

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

# **COGENERACIÓN DE ENERGÍA ELECTRICA POR PLANTA ORC**

**ANDRES FELIPE RIVERA ARREDONDO  
DANIEL GUTIERREZ ZAPATA**

**INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO  
2016**

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## RESUMEN

Estudiando las plantas ORC (Organic Rankine Cycle), se pretende estudiar la viabilidad de un sistema de estos en la salida de la chimenea de la caldera EPCB de la empresa TINTURAS Y TELAS S.A, estos gases pueden ser aprovechados, reduciendo su temperatura antes de ser expulsados a la atmósfera. Este estudio de viabilidad se realiza en esta caldera ya que es la de más flujo en la empresa y esto con lleva a que la temperatura sea mayor en este punto, la cual puede ser aprovechada de la mejor manera para la instalación de la planta ORC, este gas con una temperatura calentara la tubería con refrigerante la cual llega a un tornillo haciéndolo rotar para generar energía. La ORC no influye en lo absoluto en la contaminación ya que lo único que se utiliza es la temperatura para la función del equipo.

La caldera cuenta con un ciclón para la precipitación de las partículas generadas, tomando en cuenta el beneficio que trae desde la parte ambiental al disminuir la temperatura de los gases y su nivel de elementos contaminantes, se pretende tratar también con un filtro de aire llamado (Venturi) para eliminar más gases y partículas que de otra forma serían emitidas al ambiente, el cual se instalaría al final de la planta ORC.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## **RECONOCIMIENTOS**

Debo agradecer de manera especial y sincera a la profesora Miryam Guerra, quien nos brindó su guía y apoyo en la elaboración de este trabajo de grado, solucionando nuestras dudas y colaborando con la constante revisión durante el desarrollo de la tesis.

Quiero expresar también mi más sincero agradecimiento al ingeniero Jorge de la empresa GEMA CONSULTORES, quien nos colaboró con la información requerida para llevar a cabo la investigación de viabilidad del proyecto incluyendo los datos en el muestreo que se realizó en la caldera EPCB de la empresa TINTURAS Y TELAS S.A.

De igual manera agradecer a los hermanos Alejandro Aristizábal y Parménides Aristizábal, dueños de la empresa KAITEC quienes nos proporcionaron el estudio y su respectiva cotización, con cálculos reales basados 100% en los datos suministrados por la empresa GEMA CONSULTORES.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## ACRÓNIMOS

**Organic Cycle Rankine (ORC):** El Ciclo Orgánico de Rankine, es un ciclo continuo en un sistema cerrado, que no produce ningún tipo de emisión por su funcionamiento. El sistema utiliza un sistema orgánico (Calor residual) para expandir un refrigerante de un estado líquido a una fase gaseosa, este vapor a su vez transfiere la energía haciendo girar los rotores en el expansor para generar electricidad. El vapor refrigerante que sale del expansor se condensa en un estado líquido y es enviado de nuevo al evaporador para el proceso de expansión.

**CORANTIOQUIA Corporación Autónoma Regional del centro de Antioquia:** Corporación encargada de regular y controlar la contaminación generada por las empresas del medio urbano y rural, dentro de su jurisdicción, ayudándolas a implementar nuevas tecnologías y formas de mitigar el impacto ambiental negativo generado, cumpliendo así con la norma.

**Tasa Interna de Rentabilidad (TIR):** Es un método de valoración de inversiones que mide la rentabilidad de los cobros y los pagos actualizados, generados por una inversión, en términos relativos, es decir en porcentaje.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

<b>TABLA DE CONTENIDO</b>	<b>PÁG</b>
1. INTRODUCCIÓN	7
2. OBJETIVOS	8
3. IMPORTANCIA DE LA RECUPERACIÓN DE CALOR EN EL SECTOR TEXTIL	9
4. MARCO TEÓRICO	10
5. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	11
6. DESCRIPCIÓN DE LA CALDERA	13
6.1. CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA CALDERA	13
6.2. CONSUMO DE COMBUSTIBLE	16
7. METODOLOGÍA	17
8. ESQUEMA DEL SISTEMA DE CALDERAS (CALDERA CHINA EPCB, CALDERA KEWANEE, MULTICICLÓN Y LAVADOR DE GASES Y CHIMENEA DE LA EMPRESA TINTURAS Y TELAS S.A).	20
9. ANÁLISIS DE LOS GASES QUE SALEN DE LA CHIMENEA DE LA CALDERA EPCB	22
10. MÉTODO PARA HALLAR LA DENSIDAD DE LOS GASES EMITIDOS POR LA CALDERA EPCB	23
11. LAVADOR DE GASES	25
12. INFORMACIÓN SOLICITADA POR LA EMPRESA KAITEC A LA EMPRESA TINTURAS Y TELAS S.A.	27
13. PROPUESTA COMERCIAL	28
13.1. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA ORC	36
13.2. REQUERIMIENTOS DE LA FUENTE DE CALOR	37
13.3. FLUÍDO DE TRABAJO	37
13.4. CAPACIDAD DE LA ENERGÍA GENERADA	37
13.5. ANÁLISIS DE ENERGÍA	37
13.6. PROPIEDADES DEL REFRIGERANTE R245FA	38
14. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
15. CÁLCULO DE LA TIR	41
16. CONCLUSIONES, RECONOCIMIENTO Y TRABAJO FUTURO	42
17. REFERENCIAS	43
18. APÉNDICE	44

<b>LISTA DE IMÁGENES</b>	<b>PÁG</b>
1. Imagen 1, Mapa ubicación empresa	10
2. Imagen 2, Vista satelital de la empresa	10
3. Imagen 3, informe de resultados laboratorio de carbones	14

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

4.	Imagen 4, Muestreador de chimeneas, marca ENVIROMENTAL SUPPLY COMPANY con sonda inoxidable y boquillas, termocuplas y tubo pitot.	18
5.	Imagen 5, equipo digital analizador de gases, marca TESTO, Modelo 330 (principio de análisis electroquímico).	18
6.	Imagen 6, Equipo TESTO 350 propiedad de CCA COMPAÑÍA DE CONSULTORÍA AMBIENTAL LTDA.	18
7.	Imagen 7, Esquema de ubicación de la caldera China EPCB y su chimenea en la empresa TINTURAS Y TELAS S.A.	20
8.	Imagen 8, Esquema de ubicación de la planta ORC en la empresa TINTURAS Y TELAS S.A	21
9.	Imagen 9, Lavador de gases con el que cuenta la empresa TINTURAS Y TELAS S.A., el cual está en uso para la caldera china EPCB.	26
10.	Imagen 10,Tabla de datos donde se indica la temperatura de la chimenea después del lavador de gases por GEMMA CONSULTORES.	26
11.	Imagen 11,Tabla de Costo del mantenimiento a realizar en los equipos.	40
12.	Imagen 12, Tabla de cálculo de la TIR.	41

### LISTA DE TABLAS

**PÁG**

1.	Tabla 1: Características de la CALDERA CHINA evaluada en TINTURAS Y TELAS S.A.	15
2.	Tabla 2: consumo de carbón anual, mensual, diario y por hora del año 2015.	16
3.	Tabla 3: Formato de datos generales para el cliente (proporcionado por KAITEC)	27

### LISTA DE GRAFICOS

1.	Grafico1: Diagrama de flujo del proceso de teñido	12
----	---	----

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## 1. INTRODUCCIÓN

La propuesta del trabajo de grado es la evaluación de viabilidad de implementación de un sistema de recuperación de calor por medio de una planta ORC (Organic Cycle Rankine) en la chimenea de una caldera de la Empresa Tinturas y Telas S.A, dándole un segundo uso a un residuo gaseoso que después de eso será tratado para ser menos contaminante y lograr minimizar el consumo de energía y por ende el costo que este genera en la empresa.

La recuperación de calor es una propuesta tanto para el ahorro de costos en la empresa, como en el programa de producción más limpia, pues lo que hace es generar energía eléctrica de forma más amigable con el ambiente, que a diferencia de otros métodos como lo son las plantas hidroeléctricas las cuales generan diversidad de impactos negativos al ambiente y el equilibrio de los ecosistemas devastando grandes hectáreas de vegetación para la construcción de represas. Así mismo se reutiliza una vez más un residuo antes de ser emitido.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## 2. OBJETIVOS:

### OBJETIVO GENERAL:

- Estudiar la viabilidad de implementación de un sistema ORC en la Empresa TINTURAS Y TELAS S.A. para ahorro de costos en energía eléctrica, aprovechamiento de un residuo y menos emisión de contaminantes al aire.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Reducir costos en este caso para el ahorro de energía que se puede generar por medio de este sistema.
- Recopilar información de los parámetros (temperatura, presión, flujo, área, volumen y densidad) para calcular la energía producida por la planta ORC en la empresa Tinturas Y Telas S.A.
- Conocer la viabilidad de la planta ORC por medio de un análisis TIR (Tasa Interna de Rentabilidad).
- Conocer el análisis del valor de la energía ahorrada contra la energía consumida actualmente.
- Generar un ahorro significativo a la empresa, tanto en tratamiento de gases como en gasto de energía eléctrica de empresas prestadoras del servicio.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

### **3. IMPORTANCIA DE LA RECUPERACIÓN DE CALOR EN EL SECTOR TEXTIL**

Por calor residual se entiende como toda pérdida de energía que es liberada como desecho al medio ambiente desde equipos industriales como también intercambiadores de calor y sistema de distribución del mismo.

