



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TÍTULO DEL PROYECTO**

**“DISEÑO CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA ESTACIÓN DE  
PREMEZCLADO Y MEZCLADO DE ASFALTO MODIFICADO PARA  
LA EMPRESA CHOVA DEL ECUADOR S.A.”**

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**REALIZADO POR:**

**CALDERÓN SALMERÓN GABRIEL BENJAMÍN**

**GOYES ANDRADE GALO GIOVANNI**

**DIRECTOR: ING. JAVIER POZO**

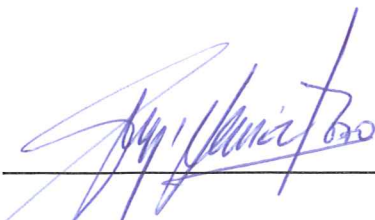
**CODIRECTOR: ING. PATRICIO RIOFRÍO**

**SANGOLQUÍ, MARZO 2015**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO****CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA****CERTIFICACIÓN DE ELABORACIÓN DE PROYECTO**

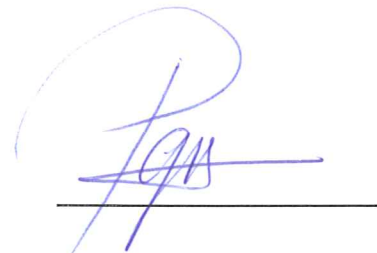
El proyecto "DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA ESTACIÓN DE PREMEZCLADO Y MEZCLADO DE ASFALTO MODIFICADO PARA LA EMPRESA CHOVA DEL ECUADOR S.A.", fue realizado en su totalidad por el señor CALDERÓN SALMERÓN GABRIEL BENJAMÍN y el señor GOYES ANDRADE GALO GIOVANNI, que ha sido guiado y revisado periódicamente, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Sangolquí, Marzo del 2015.



ING. JAVIER POZO

DIRECTOR



ING. PATRICIO RIOFRIO

COORDIRECTOR

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA  
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**NOSOTROS, CALDERÓN SALMERÓN GABRIEL BENJAMÍN**

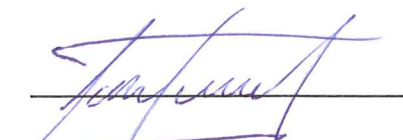
**GOYES ANDRADE GALO GIOVANNI**

**DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado "DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA ESTACIÓN DE PREMEZCLADO Y MEZCLADO DE ASFALTO MODIFICADO PARA LA EMPRESA CHOVA DEL ECUADOR S.A." ha sido desarrollado mediante investigación de sus autores y con el debido respeto a los derechos intelectuales de terceros, los mismos que han sido declarados en las citas que constan en los pies de página correspondientes además de incorporarlos en la bibliografía.

En virtud de esta declaración, aclaramos que el trabajo es de nuestra autoría y nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto.


Sangolquí, Marzo del 2015.



---

CALDERÓN SALMERÓN

GABRIEL BENJAMÍN



---

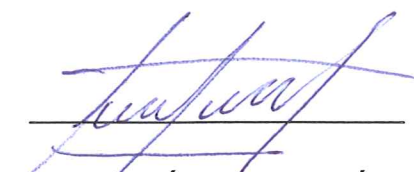
GOYES ANDRADE

GALO GIOVANNI

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO****CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA****AUTORIZACIÓN****NOSOTROS, CALDERÓN SALMERÓN GABRIEL BENJAMÍN****GOYES ANDRADE GALO GIOVANNI**

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del proyecto de grado titulado "DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA ESTACIÓN DE PREMEZCLADO Y MEZCLADO DE ASFALTO MODIFICADO PARA LA EMPRESA CHOVA DEL ECUADOR S.A.", cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, Marzo del 2015.



CALDERÓN SALMERÓN

GABRIEL BENJAMÍN



GOYES ANDRADE

GALO GIOVANNI

## DEDICATORIA

### CALDERÓN SALMERÓN GABRIEL BENJAMÍN

A la Lolita, por haberme cuidado siempre desde el cielo. Madre mía Dolorosa, que nunca podré olvidar.

A mi hija Rafaella Valentina, por ser el motor de mi vida y ser esa inspiración que me permite cada día luchar por ser una mejor persona y de hoy en adelante un mejor profesional.

A mi madre Dolores Rosalía por haber estado conmigo todos estos años en mi educación como persona y profesional. Este también es un mérito tuyo mamá.

A mi padre René Benjamín por ser mi gran ejemplo a seguir. Te respeto y te admiro mucho papá.

A mi segundo padre, mi hermano mayor Luis René, por ser ese amigo incondicional que nunca ha perdido la confianza en mí, cuando sea grande quiero ser como tú hermano.

A mi segunda madre, mi hermana mayor Diana María, por motivarme día a día a ser una gran persona.

A mi sobrina Camila y a mi sobrino Mateo, porque un día me mencionen en su tesis y se inspiren en ser cada día mejores.

A Katty por ser un ejemplo de vida y porque te mereces esta dedicatoria por todo lo que has hecho por mí.

A Julián Salazar y Pablo Escobar, dos grandes profesionales y grandes amigos, son un gran ejemplo de vida.

Por último a los Parses, en especial a Andrés, Diego y Raúl, por ser unos excelentes profesionales y por ser esos amigos incondicionales. Sé que celebran este triunfo tanto como yo y que un día llegaremos lejos amigos.

## **DEDICATORIA**

### **GOYES ANDRADE GALO GIOVANNI**

Dedico este trabajo a Dios y a Mi Madre Dolorosa, quienes supieron estar a mi lado en cada uno de los momentos buenos y malos que se me presentaron.

A mi familia, que con su paciencia y apoyo supieron entenderme y darme toda la fortaleza para que cada día sea mejor persona. A mi padre, Geovani, que siempre supo escucharme, guiarme por el mejor camino y un verdadero ejemplo como padre, hijo, amigo, siempre fue y será el mejor. A mi madre, Marcia, que con su amor incondicional en cada instante de mi vida me enseñó lo que es verdaderamente importante y simplemente se ve con los ojos del corazón. A mi hermana, Cristina, que con su madurez y fuerza de carácter sirvió para nunca darme por vencido y saber que en la vida todos los momentos malos pasan y se puede ser feliz a pesar de las circunstancias.

Y a todas las personas que estuvieron a mi lado, familiares, amigos, profesores, que con su sola presencia, sabiduría y pequeñas palabras de aliento, me brindaron su infinito apoyo.

## **AGRADECIMIENTO**

### **CALDERÓN SALMERÓN GABRIEL BENJAMÍN**

A Dios y a la Virgen Dolorosa, quien a lo largo de la vida ha sabido guiarme y protegerme siempre.

A Dolores y René, que me acompañaron durante toda la vida y me motivaron a crecer en sabiduría y espíritu.

A mis grandes amigos de la universidad Juan, Nathy, Galo y todos los que me acompañaron en este camino, de corazón gracias.

A Katty por todas esas madrugadas revisando todo el texto gracias. Te espera un gran futuro, nunca dejes de creer en ti, que este es solo el inicio de grandes éxitos.

Al Ingeniero Javier Pozo, por haberme dado la confianza de realizar un proyecto muy grande y por haber siempre estado pendiente de todo.

Al Ingeniero Patricio Riofrío por los conocimientos aportados y por el trabajo dedicado en este proyecto.

A mi amigo “gran jefe” Patricio Crespo. Eres un genio bro y me enorgullezco de haber participado en este proyecto contigo. Nos quedó muy bien hermano.

A Chova del Ecuador S.A. por ser una gran empresa y haberme dado la oportunidad de plasmar mis conocimientos en un gran proyecto. Sigán adelante

## **AGRADECIMIENTO**

### **GOYES ANDRADE GALO GIOVANNI**

Agradezco a Dios y a mi Madre Dolorosa, por brindarme una segunda oportunidad para vivir, y valorar todo lo que tengo a mi alrededor.

A mi familia por brindarme el apoyo, los miles de consejos y en sí su infinito amor.

A mis amigos que con su amistad me hicieron recordar que a pesar de las dificultades siempre estarán para no dejarme caer, y a Caro que con su amor me ayudó a saber que esta etapa que finaliza es mejor si se tiene a alguien especial a lado con quien compartir todos los momentos que la vida nos ofrece y saber que cada día hay razones para sonreír.

A mi colegio San Gabriel y maestros que supieron forjarme con los mejores valores, para que en el futuro sea mejor persona para ayudar a los demás.

Gracias a los Ingenieros, Javier Pozo y Patricito Riofrío, que con sus conocimientos, experiencias y paciencia supieron guiarme y formarme como un mejor profesional.

Un agradecimiento especial a Chova S.A, por abrirme sus puertas y darme todas las facilidades para que culmine con éxito todos los objetivos planteados, y darme la mano para vencer las dificultades que se presentaron.

A Gabriel, por ser mi compañero y amigo que siempre estuvo para motivarme y para recordarme que juntos terminaríamos nuestra tesis, gracias por todo tu esfuerzo y por todo el tiempo de anécdotas y trabajo compartido.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES .....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.1.1. INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL ECUADOR .....	1
1.1.2. HISTORIA DE LA EMPRESA .....	3
1.1.3. CRECIMIENTO DE LA DEMANDA EN CHOVA DEL ECUADOR S.A. ....	4
1.1.4. SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LÁMINAS IMPERMEABILIZANTES .....	5
1.1.4.1. PROCESO DE PREMEZCLADO Y MEZCLADO DE ASFALTO MODIFICADO EN LA PLANTA DE CASHAPAMBA.....	7
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	8
1.3. OBJETIVOS.....	9
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	9
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	9
1.4. ALCANCE.....	10
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	11
1.6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	11
1.6.1. LÍNEAS DE TUBERÍAS.....	12
1.6.2. BOMBAS DE TRANSPORTE .....	13
1.6.3. RECIPIENTES .....	14
1.6.4. ESTRUCTURAS .....	15
1.7. METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	15
2. MARCO TEÓRICO .....	17
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LÁMINAS IMPERMEABILIZANTES.....	17
2.1.1. PREPARACIÓN DE ASFALTO MODIFICADO .....	17

