también tomar en cuenta que se contará con 90 m³/día de agua con una temperatura de 70 °C, con un contenido energético de 7527815.78 KJ/día con respecto a los 50 °C de referencia. Esta cantidad de energía se considera también un ahorro

Sumando los dos ahorros se tiene un total de 8086641.27 KJ/día.

Anexo 3.2 Cálculo del calor perdido y cálculo del espesor óptimo del aislamiento a aplicarse a los distintos elementos

Las pérdidas por convección natural se define por la ecuación

$$Q = h_c A_c (T_p - T_A) \quad (A3-11)$$

Donde:

Q es el calor transmitido [W]

h_c es el coeficiente de convección [W/m^2K]

A_c es el área de convección [m^2]

T_p es la temperatura pared [K]

T_A es la temperatura del ambiente [K]

El área de convección es $32.4 m^2$

Para el cálculo del coeficiente se debe primero calcular Nu según las ecuaciones:

$$\begin{aligned} Nu &= 0.53(GrPr)^{\frac{1}{4}} \quad \text{si } 10^3 < GrPr < 10^9 \\ Nu &= 0.126(GrPr)^{\frac{1}{3}} \quad \text{si } 10^9 < GrPr < 10^{12} \end{aligned} \quad (A3-12)$$

Los números adimensionales se calculan de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$Gr = \frac{\beta \Delta T g (L^*)^3}{\nu^2} = \frac{\beta \Delta T g \rho (L^*)^3}{\mu^2} \quad (A3-13)$$

$$Pr = \frac{C_p \mu}{k} \quad (A3-14)$$

$$\beta = \frac{1}{T_{\text{film}}} [\text{K}^{-1}] \quad (\text{A3-15})$$

$$\Delta T = T_p - T_A \quad (\text{A3-16})$$

$$T_{\text{film}} = \frac{T_p + T_A}{2} \quad (\text{A3-17})$$

Donde:

T_p es la temperatura pared [K]

T_A es la temperatura ambiente [K]

g es la gravedad [m/s^2]

ρ es la densidad del aire [Kg/m^3]

L^* es longitud característica [m]

μ es la viscosidad del fluido [Kg/ms]

k es la conductividad térmica del aire [W/mK]

C_p es la capacidad calórica del aire [J/KgK]

Todas las propiedades mencionadas se evalúan a T_{film} .

Tabla A- 6 Datos necesarios para el cálculo de números adimensionales para la tubería de agua caliente

Propiedad	Tubería de agua	Tanques de almacenamiento	Distribuidor 1	Distribuidor 2	Tubería de vapor
T pared [K]	329.00	329.00	443	170.70	423
T ambiente [K]	298.00	288.00	298	298.00	298
T film [K]	313.50	308.50	370.85	370.85	360.5
ΔT [K]	304.00	314.00	418.70	418.70	398
L* (Diámetro) [m]	0.13	2.24	0.40	0.25	0.051
ρ [Kg/m ³]	1.1290	1.1469	0.9499	0.9499	0.9738
μ [Kg/ms]	2.008×10^{-5}	1.999×10^{-5}	2.163×10^{-5}	2.16×10^{-5}	2.119×10^{-5}
k [W/mK]	0.0273	0.02688	0.03154	0.0315	0.0308
Pr	0.705	0.706	0.694	0.694	0.695
β [K ⁻¹]	3.19×10^{-3}	3.24×10^{-3}	2.7×10^{-3}	2.69×10^{-3}	2.77×10^{-3}
Cp [KJ/KgK]	1.0070	1.0060	1.0110	1.011	1.0100

Tabla A- 7 Datos necesarios para el cálculo de las pérdidas de calor por convección natural

Componente	Nu	Gr	h_c [W/m ² K]
Tanque de almacenamiento	806.20	26.20×10^{10}	9.657
Tubería de agua	43.03	61.65×10^6	9.250
Distribuidor 1	93.00	1.37×10^9	7.330
Distribuidor 2	65.40	1.34×10^6	8.245
Tubería de Vapor	20.20	3.03×10^6	12.200

Las pérdidas de calor por radiación se definen por la ecuación:

$$Q_r = \sigma A_r F_e F_F (T_c - T_f)^4 \quad (A3-18)$$

Donde:

Q_r es el calor transferido por radiación [W]

σ es la constante de Stephan Boltzmann = 5.67×10^{-8} [W/m²K⁴]

A_r es el área de radiación [m²]

F_e es el factor de emisividad

F_F es el factor de forma

T_c es la temperatura caliente [K]

T_f es la temperatura fría [K]

Las pérdidas de calor por radiación se consideraran solamente en los elementos referentes al vapor debido a su alta temperatura superficial.