Los elevados costos y la inquietud de que los combustibles fósiles se están agotando, y la alta contaminación que estos generan son un problema para los demás, la importancia que están adquiriendo los recuperadores de energía se hace cada vez más extensa, el generador de energía absorbe energía calorífica de los gases generados por la combustión, de los tipos de combustibles, sólido, líquido y gaseoso, ya que este es absorbido la gran mayoría de veces por el aire para su propio proceso, el ahorro de combustible es tan evidente que la inversión retorna en pocos meses, esto conlleva a reducciones en emisiones de gas invernadero.

En PULAT ET aprovecharon el calor desechado en una industria textil en el proceso de teñido con intercambiador de tubos de coraza, el calor que se recupera es para el calentamiento de agua y este ahorro se ve manifestado en el combustible utilizado, también han implementado intercambiadores que recuperan los calores residuales provenientes del agua de los desechos originados por el tratamiento del algodón, telas y el poliéster. La energía recuperada es utilizada para calentar agua y esta es usada en la caldera.

La importancia de la recuperación de la energía en el sector textil no solo se evidencia en la reducción de costos también lo hace en la parte ambiental, mucha de esta contaminación se vertía en ríos y al aire ahora con las nuevas tecnologías implementadas estos residuos pueden ser utilizados como generadores de energía, como lo ha hecho la empresa Fabricato, ésta entre los años 1947 y 1951 construyó su propia hidroeléctrica la cual cuenta con dos generadores que producen 6.000 KW/h y en 2015 junto con la planta termoeléctrica contribuyó a suplir en promedio 83% de las necesidades de energía, este abastecimiento depende del nivel propio de agua de la empresa y cuando no es suficiente para autogenerar la empresa hace su conexión eléctrica al sistema de EPM. La termoeléctrica fue inaugurada en 1979, esta generación de energía, produce a Fabricato un ahorro de él 45% en el valor de su factura mensual. De Jesús. C (20015) informe del presidente, pág. 47.

La empresa tinturas y telas estudia la viabilidad para implementar una ORC esta planta realizara la recuperación de por medio de los gases expulsados por la caldera, volviéndose auto sostenible y no depender tanto de la conexión a EPM, las tomas de muestra realizadas en la caldera de esta empresa arrojaron datos los cuales fueron presentados a una empresa externa, esta determino que planta es la más adecuada para la recuperación de calor en la empresa tinturas y telas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

#### 4. MARCO TEÓRICO

TINTURAS Y TELAS S.A., es una empresa que presta servicio de tintorería y acabados textiles de excelente calidad. La empresa se encuentra ubicada en el Km 27 Autopista Norte vía Hatillo, en el municipio de Barbosa, Antioquia.

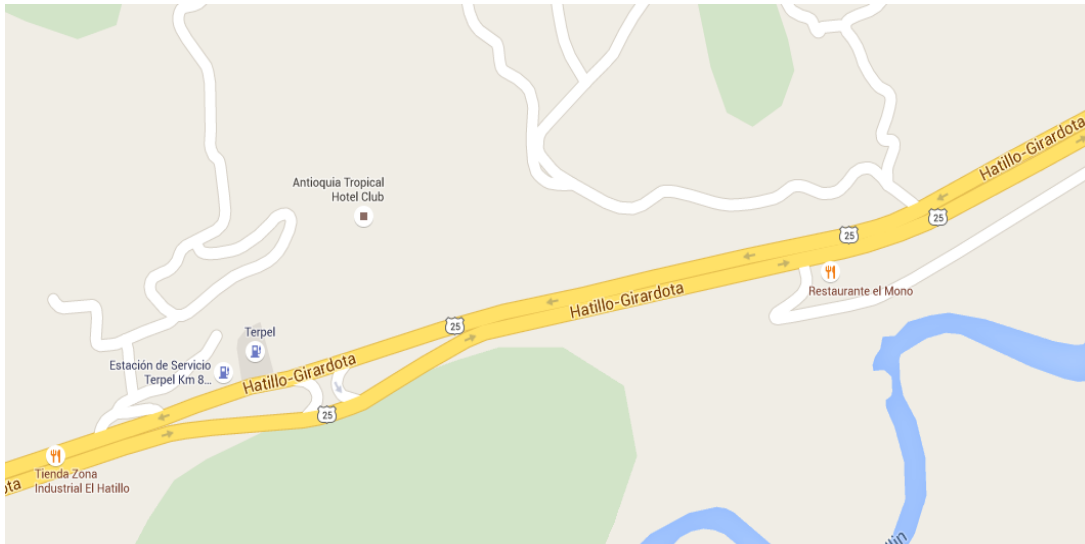


Imagen 1 “Mapa ubicación empresa”



Imagen 2 “Vista satelital de la empresa”

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## 5. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

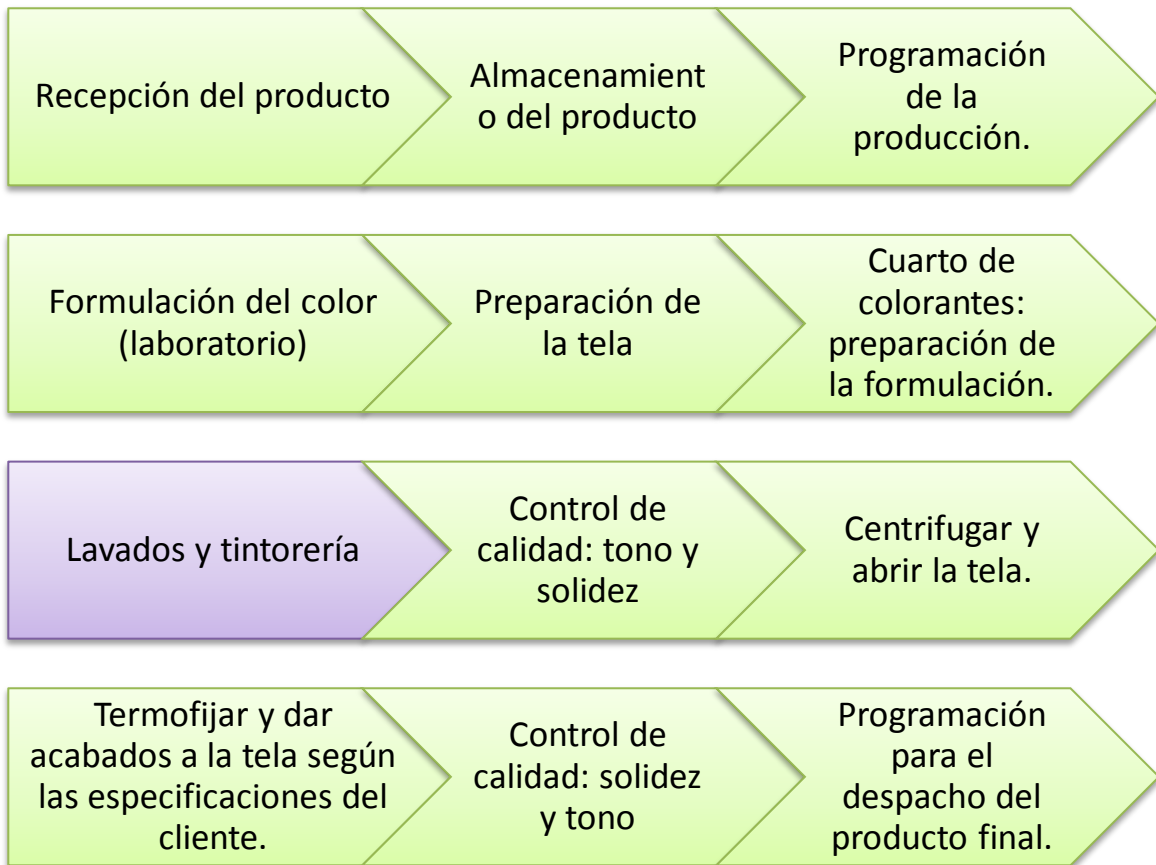
A continuación se presenta el diagrama de flujo del proceso de teñido de tela, donde se encuentra involucrada la caldera China EPCB en la empresa TINTURAS Y TELAS S.A.