2.1.2.	LÁMINAS IMPERMEABILIZANTES .....	25
2.2.	FLUIDOS DE TRANSPORTE .....	27
2.2.1.	ASFALTO AC-20.....	27
2.2.2.	ASFALTO POLIMERIZADO .....	29
2.2.3.	ASFALTO MODIFICADO .....	31
2.2.4.	ACEITE TÉRMICO TEXATHERM 46.....	32
2.3.	SISTEMAS DE FLUIDOS TÉRMICOS .....	34
2.3.1.	FLUIDOS TÉRMICOS PARA ADICIÓN DE CALOR .....	34
2.3.2.	ELEMENTOS DEL SISTEMA .....	36
2.4.	SISTEMA DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS .....	41
2.4.1.	NORMA B31 .....	41
2.4.2.	SECCIÓN B 31.3.....	42
2.4.3.	SISTEMA BRIDADO DE TUBERÍAS .....	42
2.4.4.	ENCAMISADO DE TUBERÍAS .....	47
2.4.5.	VÁLVULAS.....	50
2.5.	SISTEMA DE BOMBEO .....	57
2.5.1.	BOMBAS PARA LÍQUIDOS VISCOSOS .....	58
2.5.2.	BOMBAS ROTATORIAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO .....	60
2.6.	ESTRUCTURAS METÁLICAS DE ACERO .....	64
2.6.1.	CARGAS APLICADAS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS .....	65
2.6.2.	SAP 2000 .....	66
3.	DISEÑO.....	67
3.1.	DISTRIBUCIÓN DEL PROYECTO .....	67
3.1.1.	DISTRIBUCIÓN DENTRO DE LA NAVE INDUSTRIAL .....	67
3.1.2.	SISTEMA DE TUBERÍAS FUERA DE LA NAVE INDUSTRIAL .....	71
3.2.	ENSAYOS REOMÉTRICOS DE MATERIALES .....	71

3.3. ESTACIÓN DE PREMEZCLA.....	73
3.3.1. REQUERIMIENTOS.....	73
3.3.2. DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN (P&ID) DE LA ESTACIÓN DE PREMEZCLA .....	74
3.3.3. PREDISEÑO DEL RECIPIENTE PREMEZCLADOR .....	75
3.3.4. ESTRUCTURA DE SOPORTE DE RECIPIENTES PREMEZCLADORES Y ACCESO.....	83
3.3.5. RED DE TUBERÍA DE RECIRCULACIÓN.....	113
3.4. DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE MEZCLADO.....	124
3.4.1. DISEÑO DEL DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN (P&ID) .....	124
3.4.2. ESTRUCTURA DE ACCESO.....	126
3.4.3. RED DE TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN .....	149
3.4.4. RED DE TUBERÍA DE DESCARGA .....	157
3.5. TUBERÍA DE ASFALTO AC-20.....	168
3.5.1. REQUERIMIENTOS EN RED DE TUBERÍA DE ASFALTO AC-20 .....	168
3.5.2. DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN (P&ID)	168
3.5.3. DISPOSICIÓN DE TUBERÍAS.....	170
3.5.4. CÁLCULO DEL FLUJO .....	173
3.5.5. CÁLCULO DE PÉRDIDAS .....	174
3.5.6. SELECCIÓN DE LA BOMBA .....	179
3.6. CÁLCULO DEL ESPESOR MÍNIMO EN TUBERÍAS Y BRIDAS..	183
3.6.1. CÁLCULO DE ESPESOR DE LA TUBERÍA .....	183
3.6.2. SELECCIÓN DE CLASE DE BRIDAS.....	186
3.7. DISEÑO TÉRMICO.....	187
3.7.1. REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO DEL ACEITE TÉRMICO.	188

3.7.2.	DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN (P&ID)	188
3.7.3.	CÁLCULO .....	188
4.	CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN .....	203
4.1.	DOCUMENTACIÓN PARA LA MANUFACTURA Y MONTAJE ....	203
4.1.1.	DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN (P&ID)	203
4.1.2.	PLANOS CONSTRUCTIVOS Y DE ENSAMBLAJE .....	203
4.1.3.	DIAGRAMAS DE PROCESO .....	203
4.2.	CONSTRUCCIÓN .....	203
4.2.1.	CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA ESTACIÓN DE PREMEZCLA.....	203
4.2.2.	CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA ESTACIÓN DE MEZCLADO .....	207
4.2.3.	MONTAJE E INSTALACIÓN DE RECIPIENTE PREMEZCLADOR.....	214
4.2.4.	MONTAJE DE BOMBAS.....	215
4.2.5.	MONTAJE E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS .....	215
4.2.6.	ENSAMBLE FINAL.....	218
5.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....	221
5.1.	PROCEDIMIENTO PARA PRUEBAS.....	221
5.2.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	231
5.2.1.	PARÁMETROS MECÁNICOS .....	231
5.3.	CONTROL DE CALIDAD EN PRODUCTO FINAL .....	235
6.	ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO .....	237
6.1.	ANÁLISIS FINANCIERO.....	237
6.1.1.	COSTOS DE MATERIALES DIRECTOS .....	237
6.1.2.	COSTO DE MANO DE OBRA DIRECTA .....	245
6.1.3.	COSTO INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN .....	246

6.1.4. COSTOS TOTALES DEL PROYECTO.....	247
6.2. ANÁLISIS ECONÓMICO .....	247
6.2.1. INVERSIÓN .....	247
6.2.2. BENEFICIO.....	248
6.2.3. ÍNDICES ECONÓMICOS / FINANCIEROS DEL PROYECTO .....	252
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	255
7.1. CONCLUSIONES .....	255
7.2. RECOMENDACIONES.....	257
BIBLIOGRAFÍA.....	258
ANEXOS.....	263

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aportes del Sector de la construcción al PIB. ....	2
Figura 2. Principales contribuciones por industrias al PIB del 2013.....	3
Figura 3. Histórico de Ventas.....	5
Figura 4. Proceso de impregnación .....	6
Figura 5. Calibración de espesores. ....	6
Figura 6. Polímero adicionado para la modificación de asfalto .....	7
Figura 7. Molino trigonal de recirculación y trituración de asfalto modificado	7
Figura 8. Esquema del proyecto .....	12
Figura 9. Metodología del Proyecto .....	16
Figura 10. Recipientes de almacenamiento de asfalto .....	18
Figura 11. Esquema de Línea de asfalto AC-20 .....	19
Figura 12. Polímero LG SBS-411 .....	20
Figura 13. Diagrama de proceso de asfalto polimerizado.....	22
Figura 14. Línea de transporte de asfalto modificado.....	24
Figura 15. Línea de producción de láminas impermeabilizantes .....	25
Figura 16. Descripción de la línea de laminación.....	26
Figura 17. Utilización de productos asfálticos a nivel mundial .....	27
Figura 18. Clasificación de productos LG Chem.....	29
Figura 19. Propiedades del aceite térmico Texatherm 46.....	34
Figura 20. Sistema de fluido térmico.....	36
Figura 21. Caldera Acuotubular .....	37
Figura 22. Configuración de caldera Pirobloc GTF 060 .....	38
Figura 23. Tanque de expansión Chova del Ecuador S.A. ....	40
Figura 24. Bridas comerciales.....	43

Figura 25. Brida Welding Neck .....	44
Figura 26. Brida Slip On.....	45
Figura 27. Brida roscada.....	45
Figura 28. Brida Ciega .....	46
Figura 29. Brida Socket Weld .....	47
Figura 30. Esquema de tubería enchaquetada .....	47
Figura 31. Típica tubería encamisada.....	48
Figura 32. Tubería recta encamisada .....	49
Figura 33. Tee Igual encamisada.....	49
Figura 34. Esquema válvula de alivio de presión.....	52
Figura 35. Esquema válvula de compuerta.....	54
Figura 36. Esquema de válvula de globo .....	55
Figura 37. Esquema Válvula de bola .....	57
Figura 38. Características cualitativas de bombas de desplazamiento positivo y bombas centrífugas.....	59
Figura 39. Bomba de engranes internos.....	61
Figura 40. Funcionamiento de una bomba de engranes internos.....	62
Figura 41. Bomba de engranes externos.....	63
Figura 42. Funcionamiento de una bomba de engranes externos.....	63
Figura 43. Layout de distribución de la nave industrial.....	69
Figura 44. Lugar físico para la construcción de las estaciones de premezcla y mezcla. ....	70
Figura 45. Distribución Esquemática. ....	70
Figura 46. Rack de tuberías.....	71

Figura 47. Viscosidad Promedio de asfalto polimerizado y modificado .....	72
Figura 48. Diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) Estación de premezcla. ....	75
Figura 49. Eficiencia de la junta soldada .....	77
Figura 50. Tamaño óptimo del recipiente.....	78
Figura 51. Cabeza toriesférica .....	80
Figura 52. Factor M.....	80
Figura 53. Selección de bridas.....	81
Figura 54. Estructura de la estación de premezcla .....	84
Figura 55. Numeración de elementos. ....	86
Figura 56. Perfil IPE 200 .....	87
Figura 57. Perfil IPE 120 .....	87
Figura 58. Canal U 100x50x3 .....	87
Figura 59. Características perfil IPE 200 .....	88
Figura 60. Características perfil IPE 200 .....	88
Figura 61. Características perfil IPE 200 .....	88
Figura 62. Asignación de perfiles a cada elemento .....	89
Figura 63. Visualización de dirección de perfiles .....	89
Figura 64. Restricciones de movimientos en anclajes .....	90
Figura 65. Zonas de carga por peso de la plancha.....	92
Figura 66. Aplicación de cargas por peso de plancha zona 1.....	93
Figura 67. Aplicación de cargas peso de plancha zona 2.....	94
Figura 68. Aplicación de cargas peso de plancha zona 3.....	95
Figura 69. Aplicación de cargas por peso de plancha zona 4.....	96



Figura 70. Carga de personas .....	97
Figura 71. Zona de carga de polímero.....	97
Figura 72. Carga de polímero .....	98
Figura 73. Puntos de carga de recipiente vacío.....	99
Figura 74. Aplicación de carga por recipiente vacío .....	99
Figura 75. Carga de fluido dentro del recipiente .....	100
Figura 76. Carga lateral por sismo aplicada a la estructura.....	103
Figura 77. Análisis SAP 2000 .....	104
Figura 78. Reacciones en anclajes.....	105
Figura 79. Carga axial en elemento de la estructura .....	106
Figura 80. Carga axial y diagrama de torsión elemento 41.....	106
Figura 81. Fuerzas cortantes en elementos de la estructura.....	107
Figura 82. Diagrama de fuerza cortante y momentos en elemento 55 .....	108
Figura 83. Esfuerzos combinados en la estructura .....	109
Figura 84. Esfuerzo máximo y mínimo elemento 41 .....	109
Figura 85. Disposición de tubería de recirculación .....	114
Figura 86. Puntos en la ecuación de carga dinámica total.....	119
Figura 87. Gráfica de selección Viking Pump .....	120
Figura 88. Nomenclatura bombas Viking Pump.....	121
Figura 89. Curva Bomba LS224A .....	123
Figura 90. Diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) de la estación de mezclado .....	125
Figura 91. Disposición de la estructura de mezclado.....	127
Figura 92. Numeración de elementos.....	129