Tabla A- 8 Datos necesarios para el cálculo del calor perdido por radiación³

	F_e	F_F
Distribuidor 1	1	0.6
Distribuidor 2	1	0.6
Tubería de vapor	1	0.6

³ MONTENEGRO Lucía "Material Auxiliar para transferencia de calor I" Ecuador Octubre de 2003 pag. 100

Cálculo del espesor optimo del aislamiento

Tomando en cuenta la siguiente ecuación

$$q = \frac{(T_c - T_f)}{2\pi kL \ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right)} \quad (A3-19)$$

Donde:

k es el coeficiente térmico del aislante [Kcal/mh°C]

r_e es el radio interno [m]

r_i es el radio interno [m]

L es la longitud del tubo [m]

T_c es la temperatura caliente [°C]

T_f es la temperatura frío [°C]

Para el caso de un aislante

$$q = \frac{(T_c - T_f)}{n \cdot 2\pi kL \ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right)} \quad (A3-20)$$

Donde n es el número de capas de aislante de espesor $r_e - r_i$

Tabla A- 9 Datos para el cálculo de espesor del aislante

Propiedades	Tubería de vapor	Distribuidor 1	Distribuidor 2	Tubería de agua	Tanques de agua
r_e [m]	0.0635	0.2000	0.1250	0.1143	1.17
r_i [m]	0.0254	0.2762	0.2010	0.0635	1.12
L [m]	0.91*	3.58**	0.6096***	0.6097***	2.3 [?]
T_c [°C]	150.0	170.7	170.7	52.3	52.3
T_f [°C]	25.0	25.0	25.0	25.0	15.0
k [kcal/mh°C]	0.0297	0.0297	0.0297	0.0297	0.0297

* Es el largo de la cañuela de aislante; ** Es el largo total del distribuidor; [?] Alto del tanque cubierto por el aislante; *** Es el largo de una pieza de aislante

Ejemplo de cálculo para la tubería de vapor

El calor perdido por cañuela de aislante (0.91m)

$$q = \frac{(150 - 25)^\circ\text{C}}{n \frac{1}{2\pi \left(0.0297 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{mh}^\circ\text{C}} \right] \right) 0.91[\text{m}] \ln \left(\frac{0.0635[\text{m}]}{0.0254[\text{m}]} \right)}$$

$$q = \frac{23.166 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right]}{n}$$

El calor por unidad de área queda definido por:

$$\begin{aligned}
 A_{\text{aislante}} &= A_{\text{externa}} - A_{\text{interna}} \\
 A_{\text{aislante}} &= 2\pi r_e L - 2\pi r_i L \\
 A_{\text{aislante}} &= 2\pi L (r_e - r_i) \\
 A_{\text{aislante}} &= 2\pi (0.91)(0.0635 - 0.0254) \\
 A_{\text{aislante}} &= 0.2178 \text{ [m}^2\text{]} \\
 \frac{q}{A} &= \frac{\frac{23.166 \text{ [kcal]}}{n} \left| \frac{h}{\text{m}^2\text{h}} \right|}{0.2178 \text{ [m}^2\text{]}} \\
 Q &= \frac{106.3636 \text{ [kcal]}}{n} \left| \frac{\text{m}^2\text{h}}{\text{m}^2\text{h}} \right|
 \end{aligned}$$

Si se calcula el calor perdido por unidad de área y por año se tiene el primer costo:

$$\begin{aligned}
 \text{Costo}_q &= \frac{106.3636 \text{ [kcal]}}{n} \left| \frac{\text{m}^2\text{h}}{\text{m}^2\text{h}} \right| \frac{6336 \text{ h } 0.014 \text{ USD}}{1 \text{ año } 661.18 \text{ kcal}} \\
 \text{Costo}_q &= \frac{14.27 \text{ [USD]}}{n} \left| \frac{\text{m}^2\text{año}}{\text{m}^2\text{año}} \right|
 \end{aligned} \tag{A3-21}$$

Para el costo que se refiere al aislante en sí, se debe tener en cuenta el tiempo de vida útil del aislante que son de 5 años y el área del aislante para tener consistencia de unidades.

$$\text{Costo}_2 = n C_A \tag{A3-22}$$

Donde C_A es el costo de las cañuelas del aislante

$$\begin{aligned}
 \text{Costo}_2 &= n 15.73 \left[\frac{\text{USD}}{\text{caño}} \right] \frac{1 \text{ caño}}{0.2178 \text{ m}^2} = n * 72.22 \left[\frac{\text{USD}}{\text{m}^2} \right] \\
 \text{Costo}_2 &= \frac{n * 72.22 \text{ [USD]}}{5} \left| \frac{\text{m}^2\text{año}}{\text{m}^2\text{año}} \right| \\
 \text{Costo}_2 &= 14.44 n \left[\frac{\text{USD}}{\text{m}^2\text{año}} \right]
 \end{aligned}$$

El costo total está dado por la siguiente ecuación:

$$C_{\text{TOTAL}} = C_1 + C_2 \tag{A3-23}$$

$$C_{\text{TOTAL}} = \left(\frac{14.27}{n} + 14.44n \right) \left[\frac{\text{USD}}{\text{m}^2\text{año}} \right]$$

$$\frac{dC_{\text{Total}}}{dn} = 0$$

$$\frac{dC_{\text{Total}}}{dn} = -\frac{14.27}{n^2} + 14.44 = 0$$

$$n = \sqrt{\frac{14.27}{14.44}}$$

$$n = 1$$

Para determinar si n es un mínimo se calcula la segunda derivada del costo con respecto a n la cual debe ser mayor a cero.

$$\frac{d^2C_{\text{Total}}}{dn^2} = \frac{28.70}{n^3} > 0$$

El mismo procedimiento se sigue para todos los elementos considerados con sus datos respectivos.