La empresa TINTURAS Y TELAS S.A. dentro de su proceso productivo tiene:

1. La recepción del producto que es desde que el cliente lo envía o se recoge en el lugar indicado por él, hasta que llega a la empresa y se le asigna un lugar.
2. El almacenamiento del producto consta de lotes, que se denominan por clientes, tonos, cantidad de rollos y tipo de tela.
3. La programación se hace según la necesidad del cliente y la capacidad de producción de la empresa, programación de color y tipo de proceso requerido.
4. Formulación del color: Con muestras de la tela enviada por el cliente, se hacen en el laboratorio las diferentes formulaciones para ver con cual fórmula se llega al tono requerido.
5. Preparación de la tela: Se hace la preparación al desenrollar los rollos de tela, y unir las puntas de varios rollos por lote, como se explica anteriormente (por tono, tipo de tela, necesidad del cliente y capacidad de producción de la empresa)
6. Cuarto de colorantes: Aquí se pesan y distribuyen por cada teñido la fórmula enviada por el laboratorio, tanto de colorantes como de productos auxiliares utilizados para el teñido (tales como el ácido acético o la soda cáustica según sea necesario, los secuestrantes, los jabones, la sal, etc.)
7. Lavados y tintorería: Se pasan los lotes de tela por las máquinas de teñido (JETS) allí van recibiendo cada producto químico según sea el proceso para su respectivo teñido.
8. Control de Calidad: Se busca que la tela tenga tanto el tono correcto como la solidez para poder continuar el proceso de la tela en el centrifugado y termofijado.
9. Centrifugar y Abrir la tela: Después del teñido de la tela se envía el lote a la centrifuga para quitar el exceso de agua, y poderse pasar a la abridora de tela, para cambiar de tela tipo tubular a tipo plano y poderse pasar por la termofijadora.
10. Termofijar: Se pasa la tela por la rama termofijadora para ayudar a fijar el color y terminar la tela según especificaciones del cliente (Bordes engomados, esmerilado, rendimiento, peso, ancho, etc.)
11. Control de calidad: Se toma nuevamente una muestra de la tela para verificar por segunda vez si mejoró su solidez y si el tono sigue siendo el correcto.
12. Programación para despacho del producto final: El departamento de logística se encarga de ver las rutas más convenientes para llevar el producto a los clientes.

“Diagrama n°1: Proceso de la tela en la empresa, desde que ingresa a la empresa, hasta la entrega al cliente.”

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



**Grafico 1 “Diagrama de flujo del proceso de teñido”**

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## 6. DESCRIPCIÓN DE LA CALDERA

La CALDERA CHINA instalada en la empresa TINTURAS Y TELAS S.A., posee una capacidad de 250 BHP y una temperatura de gases de combustión de 245 °C, utiliza como combustible carbón mineral en promedio de 400 kg por hora, con un sistema de alimentación por medio de una tolva, esta caldera permite genera el vapor que se utiliza para la maquinaria que conforma la planta de teñido, cuenta con dos sistema de control de emisiones, el cual consta de un MULTICICLÓN y un LAVADOR DE GASES utilizados para la captación y depuración de partículas. (Lavador de Gases y Multiciclón: ver imagen 4, pág. 16)

Las cenizas o escorias resultantes de los equipos de control son retirados cada 15 días, periodo donde se realiza el mantenimiento, los cuales son almacenados para ser dispuestos en una escombrera ubicada en el municipio de Bello.

### 6.1. CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA CALDERA

Para la caldera EPCB, utiliza como fuente de trabajo (combustible) es el carbón almendra, este carbón tiene un poder calorífico de 5865 cal/g. (Ver imagen 3, pag 13)

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



**INFORME DE RESULTADOS  
LABORATORIO DE CARBONES**

  
**Industria y Comercio**  
SUPERINTENDENCIA  
 Resolución 25774 de mayo de 2009

Ciudad	Medellin	Fecha	2014	01	16	Informe No.	003
<b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b>							
Ciudad	Mina Lina Carbones Sg-Primavera				Solicitud No.	003	
Interesado	Lina Maria Sanchez Garzón				Teléfono	2780519	
Dirección	Calle 135 a Sur # 50-17				Ciudad	Caldas	
<b>INFORMACIÓN DE LA MUESTRA</b>							
Fecha de recepción de la muestra			Descripción de la muestra			Código asignado en el laboratorio	
2014	01	08	Carbón			140006	
Identificación de la muestra por el cliente							
Mina Lina Carbones Sg-Primavera							
Procedimiento de Muestreo utilizado <sup>3</sup>				No Suministrado			
<b>RESULTADOS</b>							
Nombre del ensayo		Análisis Próximo Completo					
FECHA DE ENSAYO			ENSAYO	METODO	RESULTADO	UNIDADES	
año	mes	día					
2014	01	14	Humedad Residual*	ASTM D 3173	9,23	%	
2014	01	14	Cenizas*	ASTM D 3174	3,35	%	
2014	01	15	Materia Volátil*	ASTM D 3175	42,90	%	
2014	01	15	Carbono Fijo	ASTM D 3172	44,52	%	
2014	01	14	Azufre Total*	ASTM D 4239	0,59	%	
2014	01	15	Poder Calorífico Superior*	ASTM D 5865	6 465	cal/g	

NOTAS: : 1. Ensayo realizado después de que la muestra se encuentra en equilibrio con el ambiente 2. Los resultados corresponden única y exclusivamente al material recibido como muestra. 3. Información suministrada por el cliente. 4. El informe no puede reproducirse en forma parcial, solo en forma total previa autorización por escrito del Coordinador del Laboratorio de Carbones.

\* Prueba acreditada por la Superintendencia de Industria y Comercio

  
**EDER EMERY GENES**  
 Técnico Operativo

Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín – Facultad de Minas – Laboratorio de Carbones  
 Calle 65 #78-26 Bloque M1-204 Teléfono 4255238 Correo Electrónico: labcarbon\_med@unal.edu.co

FAR 003 / Version 00 / Solicitud 128
Página 1 de 1

**Imagen 3, informe de resultados laboratorio de carbones**

Para la selección de la planta ORC, tomaron en cuenta las siguientes propiedades:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

- La planta ORC aprovecha el calor de los gases que son expulsados por la chimenea de la caldera EPCB.
- La temperatura de los gases que se expulsarían por las chimeneas es de 234°C aproximadamente antes del lavador de gases. (Ver tabla 3: formato de datos generales para el cliente, pág. 21)
- La densidad de estos gases es de 1.021 kg/m<sup>3</sup> (Ver páginas 15 y 16 del presente documento)
- Para seleccionar la planta ORC, la empresa KAITEC tomo estos datos y así se seleccionó. (Ver imagen).

En la siguiente tabla se indican las características generales de la CALDERA CHINA, al igual que el combustible utilizado y el consumo del mismo (información suministrada por TINTURAS Y TELAS S.A.)

**Tabla 1: Características de la CALDERA CHINA evaluada en TINTURAS Y TELAS S.A.**

TINTURAS Y TELAS S.A		
FUENTE FIJA (NOMBRE SEGÚN LA EMPRESA)	CALDERA CHINA	
TIPO DE CALDERA	ACUOPIROTUBULAR	
MARCA	EPCB	
MODELO	ZDL 113,6	
AÑO DE FABRICACIÓN	2002	
AÑO DE LA INSTALACIÓN DE LA FUENTE	2003	
USO (PARA QUE SE UTILIZA LA FUENTE DENTRO DE LA EMPRESA)	GENERACIÓN DE VAPOR TINTORERÍA	
CAPACIDAD EN VAPOR	200 TON/DIA	
POTENCIA	250 BHP	
FRECUENCIA DE OPERACIÓN DE LA FUENTE	PERMANENTE	
PRESION DE VAPOR DE DISEÑO	180 PSI	
PRESIÓN DE VAPOR DE TRABAJO MÁXIMA	100 PSI	
PRODUCCIÓN DE VAPOR	3600 LIBRAS/HORA	
USO DEL VAPOR GENERADO	CALENTAMIENTO DE AGUA	
TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO	24 HORAS/DIA, 6 DIAS/SEMANA	
DATOS DEL COMBUSTIBLE	TIPO	CARBÓN
	PROCEDENCIA	AMAGA
	CONSUMO REAL (KG/H)	217
	% DE AZUFRE	0,45
	PODER CALORÍFICO	6093 KCAL/KG
	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	TOLVA
	TIPO DE ALMACENAMIENTO	MANUAL
SISTEMA DE CONTROL	CONTROL DE MATERIAL PARTICULADO	MULTICICLÓN

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

	CONTROL DE GASES	LAVADOR DE GASES
FRECUENCIA DE PURGA Y DESHOLLINADO		15 DÍAS
DIÁMETRO DUCTO (m)		0,45
ALTURA DEL DUCTO (DESDE EL NIVEL DEL PISO) (m)		20,02
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA FUENTE	OESTE	075°24'38.8"
	NORTE	06°24'47.5"

## 6.2. CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Tabla 2: consumo de carbón anual, mensual, diario y por hora del año 2015.