Figura 93. Características del perfil rectangular 100*50*3.....	129
Figura 94. Características perfil cuadrado 100*100*3.....	130
Figura 95. Propiedades perfil rectangular 100x50x3.....	130
Figura 96. Propiedades perfil cuadrado 100x100x3.....	130
Figura 97. Asignación de perfiles en la estructura .....	131
Figura 98. Restricciones en anclajes de la estructura.....	131
Figura 99. Aplicación de la carga total 1 .....	134
Figura 100. Aplicación de la Carga total 2 .....	135
Figura 101. Resultado de la simulación en SAP 2000 .....	136
Figura 102. Reacciones en los anclajes .....	137
Figura 103. Carga axial sobre estructura.....	138
Figura 104. Carga axial y torsional del elemento 11 .....	138
Figura 105. Fuerza cortante y momento en elementos de la estructura ....	139
Figura 106. Fuerza cortante y momento máximos del elemento 9 .....	140
Figura 107. Esfuerzos combinados máximos .....	141
Figura 108. Esfuerzos máximos en el elemento 9 .....	141
Figura 109. Disposición de los pernos.....	145
Figura 110. Disposición de tuberías estación de mezclado .....	150
Figura 111. Puntos de la ecuación de la carga dinámica total .....	154
Figura 112. Presión y motor de la bomba seleccionada .....	156
Figura 113. Disposición de tuberías de descarga .....	158
Figura 114. Disposición de tuberías de descarga .....	158
Figura 115. Puntos de la ecuación de carga dinámica total.....	163
Figura 116. Curva de caudal vs viscosidad .....	164

Figura 117. Nomenclatura de bombas de Viking Pump.....	165
Figura 118. Curva característica bomba de asfalto modificado .....	167
Figura 119. Diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) de la tubería de asfalto AC-20 .....	169
Figura 120. Red de tubería de asfalto.....	170
Figura 121. Recipientes de almacenamiento de asfalto .....	171
Figura 122. Bomba y Rack de tuberías.....	171
Figura 123. Tubería de asfalto AC-20 en la estación de mezclado.....	172
Figura 124. Tubería de asfalto AC-20 en la estación de mezclado.....	172
Figura 125. Tubería de asfalto en la balsa de saturación .....	173
Figura 126. Puntos de la ecuación de carga dinámica total.....	179
Figura 127. Gráfica para seleccionar tamaño de la bomba .....	180
Figura 128. Nomenclatura de las Bombas Viking Pump.....	181
Figura 129. Curva de la Bomba LQ224A .....	183
Figura 130. Resistencia de los materiales a diferentes temperaturas.....	185
Figura 131. Selección de la clase de brida .....	187
Figura 132. Diagrama térmico de tubería de alimentación No 1 .....	190
Figura 133. Esquema de transferencia de calor en tubería .....	193
Figura 134. Esquema de transferencia de calor .....	195
Figura 135. Esquema de transferencia de calor .....	198
Figura 136. Transferencia de calor en el sistema .....	200
Figura 137. Perfiles IPE 200 e IPE 120 para la estructura.....	205
Figura 138. Cortes y Biselado de vigas y columnas .....	205
Figura 139. Nivelación vertical en columnas de soporte.....	205

Figura 140. Columnas de soporte colocadas a medida .....	206
Figura 141. Armadura principal ensamblada .....	206
Figura 142. Soldadura de los arcos principales .....	208
Figura 143. Arcos principales (soldados).....	208
Figura 144. Montaje de largueros superiores .....	209
Figura 145. Escaleras para evitar tubería .....	209
Figura 146. Construcción de placas y pasamanos .....	209
Figura 147. Soldadura de rodela.....	211
Figura 148. Rodelas para tubería .....	211
Figura 149. Montaje de rodelas .....	212
Figura 150. Montaje de tubería interna .....	212
Figura 151. Tubería encamisada sin brida.....	212
Figura 152. Tubería encamisada con bridas.....	213
Figura 153. Tuberías de aceite térmico (Sin camisa).....	213
Figura 154. Tuberías para productos asfálticos .....	213
Figura 155. Llegada de recipiente premezclador .....	214
Figura 156. Posicionamiento del recipiente sobre la estructura.....	214
Figura 157. Instalación de bombas .....	215
Figura 158. Montaje de tubería de aceite térmico.....	216
Figura 159. Conexiones de aceite térmico.....	217
Figura 160. Montaje de tubería de asfalto polimerizado .....	217
Figura 161. Montaje de tubería de premezclador .....	217
<i>Figura 162. Bomba de asfalto polimerizad AC-20 VIKING PUMP LS224-A</i> .....	218

Figura 163. Estación de premezcla.....	218
Figura 164. Estación de mezclado.....	219
Figura 165. Red de Tuberías de aceite térmico, asfalto AC20 y Asfalto modificado .....	219
Figura 166. Bomba de aceite térmico y zona de calderos .....	222
Figura 167. Tablero del caldero .....	222
Figura 168. Control Panel de recipientes de almacenamiento.....	223
Figura 169. Bomba de asfalto AC-20 LQ224A.....	224
Figura 170. Bomba de recirculación .....	225
Figura 171. Tablero de control.....	225
Figura 172. Tablero de temperatura premezclador.....	226
Figura 173. Carga de polímero SBS 411 .....	226
Figura 174. Mezcla incompleta con grumos .....	227
Figura 175. Mezcla homogénea y dispersa .....	228
Figura 176. Entrega del primer asfalto modificado de la nueva planta a control de calidad.....	229
Figura 177. Prueba de reblandecimiento .....	230
Figura 178. Llegada de asfalto modificado a la balsa de impregnación.....	231
Figura 179. Medición de amperaje con pinza amperimétrica.....	233
Figura 180. Primer rollo de la planta El Inga.....	235
Figura 181. Producción anual de Chova del Ecuador.....	250

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades del Asfalto AC-20 .....	28
Tabla 2. Temperaturas de carga y dispersión del asfalto polimerizado .....	30
Tabla 3. Propiedades de asfalto polimerizado .....	30
Tabla 4. Temperaturas de preparación de asfalto modificado .....	31
Tabla 5. Propiedades del asfalto modificado .....	32
Tabla 6. Características de la caldera Pirobloc GTF-060 .....	39
Tabla 7. Materiales de Bridas. ....	43
Tabla 8. Comparación entre bombas centrífugas y de desplazamiento positivo.....	59
Tabla 9. Elementos del Presente Proyecto.....	68
Tabla 10. Elementos para futuras conexiones.....	69
Tabla 11. Viscosidad de los fluidos de transporte.....	73
Tabla 12. Coordenadas Estructura Premezcla .....	85
Tabla 13. Tipos de cargas en la estructura de premezclado .....	91
Tabla 14. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada ....	101
Tabla 15. Tipo de uso, destino e importancia de la estructura.....	102
Tabla 16. Carga Axial y Torsional.....	107
Tabla 17. Fuerza cortante, momento y deflexión máxima .....	108
Tabla 18. Esfuerzos máximo y mínimo .....	110
Tabla 19. Pérdidas menores en la línea de succión de asfalto polimerizado .....	117
Tabla 20. Pérdidas menores en la línea de descarga en tubería de recirculación.....	117
Tabla 21. Coordenadas estructura de la estación de mezclado .....	128
Tabla 22. Tipos de carga estación de mezclado.....	132
Tabla 23. Carga axial y torsional máximas .....	139
Tabla 24. Fuerza cortante y momento máximo.....	140
Tabla 25. Esfuerzos combinados máximos .....	142
Tabla 26. Pérdidas menores en la línea de succión .....	153
Tabla 27. Pérdidas menores en la tubería de descarga .....	153
Tabla 28. Características de Imperpol 4000 .....	159

Tabla 29. Pérdidas menores en la línea de succión .....	161
Tabla 30. Pérdidas en la línea de descarga.....	162
Tabla 31. Pérdidas menores en la línea de succión .....	177
Tabla 32. Pérdidas menores en la línea de descarga.....	178
Tabla 33. Presiones en los sistemas. ....	184
Tabla 34. Parámetros de diseño de tubería .....	184
Tabla 35. Herramientas, materiales y equipos utilizados en la construcción de la estructura de la estación de premezclado.....	204
Tabla 36. Herramientas, materiales y equipos utilizados en la construcción de la estructura de mezclado .....	207
Tabla 37. Herramientas, materiales y equipos utilizados en la construcción de tubería.....	210
Tabla 38. Herramientas, materiales y equipos utilizados en el montaje de las tuberías.....	216
Tabla 39. Medición de Flujo en bomba de asfalto LQ224A .....	232
Tabla 40. Medición de flujo en bomba de asfalto polimerizado LS224A ....	232
Tabla 41. Medición de flujo en bomba de asfalto modificado LS224A.....	233
Tabla 42. Medida de amperaje en motores .....	234
Tabla 43. Medición de temperaturas en tanques .....	234
Tabla 44. Costo de materiales directos en el andén de la estación de mezclado .....	237
Tabla 45. Costo de materiales directos en el andén de la estación de mezclado .....	238
Tabla 46. Costo de Recipiente Premezclador.....	239
Tabla 47. Costo de consumibles.....	240
Tabla 48. Costos de materiales directos en la línea de asfalto .....	240
Tabla 49. Costo de materiales directos en la línea de asfalto polimerizado.....	241
Tabla 50. Costos materiales directos en línea de asfalto modificado .....	242
Tabla 51. Costos de materiales directos en la línea de aceite térmico .....	243
Tabla 52. Costos totales de materiales.....	244
Tabla 53. Costo de mano de obra directa .....	245
Tabla 54. Costos totales del proyecto.....	247

Tabla 55. Detalle de la Inversión realizada por CHOVA DEL ECUADOR S.A. .....	247
Tabla 56. Proyección anual de ventas .....	249
Tabla 57. Ganancias estimadas por producción y ventas.....	250
Tabla 58. Ganancia proyectada por ahorro de mantenimiento .....	251
Tabla 59. Flujo de caja proyectado a 10 años .....	252
Tabla 60. Resumen de Índices económicos / financieros del proyecto.....	253