Anexo 3.3 Cálculos para la recuperación de energía por medio de un intercambiador de calor

Balance de energía.

Las temperaturas medias son 55°C y 31°C para el fluido caliente y el fluido frío respectivamente. Las propiedades de los fluidos se determinan a estas temperaturas.

Se realiza un balance de energía sabiendo que el calor que pierde el un fluido es igual al calor que gana el otro.

$$\begin{aligned} Q_{\text{ganado}} &= -Q_{\text{perdido}} \\ \dot{m}_c C_{p_c} \Delta T_c &= -\dot{m}_f C_{p_f} \Delta T_f \end{aligned} \quad (\text{A3-24})$$

Donde:

Q es el flujo de calor.

\dot{m}_c es el flujo másico

C_p es la capacidad calórica

ΔT es la diferencia de temperatura.

Como las cuatro temperaturas son conocidas se debe calcular cual es la masa de agua que se puede calentar.

$$\dot{m}_f = \frac{\dot{m}_c C_{p_c} \Delta T_c}{C_{p_f} (-\Delta T_f)}$$

Tabla A- 10 Propiedades de los fluidos a la temperatura media

Propiedad	Fluido Caliente	Fluido Frío
Densidad [Kg/m ³]	985.696	995.421
Capacidad Calórica [KJ/Kg°C]	4.1832	4.1782
Viscosidad [Kg/ms]	504.6 x 10 ⁻⁶	786.2 x 10 ⁻⁶
Conductividad Térmica [W/m°C]	0.648	0.618
Número de Prandl	3.258	5.326

Determinación del Área de transferencia del intercambiador

Para el cálculo del área de transferencia se utiliza la ecuación de transferencia de calor:

$$Q = U * A * LTMD * F_T \quad (A3-25)$$

$$A = \frac{Q}{U * LTMD * F_T}$$

Donde:

Q es el flujo de calor

U es el coeficiente global de transferencia de calor

A es el área de transferencia de calor

LTMD es la temperatura media logarítmica entre los terminales caliente y frío

F_T es el factor de traspaso del intercambiador

$$LTMD = \frac{\Delta T_{Tf} - \Delta T_{Tc}}{\ln \frac{\Delta T_{Tf}}{\Delta T_{Tc}}} \quad (A3-26)$$

Donde:

ΔT_{Tf} es la diferencia de temperatura del terminal frío

ΔT_{Tc} es la diferencia de temperatura del terminal caliente

Para el cálculo del factor de traspaso se necesita calcular P y R

$$P = \frac{T_{fs} - T_{fe}}{T_{ce} - T_{fe}} \quad (A3-27)$$

$$R = \frac{T_{ce} - T_{cs}}{T_{fs} - T_{fe}} \quad (A3-28)$$

Los resultados de P y de R son 0.66 y 0.79 respectivamente y con ellos se ingresa al diagrama de factor de traspaso cuyo resultado nos da 0.86. (Montenegro Lucía, 2003)

Tabla A- 11 Datos necesarios para el dimensionamiento del intercambiador de calor

Q [KJ/h]	U [W/°C m ²]	LTMD	F _T
1172000.2	1419.56	23.77	0.86

Nota: El coeficiente global de transferencia U, tomado del Manual del Ingeniero Químico de Perry séptima edición.

Con estos datos se obtiene un intercambiador de calor de flujo cruzado con un área de transferencia de 11.22 m².