TINTURAS Y TELAS S.A.		
CONSUMO COMBUSTIBLE		
MES	AÑO	TON CARBÓN
ENERO	2015	196,90
FEBRERO	2015	127,45
MARZO	2015	111,96
ABRIL	2015	156,12
MAYO	2015	150,00
JUNIO	2015	162,30
JULIO	2015	173,50
AGOSTO	2015	176,80
SEPTIEMBRE	2015	179,10
OCTUBRE	2015	180,20
NOVIEMBRE	2015	150,00
DICIEMBRE	2015	120,12
CONSUMO ANUAL		1.884,5
CONSUMO MENSUAL		157,037
CONSUMO DIARIO		5,2546
CONSUMO HORA		0,218934

En la tabla suministrada anteriormente se registra el consumo de carbón en doce (12) meses, con el cual se establece la condición normal de proceso y con ella se determina la condición mínima (90%) del promedio de operación, en la cual debe permanecer preferiblemente durante el proceso productivo de la empresa para utilizar los gases emitidos de la caldera CHINA EPCB generando la materia prima de la planta ORC.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## 7. METODOLOGÍA

### PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

#### MUESTREO ISOCINÉTICO EN CHIMENEA (MATERIAL PARTICULADO)

#### OBJETIVO DEL MUESTREO ISOCINÉTICO

Evaluar cuantitativamente las emisiones de contaminantes al aire (Partículas), generadas por el proceso de combustión de la CALDERA CHINA, para verificar y comparar el cumplimiento con la normatividad ambiental vigente.

#### ALCANCE DEL ESTUDIO

Establecer las emisiones reales actuales en el punto de descarga (CHIMENEA) de la CALDERA CHINA evaluada en las instalaciones de TINTURAS Y TELAS S.A. Esta evaluación incluye la determinación, entre otros, de los siguientes parámetros:

Gasto en m<sup>3</sup>/min.

- ✓ Temperatura de los gases en °C.
- ✓ Isocinetismo puntual y global.
- ✓ Contenido de humedad de los gases.
- ✓ Velocidad de gases m/s.
- ✓ Análisis de composición de los gases (CO, CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> ), medidos en los Niples de muestreo.
- ✓ Emisión de partículas (MP).

#### EQUIPOS UTILIZADOS

Los equipos que se mencionan a continuación se encuentran inscritos bajo inventario en el IDEAM dentro del proceso de acreditación ISO 17025:2005.

En las mediciones de los gases de Combustión, se utilizó un equipo digital analizador de gases, marca Testo Modelo 330 (Principio de análisis, electroquímico). Su calibración se realizó mediante el uso de un Kit y cilindros patrón de gases certificados.

Aspecto general de los equipos utilizados para los muestreos realizados en TINTURAS Y TELAS S.A.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



Imagen 4, Muestreador de chimeneas, marca ENVIRONMENTAL SUPPLY COMPANY con sonda inoxidable y boquillas, termocuplas y tubo pitot.



Imagen 5, equipo digital analizador de gases, marca TESTO, Modelo 330 (principio de análisis electroquímico).



Imagen 6, Equipo TESTO 350 propiedad de CCA COMPANÍA DE CONSULTORÍA AMBIENTAL LTDA.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Para la ejecución de las pruebas o muestreos isocinéticos en la CALDERA CHINA, se empleó un equipo Muestreador de Chimeneas, marca ENVIRONMENTAL SUPPLY COMPANY que consta de:

Sonda inoxidable con sus respectivas boquillas, termocuplas y tubo pitot. La sonda es el elemento mediante el cual se conduce la muestra para ser colectada en el respectivo filtro.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## 8. ESQUEMA DEL SISTEMA DE CALDERAS (CALDERA CHINA EPCB, CALDERA KEWANEE, MULTICICLÓN Y LAVADOR DE GASES) Y CHIMENEAS DE LA EMPRESA TINTURAS Y TELAS S.A.

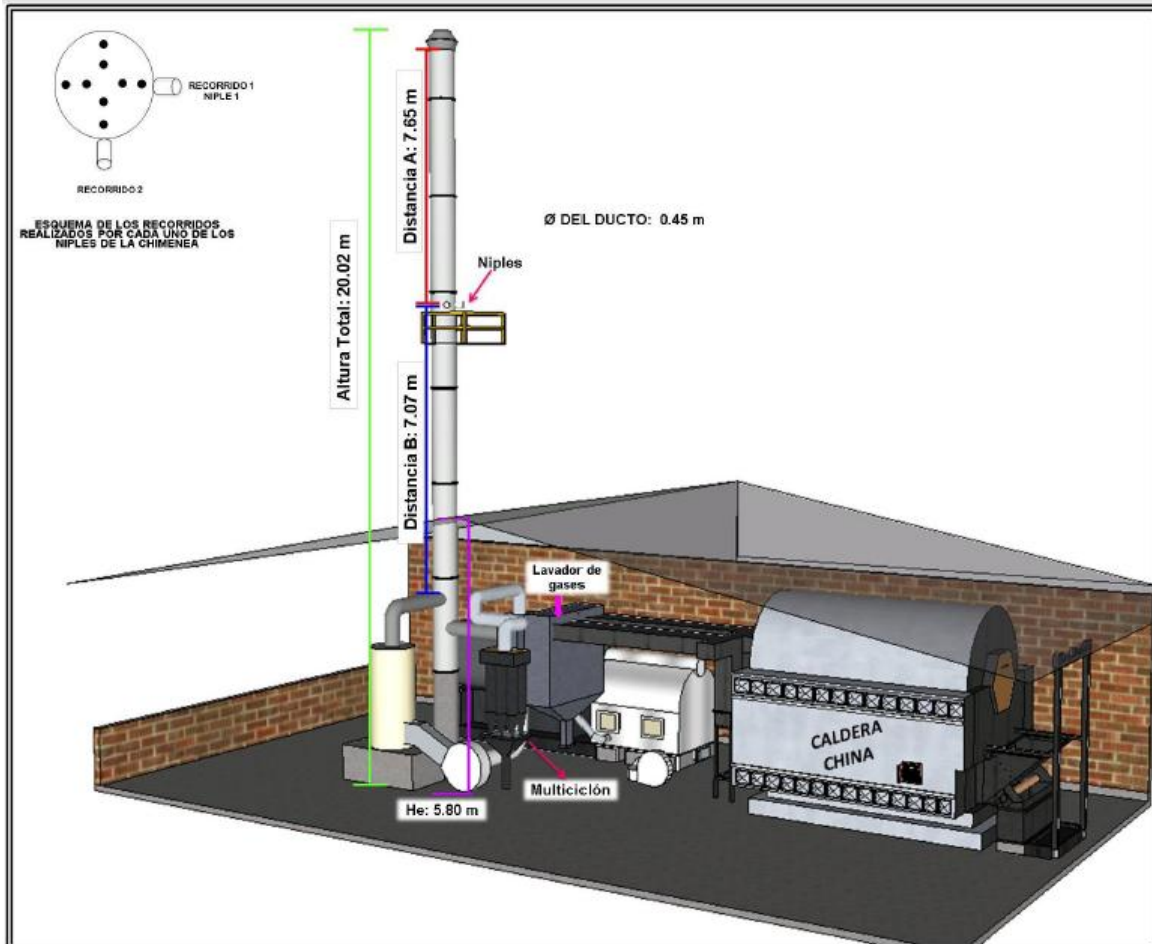
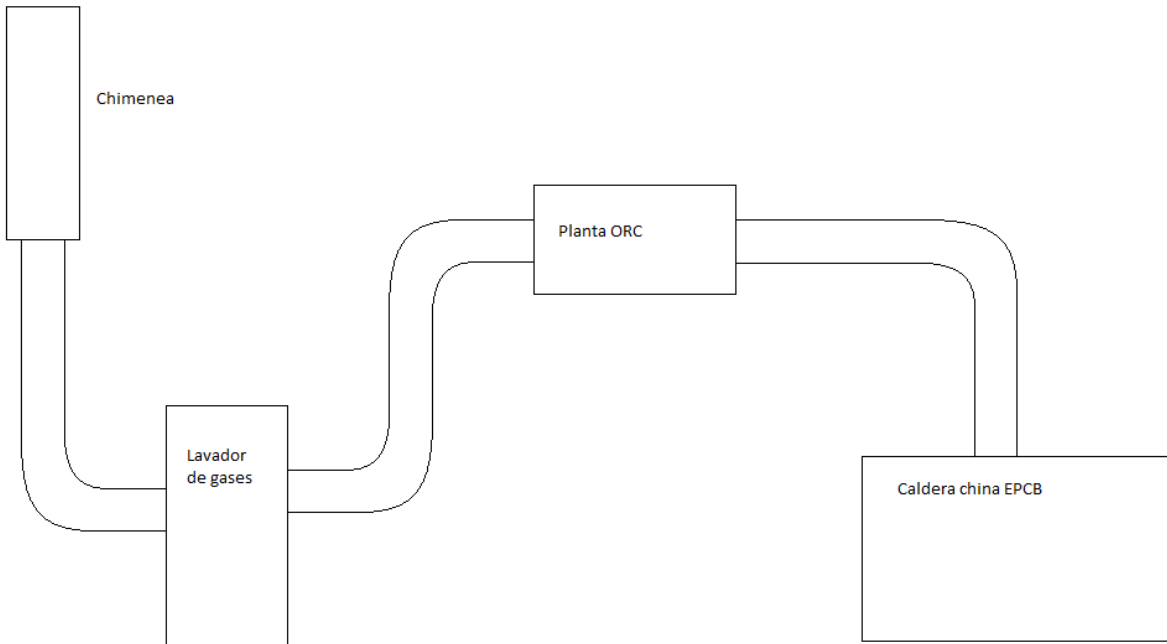


Imagen 7, Esquema de ubicación de la caldera China EPCB y su chimenea en la empresa TINTURAS Y TELAS S.A.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



**Imagen 8, Esquema de ubicación de la planta ORC en la empresa TINTURAS Y TELAS S.A**

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## 9. ANALISIS DE LOS GASES QUE SALEN DE LA CHIMENEA DE LA CALDERA

Los gases emitidos por la caldera china EPCB cumplen con los estándares exigidos dentro de la normatividad ambiental Colombiana (Resolución 909 de 2008, contenida en el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente 1076 del 2015). La planta ORC recuperaría parte del calor que emite la caldera antes del lavador de gases, lo cual permite que se beneficie la empresa generando un ahorro mensual de lo que se consume mes a mes en energía.

