

## **CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO**

**El proyecto “REDISEÑO E INSTALACIÓN DE UNA PLANTA PROCESADORA DE EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA USO VIAL, CON CAPACIDAD DE 16 TON./HR. PARA CHOVA DEL ECUADOR” fue realizado en su totalidad por Daniel Alejandro Rodríguez Espinosa y Paúl Santiago Vinuesa Daza, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.**

---

**Ing. Javier Pozo**

**DIRECTOR**

---

**Ing. Ernesto Soria**

**CODIRECTOR**

**Sangolquí, 2008-04-16**

## **LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO**

**“REDISEÑO E INSTALACIÓN DE UNA PLANTA PROCESADORA DE  
EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA USO VIAL, CON CAPACIDAD DE 16  
TON./HR. PARA CHOVA DEL ECUADOR”**

**ELABORADO POR:**

---

**Daniel Alejandro Rodríguez Espinosa**

---

**Paúl Santiago Vinueza Daza**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

---

**Ing. Juan Díaz T.**

**COORDINADOR DE LA CARRERA**

**Sangolquí, 2008-04-16**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar mi agradecimiento a Dios por

A mis padres, por su cariño, comprensión y apoyo sin condiciones ni medida. Gracias una vez más por confiar en mí y guiarme en el camino de la educación.

A los directores de tesis, por su apoyo y colaboración para la realización de este proyecto.

**Daniel Alejandro Rodríguez Espinosa**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi vida y lograr esta meta profesional.

A mis padres, por su cariño, comprensión y apoyo sin condiciones ni medida. Gracias una vez más por confiar en mí y guiarme en el camino de la educación.

A los directores de tesis, por su apoyo y colaboración para la realización de este proyecto.

**Paúl Santiago Vinueza Daza**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO</b>	ii
<b>LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO</b>	iii
<b>AGRADECIMIENTO</b>	iv
<b>INDICE DE CONTENIDOS</b>	vi
<b>RESUMEN</b>	xv

## **CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES**

1.1	Introducción	1
1.2	Definición del problema	2
1.3	Objetivos	3
	1.3.1 Objetivo general	3
	1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4	Alcance del proyecto	3
1.5	Justificación e importancia del proyecto	3

## **CAPÍTULO 2: TEORIA DE EMULSIONES ASFÁLTICAS**

2.1	Generalidades	5
	2.1.1 Asfalto	6
	2.1.2 Agua	8
	2.1.3 Emulsificantes	9
	2.1.4 Agregados pétreos	11
	2.1.5 Emulsión asfáltica	12
2.2	Características y clasificación de las emulsiones	13

2.3	Ventajas del uso de emulsiones asfálticas sobre los rebajados asfálticos y mezclas en caliente	16
2.4	Fabricación de emulsiones en planta	17
2.4.1	Equipo de emulsificación	17
2.4.2	Proceso de emulsificación	19
2.4.3	Calibración del molino coloidal	22
2.5	Transporte y almacenamiento	24
2.5.1	Formación de espuma	24
2.5.2	Natas y sedimentos	24
2.5.3	Mezclas incompatibles	25
2.5.4	Temperatura de almacenamiento	25

### **CAPÍTULO 3: ESTUDIO DEL PROCESO PARA LA FABRICACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS**

3.1	Secciones de la planta	26
3.1.1	Área de manejo de asfalto	26
3.1.2	Área de manejo de solución jabonosa	32
3.1.3	Sección de producción	34
3.1.4	Sección de control	36
3.1.5	Sección de producto terminado	38

### **CAPÍTULO 4: INSTALACIONES DE TUBERÍA**

4.1	Consideraciones	40
4.2	Líneas de recirculación	41
4.3	Línea de asfalto	41
4.3.1	Línea de dosificación	42

4.4	Línea de solución jabonosa	43
4.4.1	Línea de agua	43
4.4.2	Línea de ácido	44
4.5	Línea de emulsión asfáltica	44
4.5.1	Línea de despacho de producto terminado	44
4.6	Disposición de tuberías	45