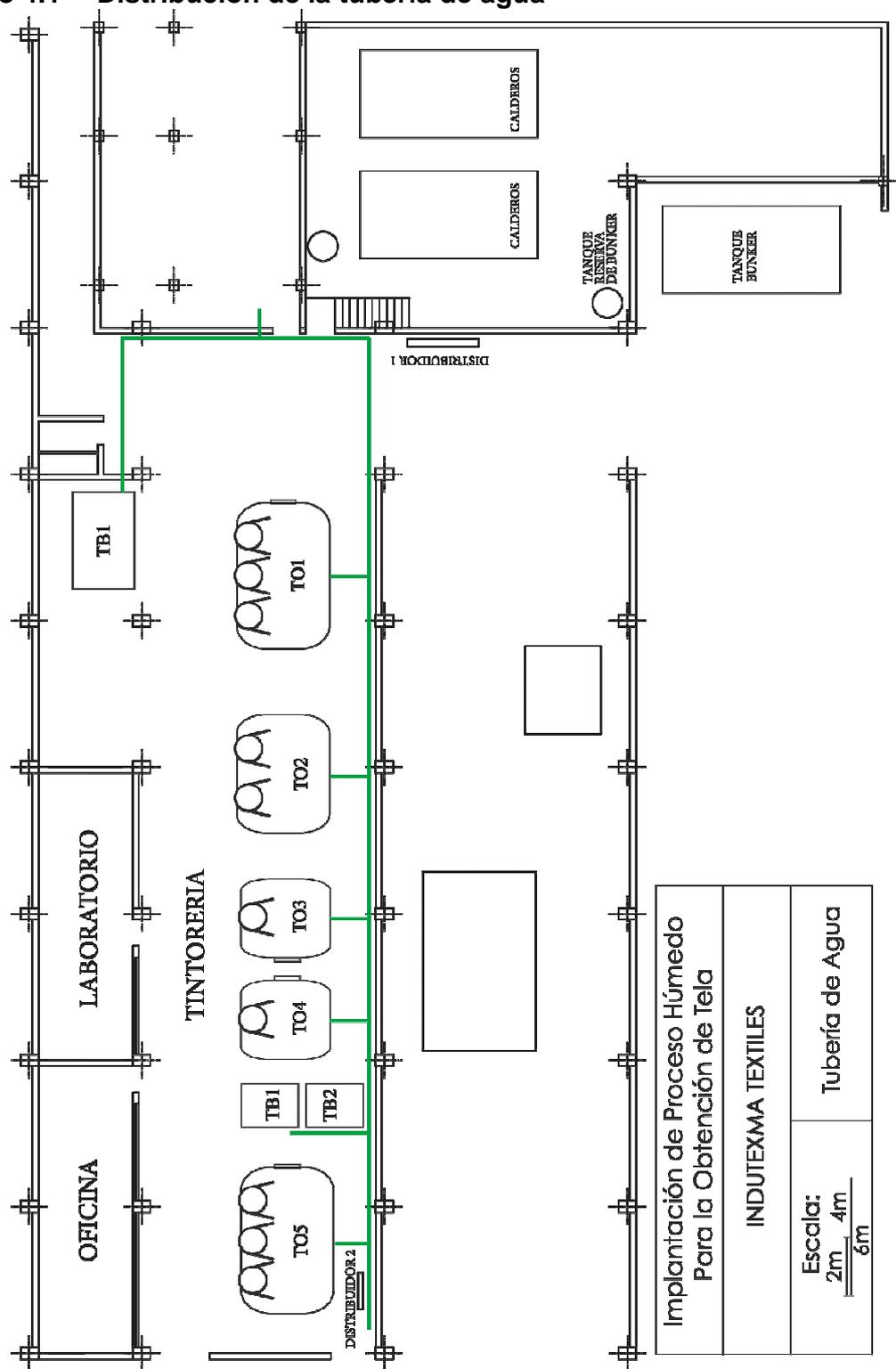
**Figura A- 4** Intercambiador de calor RCR-30**Figura A- 5** Eje de discos por donde circula el fluido frío



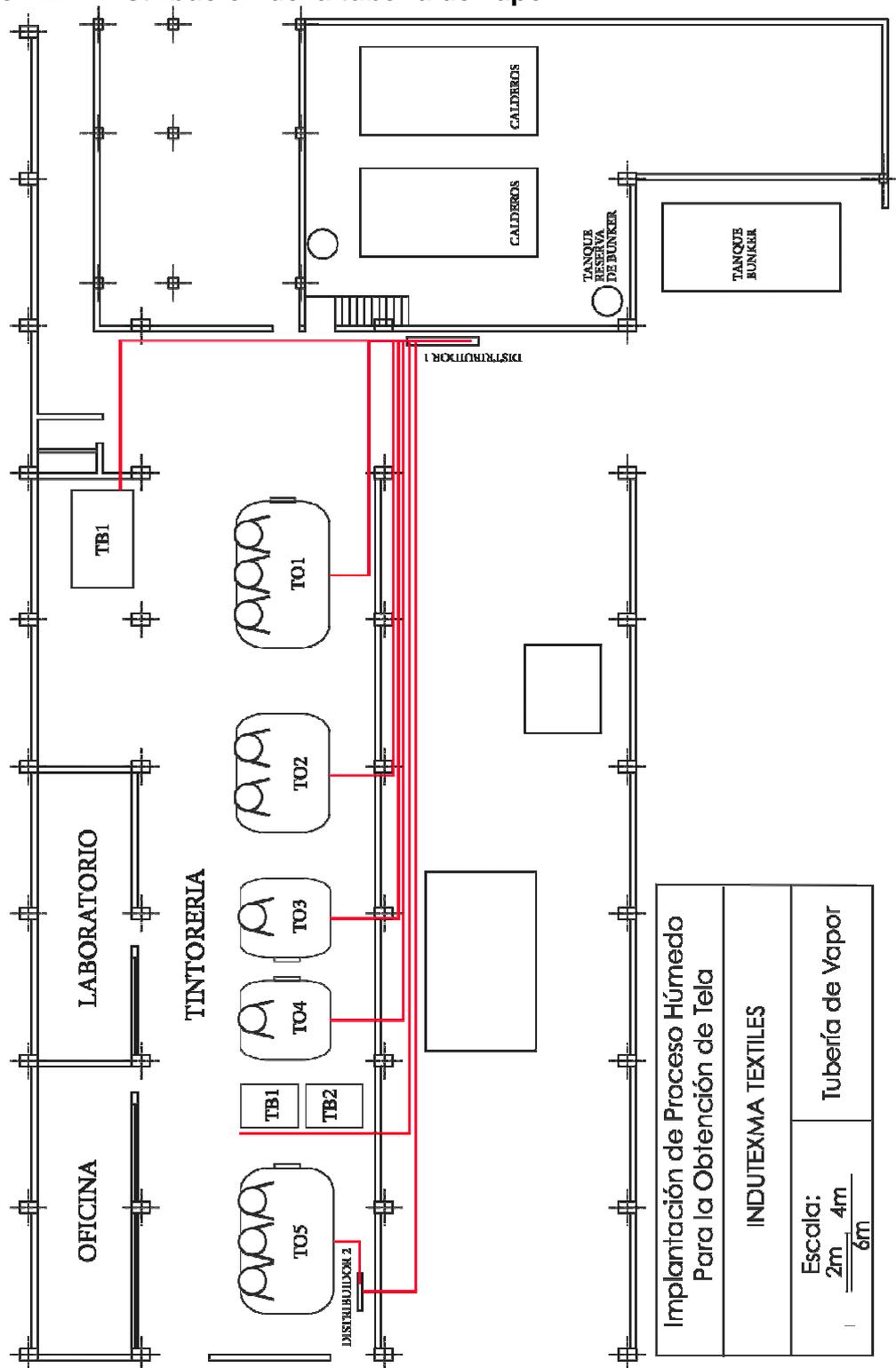
Figura A- 6 Intercambiador de calor de tubos y coraza