Este tipo de plantas generadoras de energía no emite ningún tipo de residuo, más que el ya generado por la caldera, contemplando que incluso este residuo ya existente sale con menor carga contaminante, pues en el proceso se le recupera la energía calorífica a los gases, los cuales también pierden parte de su material particulado en todo el proceso de recuperación, este material no desaparece en su totalidad ya que no se pueden eliminar todas las partículas por los lavadores de gases.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## APÉNDICE A:

### 10. MÉTODO PARA HALLAR LA DENSIDAD DE LOS GASES EMITIDOS POR LA CALDERA EPCB.

Considerando que los gases de escape se comportan como un gas ideal, se tiene:  
Presión baja:

$$PV = nRT \quad \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

*Dónde: P = Presión absoluta*

*V = Volumen*

*T = Temperatura absoluta*

*n = Número de moles*

*RU = Constante universal de los gases*

$$n = \frac{m}{PM}$$

$$m = n(PM)$$

$$D = \frac{m}{V}$$

*Dónde m = masa*

*PM = Peso molecular*

*D = densidad*

*Hallaremos la densidad del gas en condiciones normales y luego corregiremos el valor.*

*En condiciones normales P = 1atm a T = 0 C = 273,15K*

*1 mol de un gas ideal ocupa un volumen de 22,414 lt*

*Consideremos 1 mol de gas de escape en base seca:*

*Se tiene que PM = 29,72 gr/mol*

*PM = 29,72 gr/mol*

*PM = 29,70 gr/mol*

*PM promedio = 29,712 gr/mol*

$$m = (1 \text{ mol}) (29,712 \text{ gr/mol}) = 29,713 \text{ gr}$$

*1 mol en condiciones normales V2 = 22,914 lt*

*Corregimos este volumen:*

$$V_2 \text{ corregido} = P_1 \cdot T_2 \cdot V_1$$

$$P_2 \cdot T_1$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

$$\text{suponiendo } P_2 = P_1 = 1 \text{ atm} \longrightarrow V_2 = \frac{T_2 V_1}{T_1}$$

$$P_1 = 640 \text{ mmHg} = 0,84 \text{ atm} \qquad V_2 = \frac{354,77 * (22,414 \text{ lt})}{273,15 \text{ K}}$$

$$V_2 = 29,106 \text{ lt}$$

$$D = \frac{29,713 \text{ gr} * 1 \text{ kg} * 1000 \text{ lt}}{29,106 \text{ lt} * 1000 \text{ gr} * 1 \text{ m}^3} = 1,021 \text{ kg/m}^3$$

*Similarmente húmeda: 1 mol de gas de escape base.*



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## 11. LAVADOR DE GASES

Son dispositivos de control que se pueden utilizar para eliminar algunas partículas y/o gases de escape de las corrientes de la industria. Tradicionalmente, el término "depuración" se ha referido a los dispositivos de control de la contaminación, el cual utiliza un líquido "agua" para lavar o precipitar las partículas contaminantes de un flujo de gas (gases contaminantes que salen de una chimenea). Recientemente, el término también se utiliza para describir sistemas que inyectan un reactivo seco o suspensión en una corriente de escape sucio para "lavar" los gases ácidos. Los depuradores son uno de los elementos primordiales para el control de las emisiones de gases, especialmente ácido. Depuradores también pueden utilizarse para la recuperación de calor de los gases calientes por la condensación de gases de combustión.

Los gases de escape de la combustión pueden contener sustancias consideradas nocivas para el medio ambiente, y el depurador puede eliminar o neutralizar las sustancias. Un lavador de gases se utiliza para limpiar el aire, gases de combustión u otros gases de diversos contaminantes y polvo de partículas. Las soluciones pueden ser simplemente agua (para el polvo) o soluciones de los reactivos que atacan específicamente ciertos compuestos.

Gas de proceso de escape también puede contener tóxicos solubles en agua y / o gases corrosivos como el ácido clorhídrico **HCl** o amoníaco **NH<sub>3</sub>**.

Eficiencia de remoción de contaminantes se mejora al aumentar el tiempo de residencia en el lavador o por el aumento de la superficie de la solución de lavado mediante el uso de una boquilla, torres de relleno o un aspirador. Depuradores húmedos puede aumentar la proporción de agua en el gas, resultando en una columna de pila visible, si el gas es enviado a una pila.

Por chequeos isocinéticos que realizó GEMA CONSULTORES, se determinó que la temperatura después del lavador de gases es de 119,19°C. Por lo tanto lo ideal es ubicar la planta ORC justo antes, para poder aprovechar todo el poder calorífico que nos brindan los gases de la caldera china EPCB, cuyos gases salen a 234°C.



Imagen 9, Lavador de gases con el que cuenta la empresa TINTURAS Y TELAS S.A., el cual está en uso para la caldera china EPCB.

Presión barométrica (Pb) :	<u>646.64</u>	mm. Hg.
Presión estática promedio (Pe):	<u>38.799</u>	mm. H <sub>2</sub> O
Caida de presión promedio (ΔH):	<u>37.497</u>	mm. H <sub>2</sub> O
<b>Volúmen total en medidor (Vm):</b>	<u>1.296</u>	m <sup>3</sup>
Constante medidor gas seco (C):	<u>0.9926</u>	
Temperatura prom. Chimenea (Ts) :	<u>119.19</u>	°C
Temperatura prom. medidor (Tm) :	<u>33.51</u>	°C
Coefficiente del pitot (Cp):	<u>0.84</u>	
Constante (K1) :	<u>0.04707</u>	
Constante (K2) :	<u>0.04715</u>	
Constante (K3) :	<u>0.002669</u>	
Constante (Kp) :	<u>85.49</u>	
Promedio de O <sub>2</sub> durante muestreo definitivo :	<u>14.13</u>	%

Imagen 10,Tabla de datos donde se indica la temperatura de la chimenea después del lavador de gases por GEMMA CONSULTORES.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## 12. INFORMACIÓN SOLICITADA POR LA EMPRESA KAITEC A LA EMPRESA TINTURAS Y TELAS S.A.

**Tabla 3: Formato de datos generales para el cliente (proporcionado por KAITEC)**

Compañía:	TINTURAS Y TELAS S.A		
País:	COLOMBIA		
Ciudad:	MEDELLIN		
Persona de contacto :	ANDRES RIVERA	Tel. :	407 00 85
Cargo:	JEFE DE MANTENIMIENTO	E mail :	tintelas01@hotmail.com
Descripción de la aplicación:	SISTEMA ORC		
Descripción de la fuente de presión (vapor, gas, etc.):	VAPOR DE AGUA		
Temperatura inicial de la fuente de presión:	°C	234 °c	
Temperatura final objetivo (si es el caso):	°C	80.1 °c	
Presión inicial de la línea de presión:	MPa(a)	0.7584	
Presión final objetivo (si es el caso, esta puede ser cero si está disponible todo el diferencial de presión):	MPa(a)	0.082326	
Flujo (gaseoso o másico)	t/h		
	Nm <sup>3</sup> /h	5623 m3/h	
Densidad del fluido a la temperatura y presión inicial:	kg/m <sup>3</sup>	1.021	
Flujo continuo:		Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Purificado:		Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>
PH de la fuente de presión:	4.0- 5.0		
Composición de la Fuente de presión:  Unidades a usar (escoja una): <input type="checkbox"/> Porcentaje de masa <input type="checkbox"/> Porcentaje del volumen. <input type="checkbox"/> Porcentaje molar	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		

Este formato fue suministrado por la empresa KAITEC, para diligenciarlo con los datos necesarios para el cálculo de la planta ORC adecuada para implementar en la empresa TINTURAS Y TELAS S.A.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

### **13. PROPUESTA COMERCIAL**

La empresa KAITEC nos ha enviado esta información después de analizados los datos suministrados por la empresa TINTURAS Y TELAS S.A., lo cual nos permite ver el tipo de planta ORC indicada para este caso únicamente, su capacidad de generación de energía, modelo de planta ORC, temperatura de gases necesaria para su óptimo desempeño, entre otros datos.