**LISTA DE ANEXOS**

**ANEXO A:** Layout de la línea de laminación

**ANEXO B:** Hoja técnica de asfalto AC-20

**ANEXO C:** Hoja técnica de aceite térmico TEXATHERM 46

**ANEXO D:** Distribución de la nave industrial

**ANEXO E:** Procedimiento de medición de viscosidad de fluidos

**ANEXO F:** Manual de filtro MK

**ANEXO G:** Planos de recipiente premezclador ACINDEC

**ANEXO H:** Catálogo de la empresa DIPAC

**ANEXO I:** Factor Le/D para accesorios de tuberías

**ANEXO J:** Factor ft para accesorios de tuberías

**ANEXO K:** Catálogo técnico del producto IMPERPOL 3000 y 4000

**ANEXO L:** Diagrama de instrumentación y tuberías del proyecto (P&ID)

**ANEXO M:** Planos constructivos del proyecto

**ANEXO N:** Diagramas de proceso de elementos del proceso

**ANEXO O:** Control de calidad del asfalto modificado producido.

**ANEXO P:** Zonas sísmicas Tabla. Código Ecuatoriano de la Construcción

## **RESUMEN**

La industria de la construcción, de la cual CHOVA DEL ECUADOR S.A. forma parte, ha sufrido un crecimiento grande en los últimos años permitiendo que el volumen de demanda y producción en dicha empresa aumente considerablemente, motivo por el cual desde el año 2011, la empresa empieza a construir una nueva planta ubicada en el sector de El Inga. La empresa inicia su funcionamiento en la nueva planta con la producción de emulsiones asfálticas y en el año 2012 decide incorporar en dicho lugar una línea de fabricación de rollos de láminas impermeabilizantes totalmente nueva. La lámina impermeabilizante se compone de una armadura de fibra de vidrio o poliéster y un bitumen compuesto a base de asfalto AC-20, polímero y cargas minerales, el mismo que se produce en recipientes de premezclado (adición de polímero) y en recipientes de mezclado (adición de caolín y carbonato).

El presente proyecto abarca el diseño, la construcción y la instalación de los equipos y accesorios necesarios para la elaboración de este subproducto denominado asfalto modificado. El diseño contempla eficiencia en redes de tuberías y bombas, estructuras metálicas de soporte y acceso a recipientes, pre diseño de un recipiente premezclador y el diseño térmico de todo el sistema, el mismo que permite mantener a los productos asfálticos a temperaturas de proceso adecuadas durante la elaboración de un asfalto modificado que satisfaga los requerimientos de control de calidad y de producción de la empresa.

### **Palabras clave**

BOMBAS, ESTRUCTURAS METÁLICAS, RECIPIENTES DE MEZCLADO, ASFALTO, TUBERÍAS.

**ABSTRACT**

Construction industry, of which CHOVA DEL ECUADOR SA is part, has witnessed an enormous growth in these recent years, and this has allowed a significant increase of the volume of demand and production in the company. For this reason, since 2011 the company have begun to build a new industrial complex in the Inga area. The company has started its operations with the production of asphalt emulsions in their new plant, and in 2012 it was decided to incorporate there a brand-new waterproof webs manufacturing line. Waterproof web is formed by the adhesion of bitumen: AC- 20 asphalt, polymers and minerals, to a reinforcement web of fiberglass or polyester. This bitumen is produced in pre-mixing recipients (polymer addition) and mixing vessels (addition of kaolin and carbonate).

This project covers the design, construction and installation of equipment and accessories needed to prepare this sub product called modified asphalt. Design involves efficiency throughout the several pipe lines and the pump sizing, construction of metallic structures for support and access to the containers, the pre-design of the pre-mixer recipients, and the design of the entire thermal system. This thermal system allows to keep the asphalt products in a suitable process temperatures in order to prepare modified asphalt that will meet the requirements of quality control and company production.

**Palabras clave**

PUMPS, METHALIC STRUCTURE, MIX VESSEL, ASPHALT, PIPING.

## **CAPÍTULO 1**

### **1. GENERALIDADES**

En el presente capítulo se detalla la situación de la industria de la construcción ecuatoriana en la última década, dentro de cuyo sector productivo se ubica Chova del Ecuador S.A. Se describe la Empresa, el funcionamiento actual de la estación de premezclado y mezclado, en la antigua planta ubicada en el sector de Cashapamba. Además se establece el alcance, las razones por las cuales el presente proyecto constituye una necesidad para la Empresa y los objetivos que se desea alcanzar con la realización del mismo. Finalmente, se describe la metodología a aplicar en el desarrollo del proyecto.

#### **1.1. ANTECEDENTES**

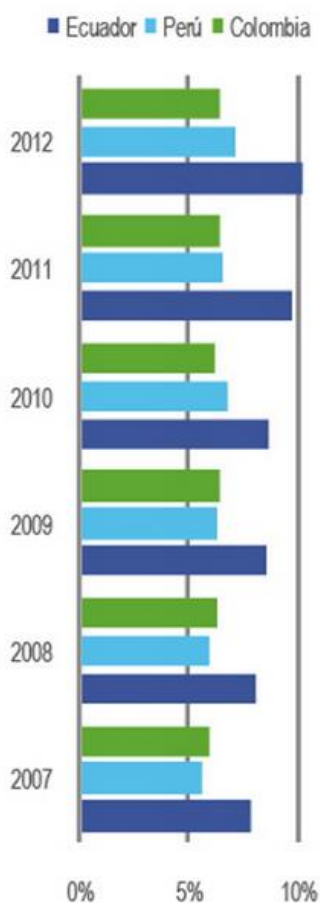
##### **1.1.1. INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL ECUADOR**

En nuestro país, la industria de la construcción constituye una fuente importante de empleo y desarrollo económico, la misma que ha presentado un crecimiento considerable en los últimos años. Cabe destacar que la crisis mundial del año 2013, no afectó al sector ecuatoriano, a diferencia de lo ocurrido en países vecinos como Perú y Colombia.

El índice de aporte de la construcción al PIB se relaciona íntimamente con la evolución económica del país, y en los últimos 12 años la tasa de crecimiento más alta es la de Ecuador con un 10%, a continuación Perú con 9% y Colombia con 8%.

En el año 2009, en Ecuador se aplican ciertas políticas para potenciar el sector inmobiliario y por su parte el gobierno realiza una fuerte inversión en el sector de la construcción vial. Estos dos sectores experimentaron altas tasas de crecimiento, siendo la industria de la construcción la segunda de mayor crecimiento en el país, con un valor de alrededor del 10% (Naveda, 2013).

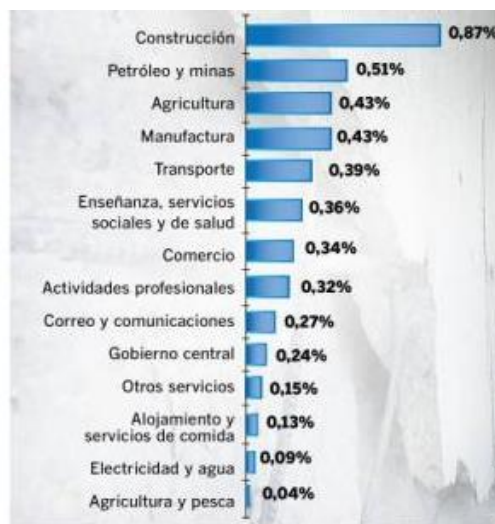
Mediante el PIB, se puede comprobar que los aportes del sector de la construcción han mantenido una tendencia de crecimiento constante en los últimos 7 años y es mayor que en los países vecinos.



**Figura 1. Aportes del Sector de la construcción al PIB.**

Fuente: Naveda, 2013 ([http://www.clave.com.ec/956-El\\_sector\\_de\\_la\\_construcci%C3%B3n\\_Ecuador\\_Colombia\\_y\\_Per%C3%BA.html](http://www.clave.com.ec/956-El_sector_de_la_construcci%C3%B3n_Ecuador_Colombia_y_Per%C3%BA.html))

En la siguiente figura, se observan las principales contribuciones por industrias al PIB en el año 2013, siendo la construcción la pionera en el desarrollo de nuestro país, aproximadamente un 0,4% superior al sector de petróleo y minas.



**Figura 2. Principales contribuciones por industrias al PIB del 2013.**

**Fuente: Diario El Universo**

**(<http://www.eluniverso.com/noticias/2014/04/23/nota/2815506/sectores-construccion-petroleo-minas-dinamizaron-crecimiento>)**

### **1.1.2. HISTORIA DE LA EMPRESA**

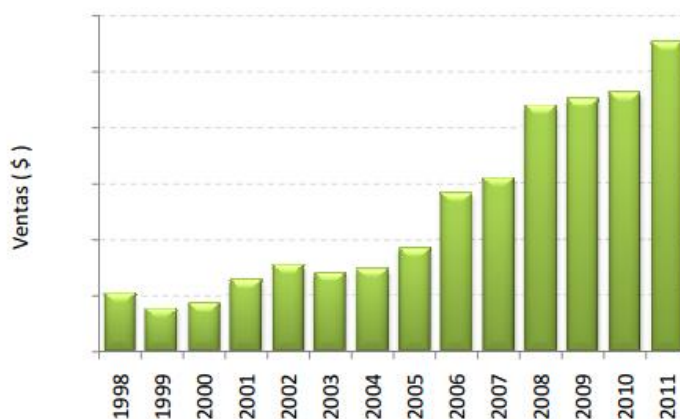
La empresa Chova del Ecuador S.A. fue fundada en 1979 y su primer Gerente fue el Ing. Vicente Alvear. Un año después se constituye Prodasfalt. En el año 1983 pasa a ser Gerente General el Ing. Ramiro Sotomayor, el mismo que desarrolla una nueva filosofía basada en el liderazgo total del mercado de impermeabilización, pasando así la Empresa a manos ecuatorianas. En la época de los noventa, la empresa supera el millón de kilogramos en ventas. Después de 4 años el proceso de Emulsiones Asfálticas entra en funcionamiento.

En el año de 1999 y 2000 se adquieren e instalan nuevos tanques mezcladores para la preparación de asfalto modificado, que permiten ampliar la capacidad de producción de láminas asfálticas. Además se obtiene el sello de Calidad ISO/QS-9000. En el año 2005, se adquieren 3 hectáreas en el sector de El Inga, donde se planea trasladar las operaciones de la planta industrial.

Posteriormente, gracias al incremento de ventas, que incluso llegan a los 5 millones de dólares, se consolidan el ingreso al mercado colombiano. Cumpliendo las regulaciones medioambientales, en el mismo año, se obtiene la licencia ambiental de la planta Cashapamba. A partir del 2009 se realizan los estudios y diseños para la nueva planta del Inga, la cual empieza a ser construida en el año 2011. Se prevé el inicio de operaciones en la planta del Inga para el mes de Noviembre del 2014 (IMPTEK, 2014).