## **CAPÍTULO 5: CÁLCULO DE CAPACIDAD REQUERIDA DEL MOLINO COLOIDAL, TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y SELECCIÓN DE BOMBAS**

5.1	Cálculo de capacidad requerida por el molino coloidal	49
5.2	Selección de bombas	50
5.2.1	Selección de la bomba de alimentación de asfalto al molino	51
5.2.2	Selección de la bomba de alimentación de solución jabonosa al molino	57
5.2.3	Selección de la bomba de despacho	61
5.3	Tanques de almacenamiento	62
5.3.1	Diseño del tanque de almacenamiento de producto terminado según norma API 650	64

## **CAPÍTULO 6: CONTROL DENTRO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE EMULSIÓN ASFÁLTICA**

6.1	Tablero de control	70
6.1.1	Control del encendido de la bomba de asfalto	71
6.1.2	Control del caudal de la bomba de asfalto	71
6.1.3	Control del encendido y caudal de la bomba de solución jabonosa	72

6.1.4	Control del encendido y caudal de la bomba de aceite plastificante	72
6.1.5	Control del encendido de las bombas de ácido, agua y emulsificante	73
6.1.6	Control del encendido de los agitadores en el tanque de solución jabonosa	73
6.1.7	Control de la temperatura del asfalto al ingreso del molino	73
6.1.8	Control de la temperatura de la solución jabonosa al ingreso del molino	74
6.1.9	Control de la temperatura de emulsión a la salida del molino	75
6.1.10	Control del encendido del molino	75
6.1.11	Control del encendido de la bomba de despacho	76
6.1.12	Control de la temperatura de emulsión en los tanques de almacenamiento	76

## **CAPÍTULO 7: RECUPERADOR DE CALOR DE LOS GASES DE ESCAPE**

7.1	Diseño del intercambiador de calor	77
7.2	Impacto ambiental	84

## **CAPÍTULO 8: ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO**

8.1	Antecedentes	86
8.2	Proyección de ventas	86
8.2.1	Variables	87
8.3	Estudio de mercado	88
8.3.1	Análisis de la oferta	88
8.3.2	Análisis de la demanda	88



8.4	Inversión	90
8.4.1	Productividad	91
8.4.2	Mejoras en los tiempos del proceso	91
8.4.3	Reducción del consumo energético	91
8.4.4	Incremento de la producción diaria	92
8.4.5	Depreciación	92
8.4.6	Inversión en intangibles	92
8.4.7	Recursos humanos	92
8.4.8	Contratación de personal	93
8.5	Determinación de costos	93
8.5.1	Materiales	93
8.5.2	Mano de obra	94
8.5.3	Otros costos	95
8.6	Costo total	97
8.7	Parámetros financieros	97
8.7.1	Flujo de caja, VAN y TIR	97
8.7.2	Recuperación de la inversión	97