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



Medellín, Junio 23 de 2016

Ingeniero  
 Andrés Rivera  
 Director de Mantenimiento  
 Tinturas y Telas SA

Apreciado Ingeniero.

Agradezco la invitación a participar en el este proceso de cotización de nuestro sistema ORC KAISHAN para el proceso de recuperación de calor en la planta de tinturas y telas.

En respuesta a su amable solicitud me permito presentarle la oferta para el sistema de recuperación de calor y generación de energía eléctrica para la planta. Este tiene como objetivo principal usar el calor generado en la planta para generar 12kW de energía verde y reducir a su vez las emisiones de CO2 y el consumo de carbón.

Agradezco la atención prestada y estoy atento a atender sus comentarios e inquietudes.

Atentamente,

Parménides Aristizábal Uribe  
 Product Manager  
 ORC&EXPANDERS

Kaishan technologies of America  
 3611 NW 27th Avenue  
 Ocala, Fl. 34475  
[www.kaishantechnologies.com](http://www.kaishantechnologies.com)

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



**OBJETIVO**

Usar los excedentes de calor de la chimenea de la planta para producir energía eléctrica, reducir las emisiones de CO2 y disminuir en consumo de combustible o su equivalente y obtener un gran ahorro en los gastos de operación.

**INFORMACIÓN PRELIMINAR**

La planta de Tinturas y Telas presenta excedente de temperatura en los gases de combustión del esquema de la chimenea enviado previamente (ver anexo 1) que da lugar a un diferencial de temperatura que va desde los 234°C hasta los 80°C. El flujo de aire en dicho punto corresponde a 5623Nm<sup>3</sup>/min.

Los gases calientes del punto de chimenea del esquema de caudales presentado por ustedes de la planta tienen las siguientes característica (ver anexo 1):

- Temperatura máxima: 234°C
- Temperatura mínima admisible: 80°C
- Flujo: 5623Nm<sup>3</sup>/min
- Tipo de flujo: Continuo

**BENEFICIOS**

Las ORC se caracterizan por tener beneficios de tipo ambiental y económico ya que se encuentran basados en generación de energía a través de la recuperación de calor de desperdicio. Entre los principales beneficios se encuentran:

- Generación de 12kW netos de Energía verde.
- Reducción de los costos de energía.
- Conversión de calor de desperdicio en energía eléctrica.
- Reducción de las emisiones de CO2.
- Reducción en consumo de combustible.
- No se requiere de ningún combustible para la operación por ser autosuficiente.

Kaishan technologies of America  
 3611 NW 27th Avenue  
 Ocala, Fl. 34475  
[www.kaishantechnologies.com](http://www.kaishantechnologies.com)

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



- Sistema totalmente cerrado que no genera ningún tipo de emisión ni subproductos.
- Alta confiabilidad y estabilidad.
- Mínimos costos de mantenimiento.
- Recuperación de la inversión en el corto plazo
- Uso de refrigerante totalmente amigable con el ambiente.
- Fácil operación y mantenimiento.
- Fácil instalación.

**PROPUESTA DE GENERACIÓN**

Se propone usar los gases calientes de chimenea la planta con el fin de generar 12kW netos de energía verde.

Para lograr dicho propósito se utiliza una ORC KAISHAN como se propone a continuación:

**ORC:** En esta ORC se usa el calor de los gases de combustión de la planta para generar agua caliente a 159°C retornando luego al sistema a 70°C. La capacidad de agua caliente del sistema es de 1.2ton/h Esta ORC cuenta con las siguientes especificaciones técnicas:

- Marca: KAISHAN
- Modelo KE20-110-1-60
- Potencia nominal ORC: 20kW
- Potencia generada: 17kW
- Potencia consumida por ORC: 5kW
- Potencia neta ORC: **12kW**
- Temperatura de entrada de los gases calientes: 234°C
- Temperatura de salida de los gases calientes: 80°C
- Temperatura de salida del agua: 70°C
- Modelo del expansor: SKYe192/480 a 3600rpm
- Eficiencia térmica: 9.2%
- Refrigerante a usar: R245fa

Kaishan technologies of America  
 3611 NW 27th Avenue  
 Ocala, Fl. 34475  
[www.kaishantechnologies.com](http://www.kaishantechnologies.com)

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



**PROPUESTA ECONÓMICA**

El costo del kilovatio generado KAISHAN es uno de los más bajos a nivel mundial basado en la tecnología de expansores de tornillo diseñada y patentada por ellos. KAISHAN es el mayor fabricante de compresores de tornillo en China y tiene toda la tecnología y el conocimiento para aplicar dichos principios en el diseño de sus expansores y poder así garantizar dicha tecnología que cuenta con los más altos estándares de calidad y confiabilidad. Los expansores KAISHAN están diseñados para una vida útil superior a diez años y los rodamientos de la unidad para una vida superior a 100.000 horas de trabajo continuo.

KAISHAN le da a Tinturas y Telas un precio especial por:

- Precio FOB Shanghai por kW neto generado: USD4.600
- Total de kW generados: 12
- Precio FOB Shanghai total del proyecto: USD55.200
- Forma de pago: 50% anticipo con la orden de compra, 50% para despacho.

Nota: Los anteriores valores están en dólares americanos.

**INCLUSIONES**

En el valor anterior KAISHAN le ofrece un producto de primera calidad como también toda la asesoría necesaria para lograr el éxito en el proyecto.

ORC KE20-110W-1-60

- Expansor de tornillos rotativos KAISHAN SKYe192/480
- Generador para 20kW a 3600rpm
- Evaporador de tubos
- Condensadores evaporativos
- Precalentador de tubos
- Bombas para fluido refrigerante
- Tanque de almacenamiento de refrigerante

Kaishan technologies of America  
 3611 NW 27th Avenue  
 Ocala, Fl. 34475  
[www.kaishantechnologies.com](http://www.kaishantechnologies.com)



 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



- Carga inicial de aceite del expansor de tornillo
- Intercambiador de calor del aire caliente al agua (por diseñar según planos)
- Filtro de aceite y aceite para dos años
- Tubería de conexión y válvulas al interior de la planta
- Estación de control digital y de transferencia a la red
- Visitas de mantenimiento preventivo cada tres meses durante los dos años de garantía.

Para el proceso de instalación y ensamble KAISHAN brinda asesoría permanente.

Una vez instalada la planta, Tinturas y Telas dará aviso a KAISHAN para que el fabricante envíe un ingeniero de control y un ingeniero de proyectos los cuales tienen la misión de hacer llenado del gas y poner en funcionamiento las ORC. Estos acompañaran la última etapa del proceso durante diez días hasta poner el sistema a punto y dejarlo totalmente operativo.

#### EXCLUSIONES

- Instalación
- Gas refrigerante
- Obras civiles
- Estructuras metálicas adicionales a las necesarias para ensamble de la planta
- Flete internacional, seguros, aranceles, fletes nacionales (negociación FOB)
- Adecuaciones de conexión entre gases de escape e intercambiador de calor (agua-aceite térmico)
- Adecuaciones de conexión entre gases de escape e intercambiador de calor (gases-aceite térmico)
- No incluye ningún tipo de garantía en el gas ni en las fugas del mismo puesto que depende completamente de la estanqueidad del sistema cuando se ensamble la planta.
- Cualquier otro ítem no especificado en las inclusiones.

#### GARANTÍAS

Kaishan technologies of America  
 3611 NW 27th Avenue  
 Ocala, Fl. 34475  
[www.kaishantechnologies.com](http://www.kaishantechnologies.com)

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



KAISHAN cuenta con una gran calidad en su expansores por los cual ofrece 3 años de garantía en los mismos, para el resto de los componentes se ofrece especialmente para este proyecto una garantía de dos años.

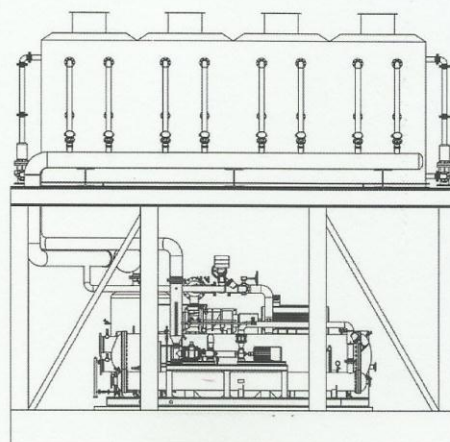
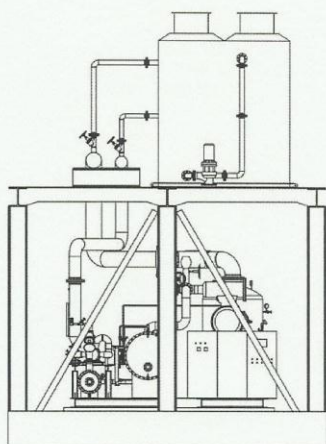
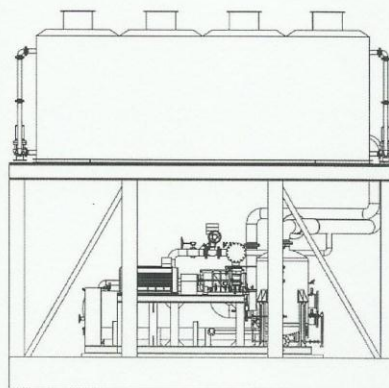
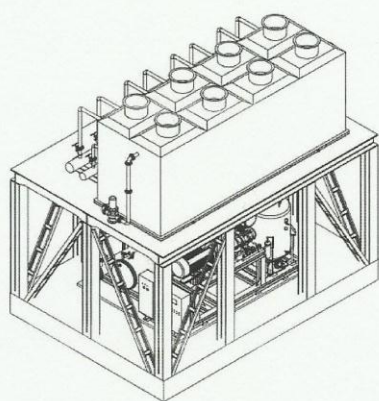
**CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN**