ANEXO 4 DIAGRAMAS TABLAS Y FIGURAS

Anexo 4.1 Distribución de la tubería de agua



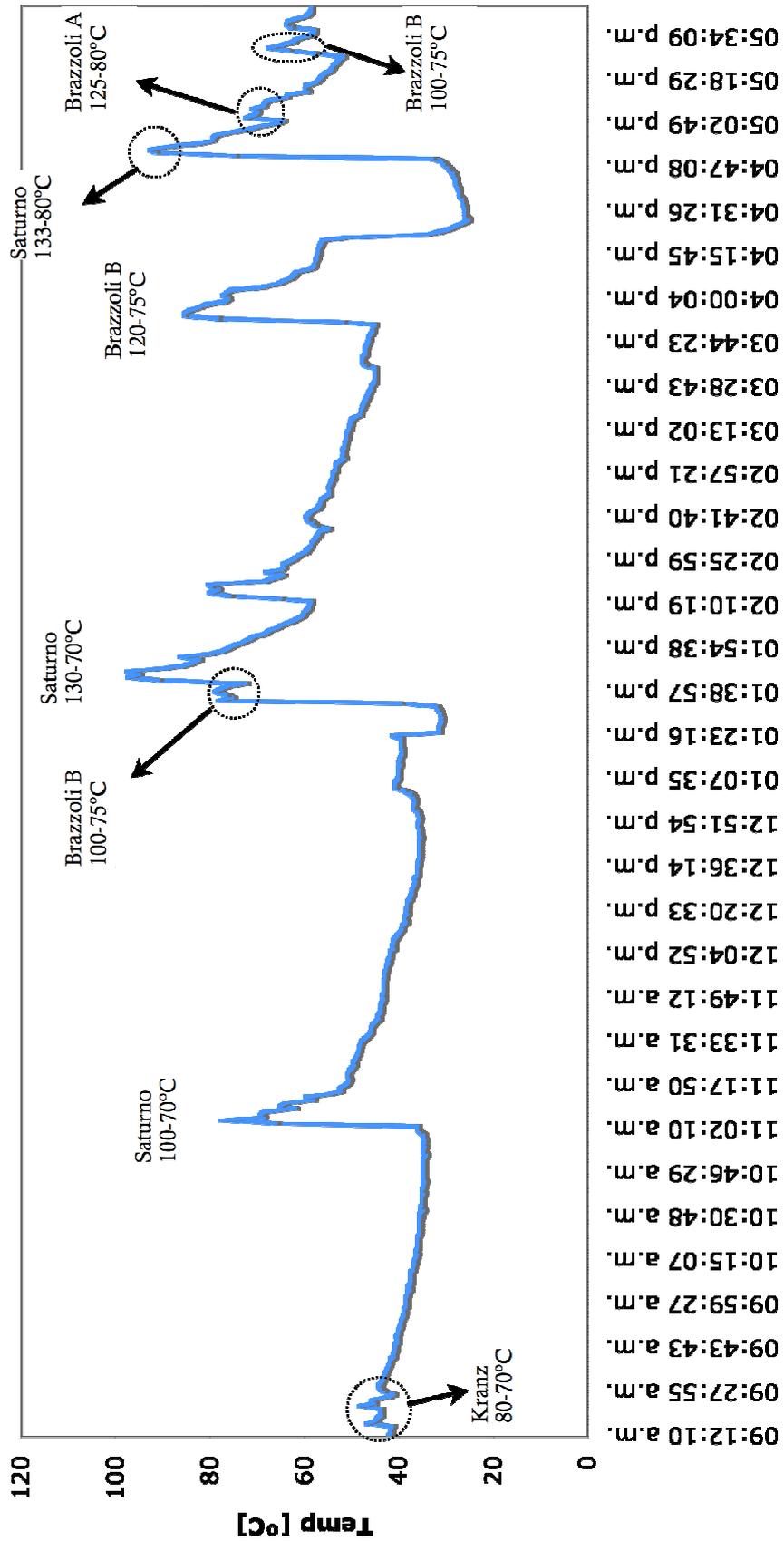
Anexo 4.2 Distribución de la tubería de vapor