### **1.1.3. CRECIMIENTO DE LA DEMANDA EN CHOVA DEL ECUADOR S.A.**

Entre los años 2008 a 2012, Chova del Ecuador S.A. experimenta un crecimiento del 40% en ventas, gracias a la evolución anteriormente mencionada del sector de la construcción. A la producción de láminas impermeabilizantes se le adicionan nuevas líneas como: Revestimientos Líquidos, Emulsiones Asfálticas para el sector vial, Canales y Bajantes de Agua Lluvia y Paneles Termoacústicos (poliuretano), originándose así la nueva marca que en la actualidad se conoce como "IMPTEK", la misma que brinda soluciones integrales de impermeabilización.



**Figura 3. Histórico de Ventas**

**Fuente: Chova del Ecuador S.A.**

([http://www.uasb.edu.ec/UserFiles/381/File/CALIDAD\\_CHOVA\(1\).pdf](http://www.uasb.edu.ec/UserFiles/381/File/CALIDAD_CHOVA(1).pdf))

Chova del Ecuador señaló que: “Procesa diariamente hasta 45 toneladas entre sus varios productos de asfalto modificado. La capacidad de producción de membranas asfálticas es de alrededor de 120.000 m<sup>2</sup> / mes. Se implementó dos turnos de producción” (Chova del Ecuador S.A., s.f., pág. 18).

#### **1.1.4. SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LÁMINAS IMPERMEABILIZANTES**

En la planta de Cashapamba existe una sola línea de laminación. El proceso de fabricación de impermeabilizantes laminares comienza con los rollos de poliéster y de fibra de vidrio. Dicho material pasa por un proceso de impregnación de asfalto modificado (Figura 4), el mismo que consiste en la saturación de las fibras con la mezcla de brea, polímero, carbonato de calcio y caolín denominada asfalto modificado, otorgándole al asfalto propiedades mecánicas mejoradas.





**Figura 4. Proceso de impregnación**

El proceso de laminación continúa con la calibración de espesores de la lámina asfáltica (Figura 5) y posteriormente se realiza el enfriamiento del material a través de cilindros dispuestos en el interior de una piscina de agua.



**Figura 5. Calibración de espesores.**

#### **1.1.4.1. PROCESO DE PREMEZCLADO Y MEZCLADO DE ASFALTO MODIFICADO EN LA PLANTA DE CASHAPAMBA**

En la planta de Cashapamba se cuenta con 1 recipiente de premezclado de aproximadamente 5000 litros, el cual trabaja para modificar el asfalto mediante la adición de polímero (Figura 6) en un proceso de recirculación y trituración de la premezcla accionado mediante un molino trigonal (Figura 7).



**Figura 6. Polímero adicionado para la modificación de asfalto**



**Figura 7. Molino trigonal de recirculación y trituración de asfalto modificado**

Cuando la premezcla está lista (aproximadamente una hora después de iniciado el proceso), se procede a accionar manualmente las válvulas y bombas de circulación para que el fluido pase a los recipientes de mezclado. Los dos tanques mezcladores en los que se realiza la adición de caolín y carbonato de calcio funcionan de manera paralela.

Para finalizar el trabajo de la estación de mezclado, las válvulas son accionadas y mediante un sistema de doble tubería (en una dirección aceite térmico y en la otra asfalto modificado) se transporta el asfalto modificado a las líneas de producción por la acción de la gravedad en el fluido.

## **1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Gracias al crecimiento acelerado que en los últimos años ha experimentado la industria de la construcción en el país, la empresa Chova del Ecuador S.A. ha previsto el diseño y puesta en marcha de una nueva planta de producción para Noviembre del 2014. Dentro de la nueva planta se instalarán dos nuevas líneas de fabricación de láminas impermeabilizantes.

Dentro del proceso de fabricación de láminas impermeabilizantes se contempla la necesidad de un sistema de preparación y suministro de asfalto modificado (impermeabilizante obtenido a partir de la modificación química de asfalto), que permita una generación rápida, eficiente y que cumpla estándares de calidad, además de facilitar el transporte efectivo de los fluidos que intervienen en dicho proceso.

Debido a que la nueva planta de producción carece de las estaciones de premezclado y mezclado de asfalto modificado, y de su respectivo sistema de transporte, Chova del Ecuador S.A. ha permitido que estudiantes de Ingeniería Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas sean los responsables de la ingeniería, procura y construcción de los elementos necesarios para proveer de asfalto modificado a la línea de laminación: tanque de premezcla, donde se adiciona polímero al asfalto; tanque de mezclado, donde el subproducto previamente mencionado entra a un

proceso de adición de caolín y carbonato de calcio; y un sistema de transporte de asfalto, asfalto polimerizado, asfalto modificado y aceite térmico; así como los elementos estructurales requeridos.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar, construir e instalar la estación de premezclado y mezclado de asfalto modificado para la empresa Chova del Ecuador S.A.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir el proceso de laminación con sus respectivos sistemas de generación y transporte de asfalto modificado.
- Analizar y evaluar las alternativas viables para el diseño e instalación del sistema de generación y transporte para los procesos productivos comprendidos en el área de laminación.
- Realizar el pre diseño del tanque de premezcla con una capacidad de 5500 litros.
- Diseñar y construir la estructura de soporte y acceso al recipiente de premezclado para facilitar el mantenimiento y el paso a zonas de carga.
- Diseñar y construir la estructura de acceso al recipiente de mezclado para facilitar el mantenimiento y el paso a zonas de carga.

- Diseñar y construir el sistema de transporte de fluidos que intervienen en el proceso de preparación de asfalto modificado con sus respectivos accesorios (bombas, válvulas, bridas y conexiones), teniendo en consideración que se prevé un crecimiento futuro de dicho sistema.
- Realizar las pruebas de funcionamiento y la verificación del cumplimiento de estándares de calidad.
- Elaborar el análisis económico financiero del sistema implementado.

#### **1.4. ALCANCE**

El presente proyecto comprende el proceso de generación y transporte de asfalto modificado, así como de los fluidos intervinientes en el proceso, desde la salida del asfalto de los tanques de almacenamiento, su transformación mediante la incorporación de aditivos químicos como polímeros, carbonatos, aceites plastificantes, etc., en los tanques de premezclado y mezclado, hasta su llegada a las balsas de pre-impregnación e impregnación para la elaboración de las láminas impermeabilizantes. Además se incorpora el sistema cerrado de distribución y circulación de aceite térmico que partiendo de la zona de calderos, alimenta las líneas de los tanques de premezclado, mezclado y equipos en la línea de laminación. Dicho sistema es necesario para mantener las condiciones de temperatura requeridas para el transporte y suministro de asfalto y asfalto modificado.

## **1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

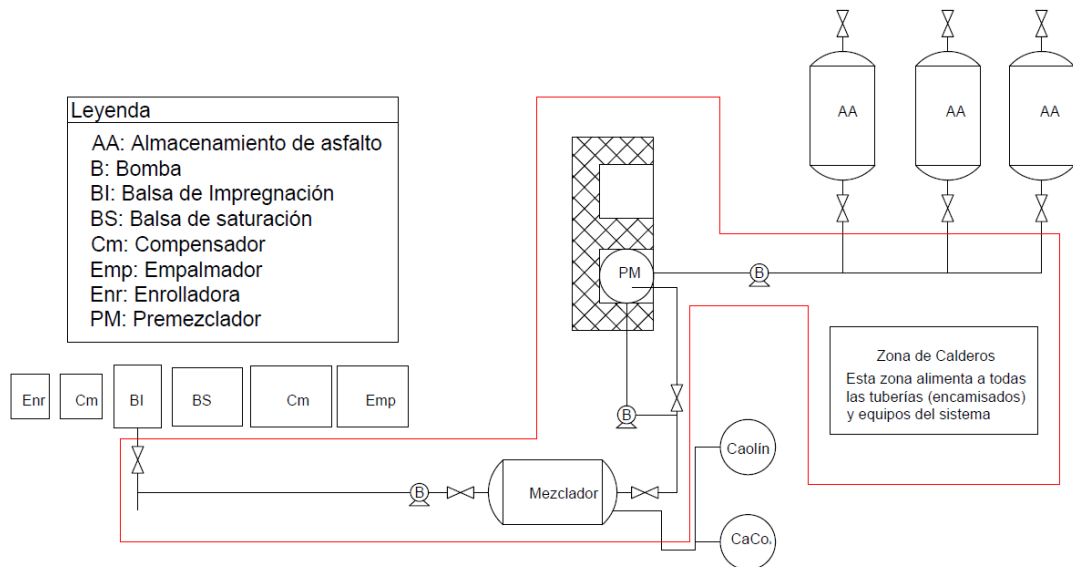
La importancia del presente proyecto radica en la necesidad de abastecer el crecimiento de la demanda de productos impermeabilizantes. Por este motivo la construcción de dos líneas de laminación permitirá a Chova del Ecuador S.A. duplicar su producción, de dos a cuatro rollos de láminas impermeabilizantes por minuto.

Además de suministrar asfalto modificado a la línea de laminación, el proyecto permitirá satisfacer requerimientos de calidad y ayudará a disminuir la cantidad de producto no conforme a causa de la inadecuada preparación o incorrecto transporte de asfalto modificado, lo que permite disminuir los costos de producción.

El presente proyecto también mejorará condiciones de mantenimiento en el sistema de transporte (tuberías) en comparación al sistema existente actualmente en la planta de producción de la empresa Chova del Ecuador S.A. en el sector de Cashapamba.

## **1.6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto de la estación de premezclado y mezclado para modificar asfalto, abarca el diseño e instalación de las líneas de tuberías desde la salida de los tanques de almacenamiento de asfalto hasta la llegada de asfalto modificado a la balsa de impregnación; el área de preparación de asfalto modificado (estación de premezclado y estación de mezclado) y la selección de bombas y accesorios necesarios en el proceso. En la figura 8 se visualiza un esquema del proyecto.



**Figura 8. Esquema del proyecto**

A continuación se detalla los elementos a ser diseñados o seleccionados para la construcción e instalación de la estación de premezclado y mezclado con su respectivo sistema de transporte.

### 1.6.1. LÍNEAS DE TUBERÍAS

Se seleccionarán los materiales, diámetros, accesorios y válvulas de las líneas de tuberías y a partir de estos datos se construirá los diferentes sistemas de transporte. Este diseño también permitirá dejar las facilidades correspondientes para conexiones futuras.