Para el desarrollo del proyecto se tienen en cuenta los siguientes pasos:

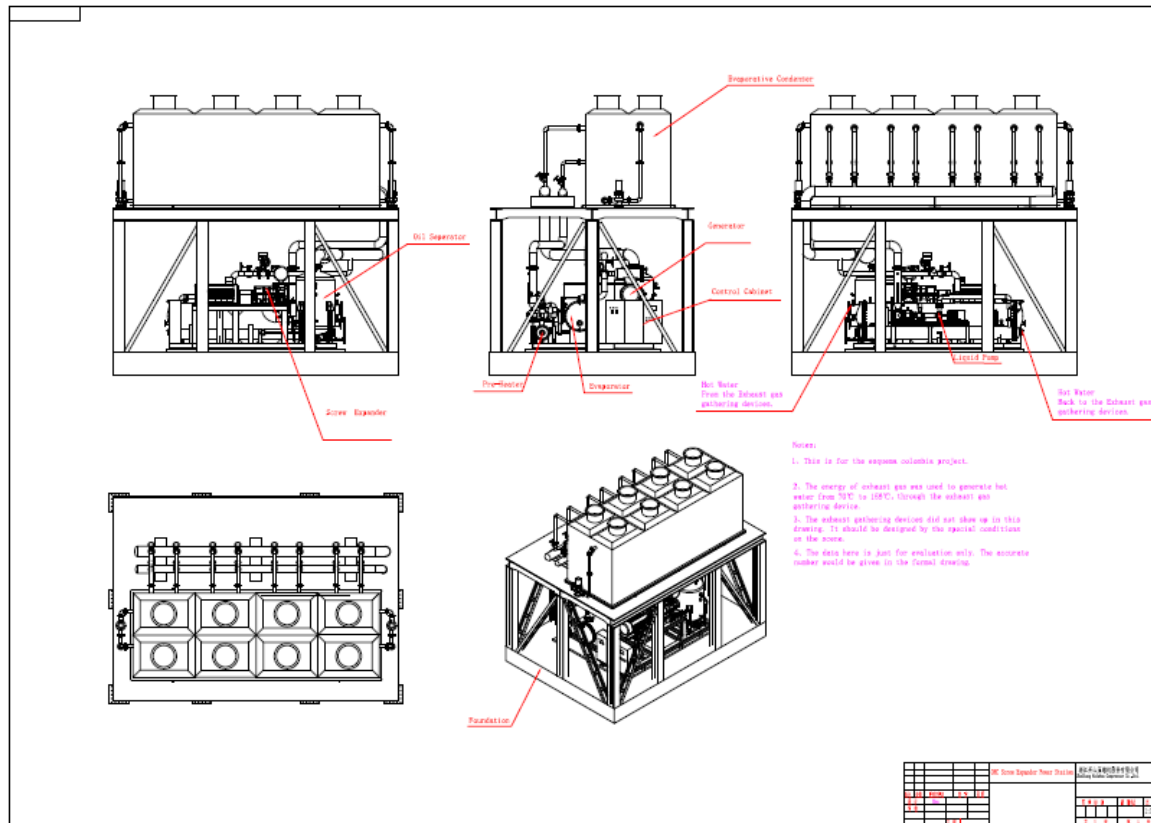
- Cotización al cliente, donde se brinda toda la información básica de acuerdo a las condiciones de generación relacionadas por el mismo.
- En caso de ser aceptada la cotización KAISHAN solicita una carta de intención de compra para proceder con los diseños definitivos para la posterior aprobación del cliente.
- Suscripción de acuerdo de discrecionalidad entre las partes donde tanto el cliente como el proveedor acuerdan no divulgar la información relativa a dicho negocio con el fin respetar la privacidad de cada uno de los participantes.
- KAISHAN enviará los diseños definitivos para la aprobación.
- Tinturas y Telas generará la orden de compra y el anticipo.
- KAISHAN fabricará la planta, el tiempo estimado es de dos y medio meses.
- Tinturas y Telas realizará el pago del valor restante para el despacho.
- Tinturas y Telas procederá a realizar la importación de los equipos, adecuaciones locativas e instalación.
- KAISHAN proveerá dos ingenieros para la puesta a punto y el arranque de la planta.

**ANEXO 1: Formulario diligenciado por el cliente.**

Kaishan technologies of America  
 3611 NW 27th Avenue  
 Ocala, Fl. 34475  
[www.kaishantechnologies.com](http://www.kaishantechnologies.com)



Kaishan technologies of America  
3611 NW 27th Avenue  
Ocala, Fl. 34475  
[www.kaishantechnologies.com](http://www.kaishantechnologies.com)



### 13.1. DESCRIPCION DE LA PLANTA ORC

El ciclo ORC es un ciclo continuo en un sistema cerrado, que no produce ningún tipo de emisiones. El sistema utiliza un sistema orgánico (Calor residual) para expandir un refrigerante de un estado líquido a una fase gaseosa, este vapor a su vez transfiere la energía haciendo girar los rotores en el expansor para generar electricidad. El vapor refrigerante que sale del expansor se condensa en un estado líquido y es enviado de nuevo al evaporador para el proceso de expansión.

Un Expansor de tornillo rotativo es un equipo mecánico que convierte calor de bajo grado (Baja temperatura y presión) en electricidad. Las plantas de generación de electricidad convencionales queman carbón, gas natural o combustible diésel para generar una alta presión y temperatura (Calor de alto grado) para generar electricidad a través de generadores sincrónicos. Este proceso produce además una gran cantidad de calor residual y emisiones que aceleran el problema del calentamiento global. Las plantas de electricidad ORC son también útiles en áreas con calor natural, como lo son fuentes termales. Las plantas ORC no producen emisión alguna al medio ambiente.

Con los datos anteriormente descritos, la empresa KAITEC seleccionó la planta ORC modelo **KE20-110W-1-60**.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

### Descripción de la ORC **KE20-110W-1-60**

Consta de los siguientes componentes:

- Expansor de tornillos rotativos KAISHAN SKYe192/480.
- Generador para 20KW a 3600 rpm.
- Evaporador de tubos.
- Condensadores evaporativos.
- Precalentador de tubos.
- Bombas de fluido refrigerante.
- Tanque de almacenamiento de refrigerante.
- Carga inicial de aceite del Expansor de tornillo.
- Intercambiador de calor del aire caliente al agua (por diseñar según planos)
- Filtro de aceite y aceite para dos años.
- Tuberías de conexión de válvulas al interior de la planta.
- Estación de control digital y de transferencia de la red.

### **13.2. REQUERIMIENTOS DE LA FUENTE DE CALOR**

- Agua Caliente - La temperatura tiene que sobrepasar los 80 grados Centígrados.
- Otros fluidos calientes, con temperatura superior a 80 grados Centígrados.
- Vapor saturado.
- Vapor de baja presión.
- Aire o Humo caliente.
- Vapor a alta presión.

### **13.3. FLUIDO DE TRABAJO**

El fluido a aprovechar son los gases residuales generados por la caldera. Estos gases residuales se sometieron a estudios isocinéticos y se demostró que está cumpliendo con la resolución 909 del 2008 contenida en el Decreto Único Reglamentario 1076 del 2015. Estudio realizado por la empresa GEMA CONSULTORES en enero del 2016.

Este estudio arrojó como resultado una temperatura de los gases, después del lavador de gases es de 119,19 °C.

### **13.4. CAPACIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGÍA**

La planta ORC calculada por la empresa KAITEC tiene una capacidad de generación de 12Kwh netos de energía verde.

### **13.5. ANÁLISIS DE ENERGÍA**

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

El costo de la energía que paga actualmente la empresa TINTURAS Y TELAS S.A es de \$370 COP Kwh , a continuación se hace el análisis del costo de la energía actual y el análisis del valor de la energía ahorrada a un mes.

El promedio de costo de la energía por mes de la empresa es de \$21'000.000 COP equivalentes a 56.756 KW, la planta ORC genera 12Kwh para un total de 8640 KW mes. Estos 8640KW con el costo actual de \$370 COP Kwh equivalen a \$3'196.800 COP.