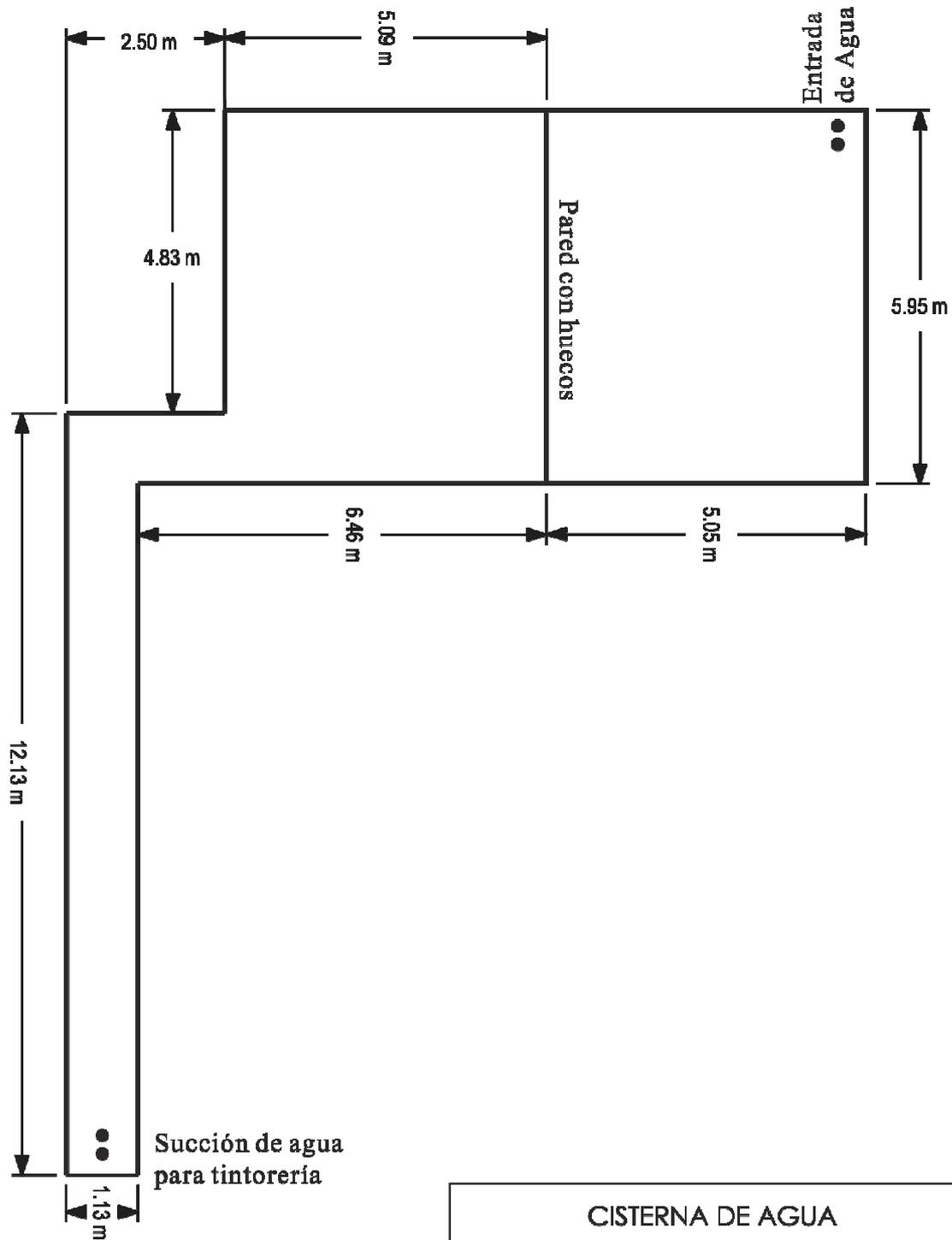
Anexo 4.3 Consumo de agua en litros después de la optimización de programas de tintura