## **CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES Y RECOMIENDACIONES**

9.1	Conclusiones	100
9.2	Recomendaciones	101

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1:</b>	Clasificación de las emulsiones	15
<b>Tabla 2.2:</b>	Equipo necesario para una planta de emulsiones	21
<b>Tabla 2.3:</b>	Cuidados dentro de la producción de emulsiones	21
<b>Tabla 2.4:</b>	Causas de contaminación de una emulsión.	22
<b>Tabla 5.1:</b>	Espesor de la plancha según el diámetro del tanque	68
<b>Tabla 7.1:</b>	Mediciones de la temperatura de pared de chimenea del caldero	83
<b>Tabla 8.1:</b>	Empresas que producen emulsiones asfálticas con sus cantidades y clientes	88
<b>Tabla 8.2:</b>	Tipos de emulsiones con sus respectivos precios	90
<b>Tabla 8.3:</b>	Precios de otra empresas productoras de emulsiones	90
<b>Tabla 8.4:</b>	Costo de materiales para instalación de la planta de emulsiones asfálticas	93
<b>Tabla 8.5:</b>	Costo de mantenimiento de la planta de emulsiones asfálticas	96
<b>Tabla 8.6:</b>	Costo total del proyecto	97
<b>Tabla 8.7:</b>	Parámetros financieros	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1:</b>	Emulsión asfáltica	10
<b>Figura 2.2:</b>	Rompimiento de una emulsión asfáltica	11
<b>Figura 2.3:</b>	Agregados pétreos calizos o de naturaleza básica	12
<b>Figura 2.4:</b>	Agregados pétreos ácidos o silicosos	13
<b>Figura 2.5:</b>	Emulsión catiónica	14
<b>Figura 2.6:</b>	Detalle del rotor-estator del molino coloidal	15
<b>Figura 2.7:</b>	Diagrama de una planta de elaboración de emulsión asfáltica	17
<b>Figura 2.8:</b>	Tamaños relativos de las partículas de asfalto en una emulsión	20
<b>Figura 2.9:</b>	Diagrama de cuerpo libre de la unidad central de emulsión	22
<b>Figura 3.1:</b>	Línea de asfalto aislada	27
<b>Figura 3.2:</b>	Bomba de descarga de asfalto	28
<b>Figura 3.3:</b>	Tanque de almacenamiento de asfalto	29
<b>Figura 3.4:</b>	Bomba de asfalto	30
<b>Figura 3.5:</b>	Tanque de premezcla	30
<b>Figura 3.6:</b>	Tanque de Aceite Plastificante	31
<b>Figura 3.7:</b>	Tanque de almacenamiento de agua	33
<b>Figura 3.8:</b>	Tanques de solución jabonosa	34
<b>Figura 3.9:</b>	Bombas de asfalto y solución jabonosa	35
<b>Figura 3.10:</b>	Unidad de molino coloidal – motor eléctrico	36
<b>Figura 3.11:</b>	Tanques de almacenamiento de producto terminado	38
<b>Figura 3.12:</b>	Bomba de alimentación de producto terminado hacia tanques de almacenamiento	39
<b>Figura 3.13:</b>	Bomba de despacho de producto terminado	39
<b>Figura 4.1:</b>	Vista total Isométrica de planta de emulsiones	45
<b>Figura 4.2:</b>	Área de emulsiones asfálticas	46
<b>Figura 4.3:</b>	Área de almacenamiento de asfalto	46
<b>Figura 4.4:</b>	Área de almacenamiento de producto terminado	47
<b>Figura 4.5:</b>	Vista general superior de la planta de emulsiones asfálticas	47
<b>Figura 4.6:</b>	Vista superior parcial del área de emulsiones asfálticas	48
<b>Figura 5.1:</b>	Curvas características de la bomba VIKING KK-224A	56
<b>Figura 5.2:</b>	Curvas características de la bomba VIKING LVP- 41027	60

<b>Figura 5.3:</b>	Curvas características de la bomba VIKING LS- 224A	62
<b>Figura 6.1:</b>	Esquema básico del tablero de control	70
<b>Figura 7.1:</b>	Esquema básico del intercambiador de calor	80
<b>Figura 8.1:</b>	Demanda hasta el primer semestre del 2007 de CHOVA DEL ECUADOR	89
<b>Figura 8.2:</b>	Recuperación de la inversión	98

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** Tablas de calibración del molino.
- ANEXO B:** Características del molino coloidal.
- ANEXO C:** Características de la bomba de asfalto.
- ANEXO D:** Características de la bomba de solución jabonosa.
- ANEXO E:** Costos de mantenimiento.
- ANEXO F:** Planos de los tanques de almacenamiento de producto terminado.
- ANEXO G:** Planos en 3D de la nueva planta de emulsiones asfálticas.
- ANEXO H:** Diagrama de la nueva planta de emulsiones asfálticas.
- ANEXO I:** Sección de diseño del código API 650.