### **13.6. PROPIEDADES DEL REFRIGERANTE R245fa**

Refrigerante es una sustancia que actúa como agente de enfriamiento, con propiedades especiales de punto de evaporación y condensación. Mediante cambios de presión y temperatura absorben calor en un lugar y lo disipa en otro mediante un cambio de líquido a gas y viceversa.

Kaishan utiliza el refrigerante R245fa, el daño ocasionado por los refrigerantes al medio ambiente se mide de 2 formas, el potencial de agotamiento de ozono (ODP) y el potencial de calentamiento global (GWP). El ODP se mide con relación al R-11siendo este el más dañino para la capa de ozono, al poseer 3 átomos de cloro en su molécula, en la actualidad un refrigerante con un ODP por encima de cero está prohibido en refrigeración o de ciclo de potencia, este criterio es el más restrictivo de los 2.

## **PROPIEDADES**

### Descripción de Producto

#### Información Básica

- No. de Modelo:R245FA
- Estándar Grado :Grado Industrial

#### Información Adicional.

- Packing: 30lb, 50lb, 926L, 20tank.
- Origin: Suzhou, Jiangsu. Quzhou, Zhejiang.
- Production Capacity: 10000000mt/Year.

### Descripción de Producto

#### Breve descripción:

- Potencial cero del agotamiento de ozono.
- Muy bajo potencial del calentamiento del planeta.
- Buena compatibilidad con los componentes de sistema.
- OEM (fabricante de equipamiento original).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Descripción detallada:

- Peso molecular: 134
- Punto de ebullición, ° C: 58.8
- Punto de hielo, ° C: <-160
- Temperatura crítica, ° C: 256.9
- Presión crítica, Mpa: 464.1
- Densidad líquida saturada, 25deg; C, (g/cm<sup>3</sup>): 82.7
- Calor específico del líquido, 25deg; C, [(KJ/kg °C)]: 0.33
- ODP: 0
- Pureza, %: ≥ 99.5
- Humedad, PPM: ≤ 50
- Acidez, PPM: ≤ 0.1
- Residuo del vapor, PPM: ≤ 100
- Aspecto: Descolorido, ningún turbio
- Olor: Ningún hedor extraño

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## 14. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta tabla describe los mantenimientos anuales obligatorios para el óptimo funcionamiento de la planta ORC a instalar en la empresa TINTURAS Y TELAS S.A.

Mantenimiento de expansor de tornillo				
Descripcion	Referencia	Cantidad	Valor	Costo Total
Rodamiento bomba 1	TIMKEN	1	20.000	20.000
Rodamiento bomba 1	TIMKEN	1	25.000	25.000
Rodamiento bomba 2	TIMKEN	1	40.000	40.000
Rodamiento bomba 2	TIMKEN	1	45.000	45.000
Sello bomba 1	JOHN CRANE	1	200.000	200.000
Sello bomba 2	JOHN CRANE	1	530.000	530.000
Sello bomba 3	JOHN CRANE	1	20.000	20.000
Gas refrigerante	R245FA	1	680.000	680.000
Retenedor bomba 3	SKF	2	20.000	40.000
Barnis dieléctrico	CORIUM z02R	1	100.000	100.000
			1.680.000	1.700.000
<b>Exclusiones</b>				
Instalacion			10.000.000	10.000.000
Obras Civiles			5.000.000	5.000.000
Estructuras metálicas adicionales a las necesarias para ensamble de la planta			5.000.000	5.000.000
Flete internacional, seguros, aranceles, fletes nacionales (negociación FOB)			5.000.000	5.000.000
			25.000.000	25.000.000

**Imagen 11,Tabla de Costo del mantenimiento a realizar en los equipos.**

Las exclusiones de la tabla anterior no entran en la propuesta comercial como parte de lo que se está ofreciendo a la empresa TINTURAS Y TELAS S.A. por parte de la empresa KAITEC.



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## 15. CALCULO DE LA TIR

PERIODO	CONCEPTO	VALORES DE INVERSION	DETALLE
AÑO 1	ADQUISICION Y MONTAJE MAQUINARIA	-190.891.456,00	EROGACION
	GENERACION DE ENERGIA	38.154.240,00	INGRESO
AÑO 2	MATENIMIENTO	-1.700.000,00	EROGACION
	GENERACION DE ENERGIA	38.154.240,00	INGRESO
AÑO 3	MATENIMIENTO	-1.700.000,00	EROGACION
	GENERACION DE ENERGIA	38.154.240,00	INGRESO
AÑO 4	MATENIMIENTO	-1.700.000,00	EROGACION
	GENERACION DE ENERGIA	38.154.240,00	INGRESO
AÑO 5	MATENIMIENTO	-1.700.000,00	EROGACION
	GENERACION DE ENERGIA	38.154.240,00	INGRESO
AÑO 6	MATENIMIENTO	-1.700.000,00	EROGACION
	GENERACION DE ENERGIA	38.154.240,00	INGRESO
AÑO 7	MATENIMIENTO	-1.700.000,00	EROGACION
	GENERACION DE ENERGIA	38.154.240,00	INGRESO
AÑO 8	MATENIMIENTO	-1.700.000,00	EROGACION
	GENERACION DE ENERGIA	38.154.240,00	INGRESO
AÑO 9	MATENIMIENTO	-1.700.000,00	EROGACION
	GENERACION DE ENERGIA	38.154.240,00	INGRESO
AÑO 10	MATENIMIENTO	-1.700.000,00	
	GENERACION DE ENERGIA	38.154.240,00	38.154.240,00
<b>TASA INTERNA DE RETORNO</b>			<b>8%</b>

Imagen 12, Tabla de cálculo de la TIR.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## 16. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- De acuerdo al estudio de la viabilidad para implementar este sistema ORC en la empresa TINTURAS Y TELAS S.A. se llegó a la conclusión de que no justifica hacer la inversión, pues el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) es demasiado extenso para las expectativas de la empresa.
- La producción energética generada mensual no tiene un margen de rentabilidad, teniendo en cuenta que aportaría solo un 14,28% mensual de retorno de la inversión a la empresa en COP.
- Entre más alta sea la eficiencia isotrópica del expansor, más corto será el periodo de tiempo para recuperar la inversión y habrá un costo relativo más bajo de la estación de energía ORC.
- Utiliza un generador asincrónico de 3 fases. La energía generada puede ser suministrada fácilmente a la red de Energía existente. Garantía en la calidad de la energía en la red existente.
- La planta ORC no va a reducir la cantidad de las emisiones de contaminantes, el lavador de gases sería el que lleve a cabo esa función.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## REFERENCIAS

Libro de Termodinámica séptima edición, Yunes A Cengel y Michael A. Boles

Libro de Fundamentos de Termodinámica Técnica 2 edición de Michael J. Morán y Howard N. Shapiro

Janna, C. F., Alean, J. D., Gomez, C. A., López, O. D., Betancur, L. A., Guerra, C. F., Velez, F., Muraca, G. M., Omaña, M.M y Izasa, C.A. (2015). Recuperación de energía en procesos industriales. Universidad Nacional de Colombia

<https://books.google.com.co/books?id=6SroCgAAQBAJ&pg=PA28&lpg=PA28&dq=como+recuperar+calor+en+la+industria++textil&source=bl&ots=Dp6ifu7zAz&sig=qAQmhSRrqDJJodrPN4v-41GOicc&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjh2ujHjanOAhUJ4iYKHcTvBTgQ6AEIKjAD#v=onepage&q=como%20recuperar%20calor%20en%20la%20industria%20%20textil&f=false>

Kalfrisa, S.A, (2009) Interempresas.net

<http://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/30110-Recuperacion-de-calor-la-mejor-forma-de-reducir-consumos-y-emisiones-de-gases-invernadero.html>

Jesus, C. A, (2015) informe anual

<http://www.fabricato.com/images/inversionistas/informacion-financiera/informes-anuales/2015/informe2015.pdf>

Mago, P. J. Chamra, L. M. Snirivasan, K. Somayaji, H. (2016) Impacto ambiental [http://zaguán.unizar.es/record/4588/files/TAZ-PFC-2010-022\\_ANE.pdf](http://zaguán.unizar.es/record/4588/files/TAZ-PFC-2010-022_ANE.pdf)

Cengel, A. Y, Boles, M. A. (2011). Séptima edición Termodinámica. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.

Morán, M. J. Shapiro, H. N. (2004). Fundamentos de termodinámica técnica. New Jersey: Reverté S. A.

Planta eléctrica de expansor de tornillo rotativo ORC. (2016). Kaishan. <http://www.kaishancolombia.com/>

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## APÉNDICE

Apéndice A: Cálculo de la densidad de los gases emitidos por la caldera china EPCB, pág. 23.

FIRMA ESTUDIANTES	<u>Andrés Felipe Rivera Arredondo</u> <u>David Cuferrez</u>  
FIRMA ASESOR	<u>Miry — L.</u> 
FECHA ENTREGA: _____	

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____		
RECHAZADO _____	ACEPTADO _____	ACEPTADO CON MODIFICACIONES _____
ACTA NO. _____		
FECHA ENTREGA: _____		

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____
ACTA NO. _____
FECHA ENTREGA: _____