Kranz		Saturno		Brazzoli "A"		Brazzoli "B"		Jumbo 666		Barca Grande		Barca "1" v "2"	
Programa	Consumo	Programa	Consumo	Programa	Consumo	Programa	Consumo	Programa	Consumo	Programa	Consumo	Programa	Consumo
1	7294.28	1	4869.0	9	3197.4	4	2073.6	4	12619.9	5	3619.0	5	1809.0
7	7294.28	4	5942.0	21	7286.6	5	5184.0	22	12144.2	12	600.0	12	300.0
9	7236.78	6	8192.5	22	7315.6	7	3197.4	7	10153.2	71	10095.0	71	5047.5
20	14139.78	7	8413.0	23	8572.0	9	3197.4	9	6808.7	72	18190.0	72	9095.0
21	7179.28	9	6867.4	24	9531.2	10	5184.0	20	12935.7	73	18190.0	73	9095.0
22	7236.78	20	11377.2	28	11376.0	11	4147.2	21	12775.0	74	23047.0	74	11523.5
25	16210.78	21	11968.5	11-36	10908.0	18	8513.0	23	20122.7	75	23047.0	75	11523.5
29	21100.28	22	13784.7	26-36	16870.8	19	8513.0	24	17356.0				
30	11723.78	24	13841.5	27-36	13782.6	20	7286.6	25	18075.0				
34	9480.28	25	20197.5	29-36	12810.6	21	7286.6	27	26854.2				
35	9422.78	27	20965.9	30-36	15863.0	22	7315.6	28	26854.2				
9	9365.28	28	19213.2	35-36	12781.6	24	9360.2	29	28172.0				
1-21	14473.56	36	28084.6	35-37	11462.8	25	9331.2	30	31551.5				
1-22	14531.06	39	6066.8	6-26	9262.0	29	6271.0	31	22317.0				
1-25	23505.06			6-36	11530.6	30	9466.0	35	10012.0				
1-29	28394.56					35-36	15417.0	36	22276.0				
						37	7421.0	39	10643.0				
						3331	9331.2						
						3332	11462.8						
						3333	14457.2						
						3335	12441.6						
						18-37	15934.0						
						35-37	24777.2						
						30-36	26792.8						

Anexo 4.4 Temperatura del agua de enfriamiento de diferentes máquinas



Anexo 4.5 Esquema de la cisterna de almacenamiento de agua



CISTERNA DE AGUA	
INDUTEXMA TEXTILES	
Escala: <u>1m</u> <u>2m</u> 3m	148.2 m ² de superficie 2 m de Profundidad

Anexo 4.6 Número de programas totales que se realizaron en el primer semestre del 2007 con sus respectivos consumos de agua

KRANZ (TO1)		PROG										TOTAL POR MES EN LITROS	
FECHA	KILOS	35	34	33	7	9	20	1,21	1,22	1,25	1,29	Consumo[lit]	Enfriamiento[lit]
Enero	16634.52	23		46								647526.82	710444.70
Febrero	12706.32	24		29								497739.84	545703.90
Marzo	22636.25	19		41		2	2	4	2			692718.78	764618.00
Abril	23008.18	13	2	42	10	8	2	6	2			854721.98	858247.02
Mayo	20845.39	18		38	7	3			1			612792.04	664717.00
Junio	27450.65	19		39	6	2	3	3		1	3	797046.74	843172.50

SATURNO (TO2)		PROG														TOTAL POR MES EN LITROS	
FECHA	KILOS	1	6	27	28	39	4	7	9	20	21	22	24	25	36	CONSUMO AGUA	ENFRIAMIENTO
Enero	28929.02	1	1	6	1	9		21	4	7	25	2			3	907490	336895
Febrero	25873.55		1	6		17	3	19	3	1	24				1	762104.5	289666
Marzo	35088.22	2	2	7	3		2	37	3	10	23	1		4		1057913.3	376319
Abril	46183.17	1	2	7			6	39	1	8	43	5		6	1	1362497.9	498834
Mayo	42653.02		1	6			9	31	3	14	39	4		2	2	1215255.6	443649.78
Junio	36503.87	3	3	7	1		12	10	1	11	37	3	1	5	2	1147796.4	400260

JUMBO (TO5)		PROG																		TOTAL POR MES EN LITROS	
FECHA	KILOS	35	39	27	28	5	7	9	20	21	22	23	24	25	29	30	31	35	36	Consumo	Enfriamiento
Enero	13826.74	3	1	1	1					2		3			12	8			6	904437.72	288415
Febrero	14414.68		6							2		1	2		12	7	1		8	903692.32	320633
Marzo	13864.33			1	1					1	2				13	5			13	904353.39	303316
Abril	23664.97				2			2	2	11	1			4	16	8		2	12	1308666.61	485651.34
Mayo	21030.13		1	2	1	3	3		3	18	2	2	1	2	8	4			6	996252.45	435641.7
Junio	16949.92			1	1					2		4			14	2	1		18	1040545.3	370769

BRAZZOLI "A" (TO3)

		PROG																							TOTAL POR MES EN LITROS	
FECHA	KILOS	11,36	9	21	22	24	28	6,26	6,36	26,36	27,36	29,36	30,36	35,36	35,37	23	Consumo	Enfriamiento								
Enero	9075.33	3			7	2	2			11	1	10	1	10			605724.4	164053.2								
Febrero	8411.7	1			5	2	3			9	1	14		7	2		565042.8	158830.4								
Marzo	10829.66	7	1		2	3	4	1	1	5	2	15	1	9	2	3	676091.6	179997.8								
Abril	13445.25	3	1	2	5	3	4			7	1	9	7	22	4		856832.8	245800.2								
Mayo	11221.64	8			5		2		4	8	2	11	6	14			777286.6	191594.2								
Junio	10781.45	4	1	1	2	2	2		1	13	1	9	3	15	1		726066.8	186462.6								