#### **1.6.1.1. LÍNEA DE ASFALTO AC-20.**

Esta línea suministrará la cantidad de asfalto necesario al recipiente premezclador, al recipiente mezclador y a la balsa de saturación. El inicio de esta línea está a la salida de los tanques de almacenamiento de asfalto.

#### **1.6.1.2. LÍNEA DE ASFALTO POLIMERIZADO**

El objetivo principal de esta red de tuberías es el permitir la recirculación de Asfalto AC-20 mezclado con polímero LG-411, para lograr una mezcla homogénea dentro del premezclador. Una vez que la mezcla de asfalto polimerizado se encuentra lista, esta línea a través de juegos de válvulas y accesorios permite el transporte hacia el mezclador.

#### **1.6.1.3. LÍNEA DE ASFALTO MODIFICADO**

Esta línea permitirá el transporte de asfalto modificado desde la salida del mezclador hacia la balsa de impregnación.

#### **1.6.1.4. LÍNEA DE ACEITE TÉRMICO**

Considerado como un sistema cerrado, esta línea permitirá el suministro a los equipos que requieran aceite térmico y a las líneas encamisadas de transporte de fluidos.

#### **1.6.2. BOMBAS DE TRANSPORTE**

Se dimensionará la capacidad requerida de cada bomba para el transporte de los fluidos descritos en la las líneas de tuberías.



#### **1.6.2.1. BOMBA DE ASFALTO AC-20**

Permitirá el suministro de asfalto a los equipos que requieren dicho fluido (premezclador, mezclador y balsa de saturación).

#### **1.6.2.2. BOMBA DE ASFALTO POLIMERIZADO**

Permitirá la recirculación de asfalto polimerizado en la estación de premezclado y enviará dicho fluido al recipiente mezclador.

#### **1.6.2.3. BOMBA DE ASFALTO MODIFICADO**

Será la encargada de otorgar la fuerza necesaria para enviar el asfalto modificado a la balsa de impregnación.

### **1.6.3. RECIPIENTES**

#### **1.6.3.1. RECIPIENTE PREMEZCLADOR**

Se realizará un prediseño del recipiente de premezclado. ACINDEC, encargado de realizar la construcción y fabricación del recipiente, realizará las correcciones pertinentes a dicho diseño.

#### **1.6.3.2. RECIPIENTE MEZCLADOR**

Se seleccionará la ubicación del recipiente considerando la respectiva colocación de tuberías y la facilidad de acceso del operador.

#### **1.6.4. ESTRUCTURAS**

##### **1.6.4.1. ESTRUCTURA DE SOPORTE Y ACCESO AL RECIPIENTE PREMEZCLADOR**

La estructura será construida proyectando la instalación de un premezclador adicional y permitiendo el acceso de operadores para manipulación de válvulas y mantenimiento. Además contará con una zona de carga mediante la cual se pueda adicionar el polímero que interviene en el proceso.

##### **1.6.4.2. ESTRUCTURA DE SOPORTE Y ACCESO A TANQUES DE MEZCLADO**

Permitirá el acceso de operadores al recipiente mezclador para la manipulación de válvulas y mantenimiento. Se diseñará con capacidad de soportar la carga manual de caolín y carbonato de calcio.

#### **1.7. METODOLOGÍA DEL PROYECTO**

Debido a que este proyecto presenta diferentes etapas, se pretende recurrir a la investigación de campo, análisis, síntesis e investigación teórica, detallado en la Figura 9.



**Figura 9. Metodología del Proyecto**

## **CAPÍTULO 2**

### **2. MARCO TEÓRICO**

En el presente capítulo se describe fundamentos y conceptos generales que serán de ayuda para el desarrollo del proyecto. Básicamente este capítulo se enmarca en la descripción del proceso de fabricación de láminas impermeabilizantes, caracterización de los fluidos empleados y el sistema térmico derivado de estos fluidos, el sistema de transporte y bombeo de dichos fluidos y finalmente las condiciones para el diseño de estructuras de soporte y acceso.

#### **2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LÁMINAS IMPERMEABILIZANTES**

El proceso de producción de láminas impermeabilizantes consta de una secuencia de pasos los mismos que tienen su origen en la modificación de asfalto llegado de la refinería y terminan en la enrolladora de producto terminado. A continuación se describen los equipos y elementos que forman parte del sistema de producción.

##### **2.1.1. PREPARACIÓN DE ASFALTO MODIFICADO**

El proceso se compone principalmente de 3 líneas de transporte de asfalto y sus mezclas (asfalto AC-20, asfalto polimerizado y asfalto modificado); un sistema cerrado de abastecimiento de aceite térmico, una zona de premezcla y otra de mezcla de asfalto. El proceso de preparación de asfalto modificado inicia con el transporte de asfalto AC-20 contenido en los tanques de almacenamiento y termina con la entrega del mismo ya modificado en la balsa de impregnación, donde la armadura de las láminas impermeabilizantes se sumerge en dicha mezcla.

### 2.1.1.1. RECEPCIÓN DE ASFALTO

El asfalto AC-20 que llega de la refinería en tanqueros de distribución se receipta en 3 recipientes de almacenamiento, cada uno de 50000 kilogramos de capacidad. Por condiciones de seguridad en los recipientes, la carga máxima es de 45000 kilogramos.

Los recipientes de almacenamiento de asfalto son los encargados de suministrar dicho fluido a la planta de emulsiones jabonosas y a la línea de fabricación de láminas impermeabilizantes.



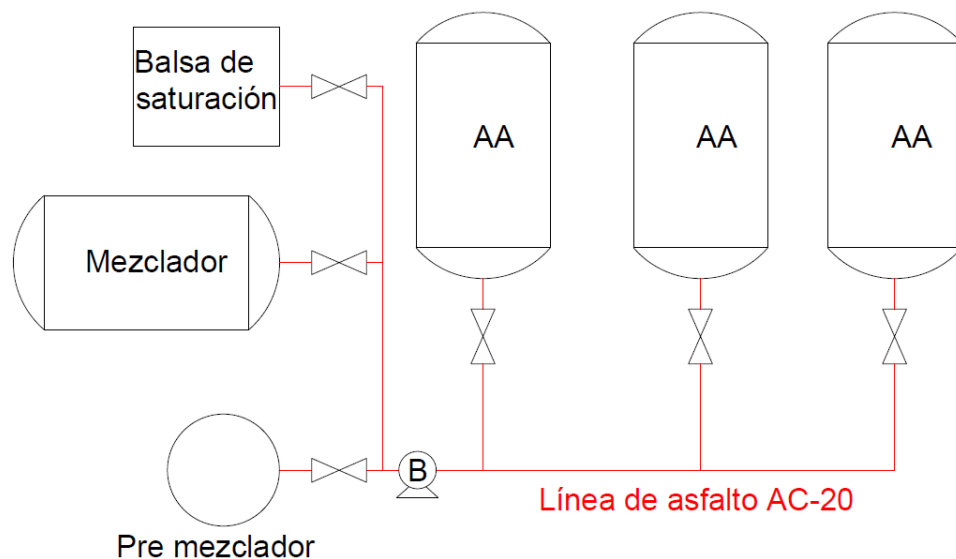
**Figura 10. Recipientes de almacenamiento de asfalto**

La cantidad de asfalto existente es monitoreada mediante un sistema SCADA, el mismo que permite establecer la cantidad exacta de este fluido dentro de cada recipiente.

Para mantener el asfalto AC-20 a una viscosidad que permita el transporte del mismo, los recipientes están equipados con un serpentín externo por el que circula aceite térmico.

### 2.1.1.2. TUBERÍA DE TRANSPORTE DE ASFALTO AC-20

Por la acción de una bomba el asfalto existente en los recipientes de almacenamiento es direccionado hacia la estación de premezclado, estación de mezclado y balsa de saturación. El ingreso y suministro a cada uno de los equipos descritos se lo realizará mediante un juego de válvulas. En la figura 11 se observa esquemáticamente la línea de asfalto a ser diseñada y construida. El asfalto debe ser transportado a una temperatura de aproximadamente 150°C.



**Figura 11. Esquema de Línea de asfalto AC-20**

### 2.1.1.3. ESTACIÓN DE PREMEZCLA Y LÍNEA DE TRANSPORTE A TANQUE MEZCLADOR

La estación de premezcla permite modificar químicamente el asfalto AC-20 proveniente de los recipientes de almacenamiento, mediante la adición de polímero LG SBS LG-411 y aceite plastificante.

El asfalto AC-20 por sí solo es frágil, motivo por el cual necesita ser mezclado con un material que mejore esta propiedad mecánica. El LG SBS LG-411 es un material copolímero en bloque de estireno-butadieno-estireno (SBS), el mismo que junto con el aceite plastificante permite otorgar al asfalto propiedades elásticas (LG CHEM, 2013).



**Figura 12. Polímero LG SBS-411**

La mezcla de asfalto AC-20 con Polímero LG SBS LG-411 y aceite plastificante se denomina “asfalto polimerizado”, cuyo procedimiento de preparación se describe a continuación:

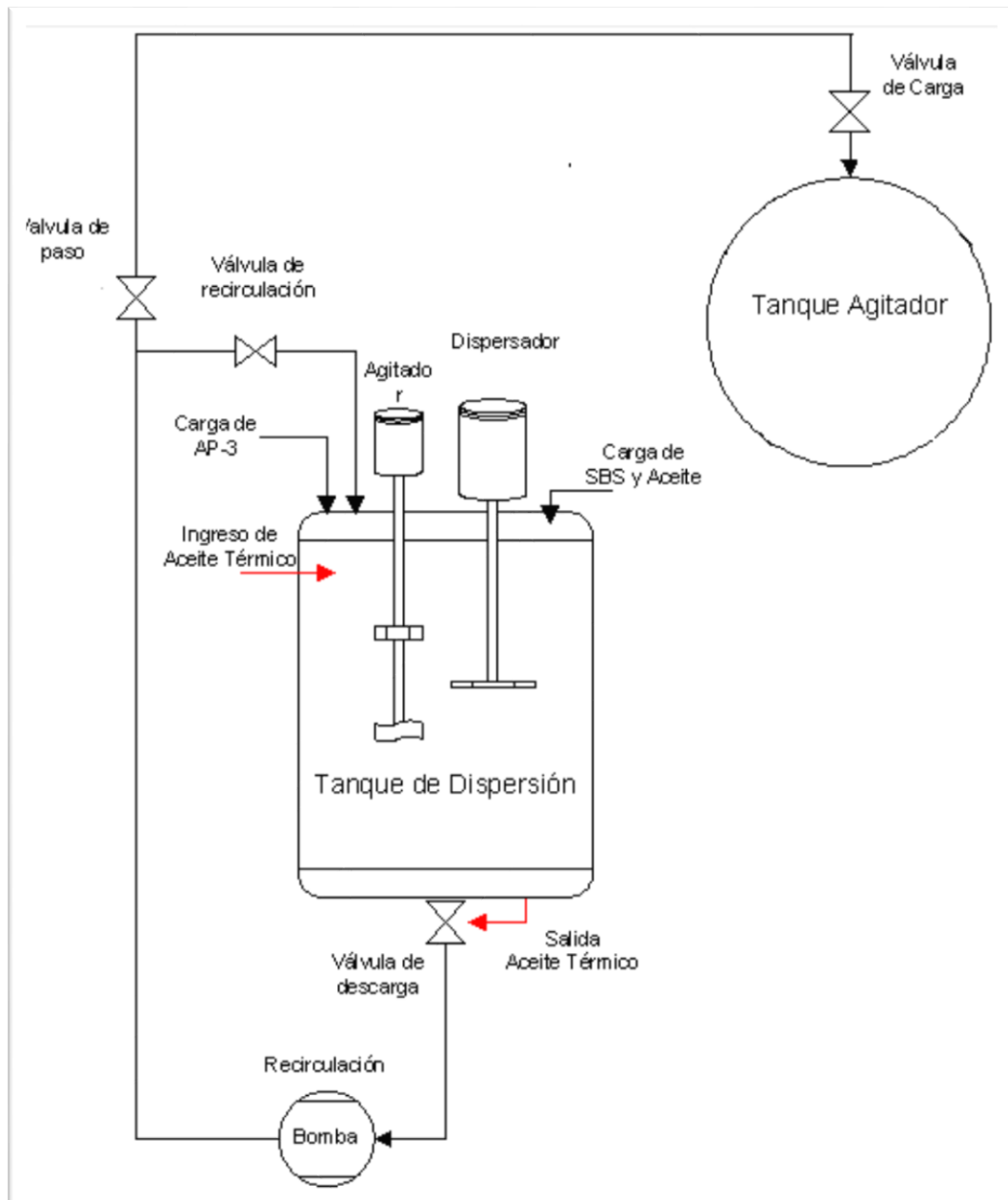
- a. Mediante el flujo de aceite térmico por el encamisado del recipiente se precalienta el tanque de dispersión o premezclador a una temperatura mínima de 180°C.
- b. Encender la bomba de transporte de los recipientes de almacenamiento de AC-20 y abrir las válvulas de ingreso de asfalto al

premezclador. Realizar la carga hasta las marcas indicadas en el recipiente premezclador.

- c. Accionar los motores de agitación y dispersión.
- d. Abrir la válvula de salida del recipiente premezclador y encender el sistema de recirculación en la estación de premezcla.
- e. Adicionar aceite plastificante.
- f. Verificar que la temperatura dentro del tanque se encuentre a 195°C.
- g. Abrir la compuerta de carga y adicionar la cantidad de polímero necesario, dependiente de cada producto.
- h. Esperar a que la mezcla se encuentre homogénea y dispersa. El proceso de dispersión dura aproximadamente una hora.
- i. Apagar los motores del agitador y dispersor.
- j. Verificar la dispersión y homogenización del polímero, extendiendo una película de asfalto polimerizado sobre una fuente de luz. La mezcla estará completa cuando no existan grumos de polímero.
- k. Cerrar la válvula de reingreso al recipiente premezclador y abrir la válvula de ingreso al sistema mezclador.



En la figura 13 se muestra el diagrama de proceso de la estación de premezcla.



**Figura 13. Diagrama de proceso de asfalto polimerizado**

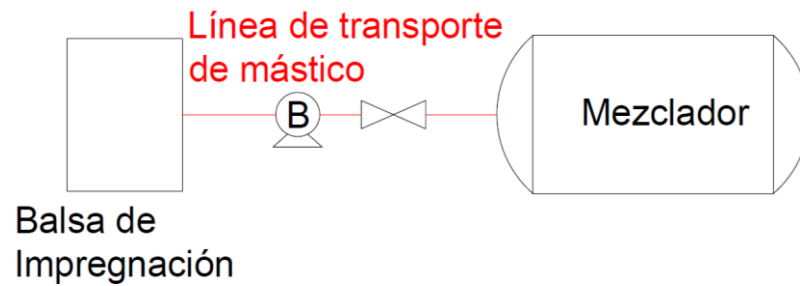
#### **2.1.1.4. ESTACIÓN DE MEZCLADO**

La estación de mezclado, permite la adición de asfalto y químicos (Caolín y carbonato de calcio) al asfalto polimerizado. Este proceso se conoce como fillerización, debido a que los químicos mencionados se denominan materiales de carga o fillers. Los pasos para la preparación final de asfalto modificado son:

- a. Cargar asfalto AC-20 hasta la cantidad indicada en el procedimiento de “Preparación de Asfalto modificado” de Chova del Ecuador S.A., de acuerdo a cada producto.
- b. Verificar la cantidad de la carga mediante las varillas de medición.
- c. Alimentar la cantidad requerida de caolín y carbonato de calcio mediante un sistema existente de tornillo sin fin o mediante carga manual.
- d. La duración del mezclado es aproximadamente 30 minutos y requiere una temperatura que fluctúa entre 145°C y 200°C.
- e. Realizar control de calidad para permitir la salida de asfalto modificado.

#### **2.1.1.5. SISTEMA DE TRANSPORTE DE ASFALTO MODIFICADO**

Una vez que la mezcla de asfalto modificado es aprobada por el control de calidad, se procede al transporte de la misma hacia la balsa de Impregnación, mediante el accionamiento de válvulas y bomba.



**Figura 14. Línea de transporte de asfalto modificado**

#### **2.1.1.6. SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE TUBERÍAS, EQUIPOS Y ACCESORIOS**

Debido a que el transporte del asfalto y sus mezclas, tienden a endurecerse o solidificarse a temperatura ambiente, todas las tuberías, equipos y accesorios que contengan productos o subproductos derivados de asfalto, deben contar con un sistema térmico que permita mantener el fluido en condiciones estables para su transporte. El fluido de calentamiento es aceite térmico, el mismo que es calentado por acción de un caldero PIROBLOC GTF 060. El fluido utilizado como combustible del caldero es Diésel 2.

A continuación se detallan los elementos que requieren de calentamiento mediante aceite térmico:

#### **EQUIPOS**

- Tanque Premezclador.
- Tanque Mezclador.
- Balsa de Saturación.
- Balsa de Impregnación.

## LÍNEAS DE TRANSPORTE

Dentro de las líneas de transporte se incluyen las tuberías, bombas y accesorios:

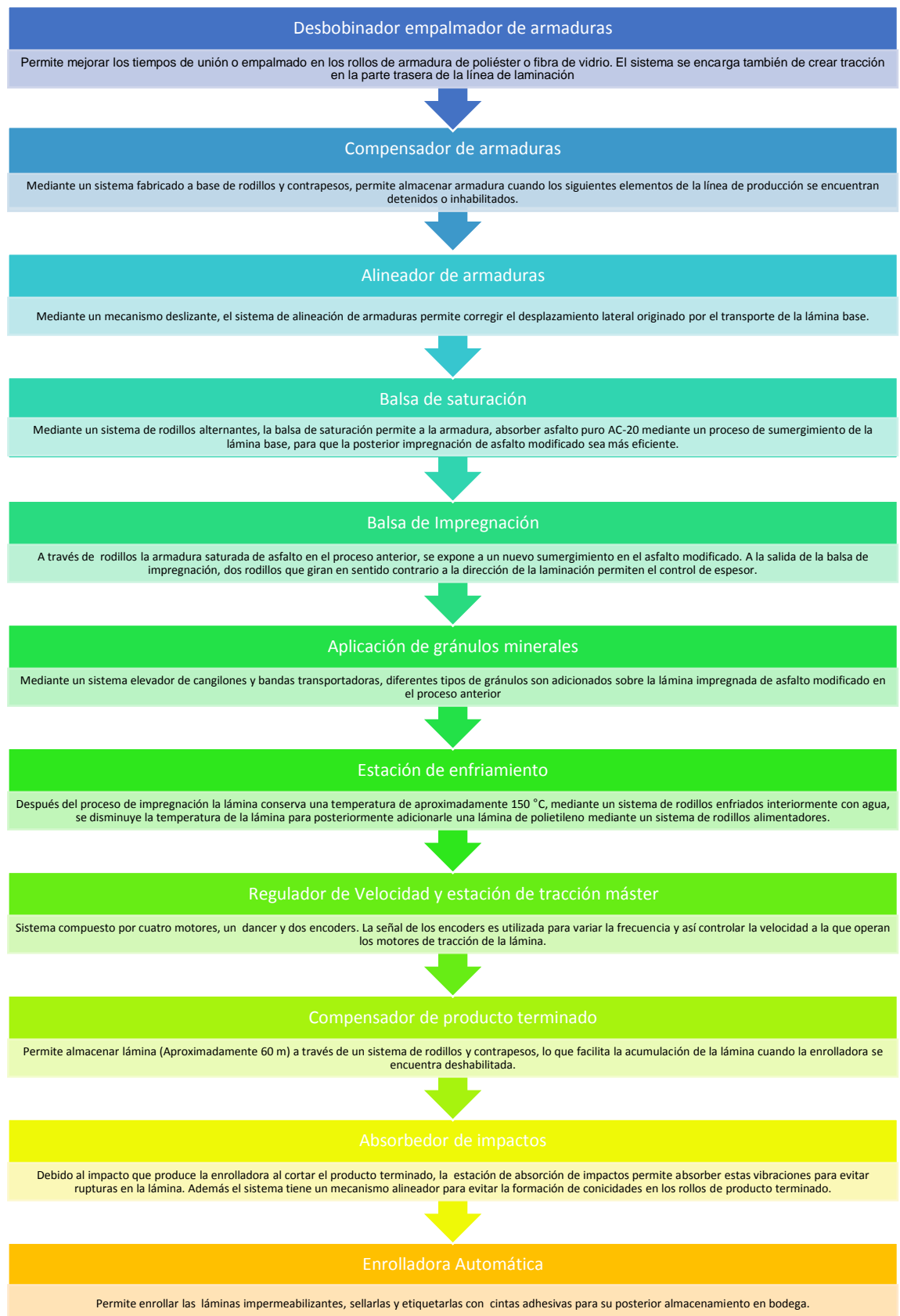
- Línea de asfalto AC-20.
- Línea de asfalto polimerizado.
- Línea de asfalto modificado.