## RESUMEN

En nuestro país, el uso de emulsiones asfálticas se ha venido fomentando desde el año 1995 con poca demanda del mercado nacional, debido en parte a la falta de conocimiento de los constructores y empresas dedicadas al mantenimiento vial. En la actualidad, los países para su desarrollo requieren de una red vial en buenas condiciones para reducir el consumo de combustibles, reducir los costos de mantenimiento vehicular y reducir los tiempos de transporte, así como para no incurrir en frecuentes gastos por motivo de reparación de las vías de comunicación internas.

Con estos antecedentes, las emulsiones asfálticas constituyen una de las mejores alternativas de mantenimiento vial preventivo, por sus ventajas de utilización en frío y su variedad, lo que nos permite utilizar este producto en todo tipo de condiciones ambientales, con mucha confiabilidad. Es por eso que, hoy por hoy, las emulsiones asfálticas están siendo utilizadas en importantes obras a nivel regional y nacional, llevadas a cabo en su gran mayoría por entidades públicas como la Empresa Metropolitana de Obras Públicas y el Ministerio de Obras Públicas, así como también por empresas del sector privado.

Las obras de mantenimiento vial generalmente requieren de importantes volúmenes de material y dependiendo de la aplicación, el tiempo de abastecimiento requerido por los clientes cada vez es menor. En el último año, los pedidos mínimos de clientes importantes de la empresa CHOVA DEL ECUADOR son de 5.000 gl. (19.000 Kg.).

Tomando en cuenta los antecedentes mencionados, el presente proyecto tiene como objetivo principal el rediseño de las instalaciones de la planta de producción de emulsiones asfálticas de la empresa CHOVA DEL ECUADOR, en el cual se contempla la demanda del mercado consumidor, parámetro que obliga a la empresa a ampliar su capacidad productiva.

El proyecto contempla renovar la actual planta de producción de 5 TPH (1.300 gl/h - 5.000 Kg./h), a una planta de 16 TPH (4.200 gl/h - 16.000 Kg./h), de tal manera que la empresa esté en capacidad de abastecer las necesidades crecientes del mercado.

La actual planta de producción de emulsiones asfálticas tiene 15 años de uso, es diseñada para un proceso por Batch, trabaja a un 70% de su capacidad nominal teórica debido al tiempo de vida que lleva operando. Actualmente la planta de emulsiones asfálticas se encuentra alejada de las fuentes de calentamiento (calderos) y de los tanques de almacenamiento de asfalto, razón por la que se requiere de tuberías de mayor longitud, lo que ocasiona pérdidas de calor y por tanto, mayor consumo de combustible para el calentamiento de los materiales involucrados en el proceso productivo. Además, la vida útil de la planta de emulsiones actual ha alcanzado los 15 años previstos, razón por la que los costos de mantenimiento y reparaciones son mayores. Como ejemplo se puede citar la actual tubería de asfalto, que tiene una longitud de 60 m, la misma que se encuentra deteriorada por el uso y los continuos cambios de temperatura.

El proyecto incluye también el diseño de un recuperador de calor de los gases de escape del caldero, en el cual se subirá la temperatura del agua que entra al proceso, evitando el uso de una línea de aceite térmico para este fin y genera un menor impacto ambiental por el hecho de utilizar menor cantidad de combustible para calentar el agua, así como disminuye de la temperatura de chimenea, por lo que los gases que salen al ambiente lo hacen a menor temperatura y se reduce el calentamiento ambiental.

En definitiva, el presente proyecto se centra en la total readecuación de la actual planta de emulsiones asfálticas de la empresa CHOVA DEL ECUADOR, considerando los parámetros necesarios para alcanzar una alta calidad, aceptabilidad en el mercado y bajo impacto al medio ambiente.