BRAZZOLI "B" (TO4)

		PROG																							TOTAL POR MES EN LITROS			
FECHA	KILOS	5	10	11	30	3331	3332	3333	3334	3335	4	7	9	18	19	20	21	22	25	18,37	29	30,36	35,36	35,37	6,36	Consumo	Enfriamiento	
Enero	17127.93	3										15	1	6	3	9	32	13	3	1				3	1		652136.6	269112.6
Febrero	18515.71	6						1			8	18	11	1	6	30	10	2					4			579191.6	214351	
Marzo	20924.19	3					2		1			10	8	2	4	15	40	15	3					5	1	784687.8	348111.6	
Abril	24211.34	1	6	1								18	10	4	1	24	45	15	3			1		1		853380.8	371845.2	
Mayo	23079.41	2	5	2	2	1					2	11	8	7	6	17	38	10	6			1	3	1		876140.6	359622.6	
Junio	21816.97	1	2		5				2	2	2	22	8	5	2	9	27	20	5					1		734832.8	285360.4	

BARCA GRANDE (TB1)		PROG							Total por mes
FECHA	KILOS	5	12	71	72	73	74	75	Consumo [t]
Jan-07	3024.39	2		13			14	1	484178.00
Feb-07	2695.5	1		15			13		454655.00
Mar-07	3273.89			25			2	1	321516.00
Apr-07	3337.06			9	4	8	16		163615.00
May-07	1580.1	3	2	4	3		6		245289.00
Jun-07	1713.3			7		5	4		253803.00

BARCA 2-3 (TB2-3)		PROG							TOTAL POR MES
FECHA	KILOS	5	12	71	72	73	74	75	Consumo [t]
Enero	5277.74	11		10	6	14	14		413608.50
Febrero	1769.29				9	4	12	4	308639.50
Marzo	1465.05	8	1				17		210975.50
Abril	2227.89	1	4		6	7	26	4	468149.50
Mayo	1507	6	2	3	2		11	2	195195.00
Junio	577.14		4	5				1	39161.00

Nota: Los números separados por una coma representa la utilización de dos programas para realizar la tintura

ANEXO 5 HOJAS DE CONTROL Y FORMULARIOS

GLOSARIO

Baño.- Normalmente se refiere al procedimiento de tintura completo desde que la tela entra a la máquina hasta que ésta sale tinturada, pero también se refiere a un paso intermedio del proceso de tintura, que comprende el uso de una misma agua en la cual se utiliza auxiliares y/o colorantes.

Colorantes Directos.- Son colorantes que tienen afinidad directa con las fibras celulósicas; también se llaman sustantivos porque poseen la propiedad de teñir la fibra y no ser eliminados en un lavado posterior.

Colorantes Dispersos.-Estos colorantes se usan generalmente para teñir fibras sintéticas. Son compuestos orgánicos no iónicos, casi insolubles en agua que se aplican en dispersión acuosa. (Cegarra J, 1980)

Colorantes Reactivos.-Son colorantes que se distinguen por su alto grado de brillantez y su excelente característica de solidez a la luz, al frote, al agua etc. Su reacción en el algodón y rayón en medio alcalino es el factor más importante para la fijación del colorante sobre la fibra y se puede teñir en todos los procesos de tintura. (Cegarra J, 1980)

Desarrollo Sustentable.- Es el proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección del medio ambiente, de manera de no comprometer las expectativas de las generaciones futuras. (Zaror C, 2000)

Dureza del Agua.-Está definida por la presencia de cationes metálicos como hierro, calcio, magnesio, etc. Normalmente la dureza del agua se define como la cantidad de carbonato de calcio existente en ésta.

Electrolito.-Son sustancias que al mezclarse con un líquido forman soluciones conductoras de la electricidad.

Flujo Artesiano.-Flujo de agua proveniente de un pozo artesiano de gran profundidad en el cual el agua contenida entre dos capas subterráneas encuentran salida y sube naturalmente hacia la superficie

Horómetro.- Dispositivo con el cual se contabiliza el número de horas que un aparato eléctrico se encuentra encendido.

Limpieza por Reducción.- Son lavados que se realizan después de la tintura con colorantes reactivos en colores fuertes para mejorar la solidez, se los realiza con hidrosulfito de sodio y sosa.

Línea Base.- Establecimiento de la situación en la cual se encontraba la empresa antes de aplicar el proyecto de producción más limpia.

Tela Cruda.- es aquella a la que no se le han aplicado aún un gran número de tratamientos químicos que amplían su función de un tejido al dotarlo de determinadas propiedades. (Tobón O, 2004)

Termofijado.- Tratamiento a altas temperaturas que se le da al tejido para definir propiedades del mismo, como encogimiento, ancho, etc.