### 2.1.2. LÁMINAS IMPERMEABILIZANTES

Las láminas impermeabilizantes producidas por la empresa Chova del Ecuador S.A. están básicamente compuestas por los siguientes elementos: armadura de poliéster o fibra de vidrio, asfalto modificado y gránulo o arena. El esquema del proceso de producción de láminas impermeabilizantes, se puede observar el Anexo A. A continuación se describen los pasos de la línea de laminación.



**Figura 15. Línea de producción de láminas impermeabilizantes**



**Figura 16. Descripción de la línea de laminación**

## 2.2. FLUIDOS DE TRANSPORTE

Los fluidos a ser utilizados en el presente proyecto son cuatro:

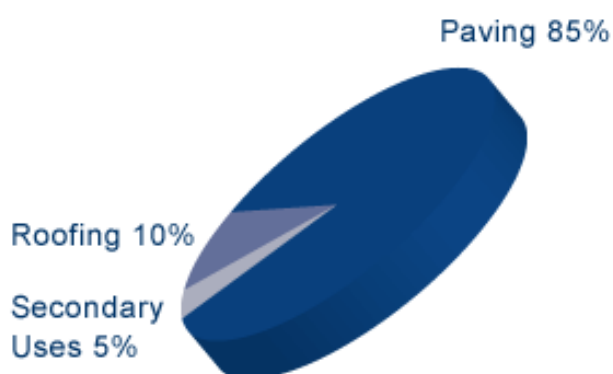
- Asfalto AC-20.
- Asfalto Polimerizado.
- Asfalto Modificado.
- Aceite térmico.

### 2.2.1. ASFALTO AC-20

#### 2.2.1.1. CARACTERÍSTICAS

El asfalto AC-20 es un bitumen compuesto a base de hidrocarburos semi sólidos (asfaltenos, resinas y aceites). Dichos hidrocarburos nacen al eliminar componentes ligeros del crudo pesado en el proceso de refinación (gas licuado de petróleo, gasolina y diésel).

El asfalto es utilizado en su gran mayoría en la industria de la construcción, de la cual el presente proyecto forma también parte. Normalmente el asfalto es mezclado con arena, gravilla o rocas, sin embargo también puede ser mezclado con componentes poliméricos con el fin de alterar sus propiedades. (EuroBitumen, 2014)



**Figura 17. Utilización de productos asfálticos a nivel mundial**

**Fuente: EuroBitumen, 2014 (<http://www.eurobitume.eu/bitumen/what-bitumen>)**

Se estima que el 10% del asfalto es utilizado en aplicaciones para techos (roofing) mientras que el 85% es utilizado en pavimentación de vías.

El asfalto AC-20 tiene características de consistencia, aglutinación y ductilidad únicas, sin embargo su principal característica es que tiene propiedades cementantes (solidificación) cuando es expuesto a temperatura ambiente. También posee la capacidad de convertir su estado a líquido cuando es expuesto a altas temperaturas.

Debido a los vapores que este componente produce, no es recomendado operar asfalto AC-20 a temperaturas mayores a 280° C, ya que la presencia mínima de una llama a esta temperatura podría ocasionar pérdidas materiales y humanas (Emulsin, 2014).

#### 2.2.1.2. PROPIEDADES

A continuación se enumeran las propiedades, que son de utilidad en el presente proyecto, sin embargo si se desea visualizar otras características técnicas del Asfalto AC-20, el Anexo B muestra la hoja técnica completa del fluido.

**Tabla 1.**  
**Propiedades del Asfalto AC-20**

Propiedad	Temperatura de medida (°C)	Unidad	Valor
Densidad	150	Kg/m <sup>3</sup>	1010
Viscosidad	135	cSt	300

Fuente: Emulsin, 2014 (<http://www.emulsin.com.mx/pdf/AC-20.pdf>)

## 2.2.2. ASFALTO POLIMERIZADO

### 2.2.2.1. CARACTERÍSTICAS

El asfalto polimerizado es un producto intermedio en la fabricación de láminas impermeabilizantes. Su elaboración se lleva a cabo en la estación de premezclado.

El asfalto polimerizado es una mezcla homogénea de Asfalto AC-20, un elastómero SBS y aceite plastificante. Las cantidades de estos elementos son dependientes del tipo de producto que se esté realizando y son propiedad y reserva de Chova del Ecuador S.A. por lo que no se mencionan en el presente documento. En la figura 18 se muestra las características y el tipo de polímero recomendado para láminas impermeabilizantes.

Product Classification

● : Excellent, ○ : Good, △ : Usable

Category			LG501	LG512	LG503	LG401	LG411
Applications by grade	Asphalt modifiers	Roads	●	●	○	○	○
		Waterproof sheets	●	○	○	○	●
	Adhesives	Hot melt	●	●	●	△	△
		Solvent	●	●	●	○	●
	Compounds	Shoes	●	●	○	○	●
		Plastic modifier	○	●	●	○	△

**Figura 18. Clasificación de productos LG Chem**

**Fuente: LG CHEM, 2013 (<http://www.lgchem.com/global/rubber-resin/sbs-styrene-butadiene-styrene>)**

El polímero utilizado en la empresa es el polímero LG411 que concuerda con la tabla del proveedor y sus aplicaciones.



La tabla 2 muestra las temperaturas de carga a las que se debe adicionar polímero y las temperaturas de dispersión en el proceso.

**Tabla 2.**

**Temperaturas de carga y dispersión del asfalto polimerizado**

PRODUCTO	TEMPERATURA DE CARGA DE POLÍMERO (°C)		TEMPERATURA DE DISPERSIÓN (°C)	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
ASFALUM	195	200	210	215
ALUMBAND	195	200	215	220
IMPERGLASS	195	200	210	215
TECHOFIELT	195	200	210	215
IMPERPOL	195	200	210	215
SUPER K	195	200	210	215
ATR	195	200	215	220
AUTOADHESIVO				
ATR	190	200	215	230
TERMOADHERIBLE				
IMPERGLASS	195	200	210	215
ESTÁNDAR				
Polibrea / Másticos	195	200	210	215

Fuente: Chova del Ecuador, 2014

#### 2.2.2.2. PROPIEDADES

Al ser un fluido únicamente utilizado por la empresa Chova del Ecuador S.A. en su proceso de fabricación de láminas impermeabilizantes, las características del producto son reservadas, sin embargo para el presente proyecto, la empresa ha proporcionado los siguientes datos de diseño:

**Tabla 3.**

**Propiedades de asfalto polimerizado**

Propiedad	Temperatura de medida (°C)	Unidad	Valor
Densidad	200	Kg/m <sup>3</sup>	1007
Viscosidad	200	cSt	----

Fuente: Chova del Ecuador, 2014

## 2.2.3. ASFALTO MODIFICADO

### 2.2.3.1. CARACTERÍSTICAS

El asfalto modificado es el principal componente de las láminas impermeabilizantes que produce Chova del Ecuador S.A. y constituye el producto final del presente proyecto.

El asfalto modificado es el asfalto polimerizado mencionado anteriormente, adicionado carbonato de calcio y caolín. Las cantidades de estos elementos son dependientes del tipo de producto que se esté realizando y las mismas son propiedad y reserva de Chova del Ecuador S.A.

Para el diseño de la estación de mezclado es necesario conocer las temperaturas de cargas y dispersión empleadas en el proceso, las cuales se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4.**

#### Temperaturas de preparación de asfalto modificado

PRODUCTO	TEMP. DE CARGA DE POLÍMERO (°C)		TEMP. DE DISPERSIÓN (°C)		TIEMPO DE DISPERSIÓN Minutos	TEMP. DE CARGAS DE FILLERS (°C)	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.		Mín.	Máx.
ASFALUM	195	200	210	215	30	180	190
ALUMBAND	195	200	215	220	45	-	-
IMPERGLASS	195	200	210	215	30	180	190
TECHOFIELT	195	200	210	215	30	180	190
IMPERPOL	195	200	210	215	30	180	190
SUPER K	195	200	210	215	30	180	190
ATR AUTOADH.	195	200	215	220	45	-	-
ATR TERMOADH.	190	200	215	230	30	220	230
IMPERGLASS ESTÁNDAR	195	200	210	215	30	180	190
Polibrea / Másticos	195	200	210	215	30	180	190

Fuente: Chova del Ecuador, 2014

### 2.2.3.2. PROPIEDADES

Al ser un fluido únicamente utilizado por la empresa Chova del Ecuador S.A. en su proceso de fabricación de láminas impermeabilizantes, las características del producto son reservadas, sin embargo para el presente proyecto, la empresa ha proporcionado los siguientes datos de diseño:

**Tabla 5.**

#### **Propiedades del asfalto modificado**

<b>Propiedad</b>	<b>Temperatura de medida (°C)</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
<b>Densidad</b>	200	Kg/m <sup>3</sup>	1007
<b>Viscosidad</b>	200	cSt	----

**Fuente: Chova del Ecuador, 2014**

Como se observa no se cuenta con los datos de viscosidad de asfalto polimerizado y modificado, los cuales son necesarios para las estaciones de premezcla y mezcla. Por este motivo se realizará pruebas de viscosidad en el reómetro de la Universidad de la Fuerzas Armadas-ESPE para determinar estos valores. Los resultados de los ensayos se muestran en el capítulo III.

### 2.2.4. ACEITE TÉRMICO TEXATHERM 46

#### 2.2.4.1. CARACTERÍSTICAS

Este es el aceite utilizado como sistema de calentamiento en la planta de emulsiones de la empresa Chova del Ecuador S.A. por lo que también se utilizará para calentar los fluidos pertenecientes a la estación de premezclado, mezclado y línea de laminación.

El Texatherm 46 es un aceite parafínico utilizado en el montaje de sistemas de transferencia de calor abiertos o cerrados. Su principal característica es que no produce carbones, lo que lo hace una opción muy buena para sistemas de calentamiento, ya que es perfecto para evitar la oxidación en sistemas de tuberías en acero (TEXACO, 2004).

La principal recomendación del fabricante es que el sistema por el que circule el Texatherm 46 debe estar libre de puntos calientes, ya que podría causar una degradación del fluido y depósitos de carbón. La velocidad de circulación recomendada es de 2 a 3 m/s.

El sistema de aceite térmico debe ser diseñado de tal manera que la bomba de transporte empiece a funcionar antes de activar el caldero y debe seguir trabajando una vez que el caldero se apague, hasta que el aceite se enfríe (CALTEX LUBRICANTS, 2012).

También es necesario un tanque de expansión ubicado en la parte más alta del sistema, de tal manera que cuando exista un exceso de temperatura, se alivien presiones en este tanque. La temperatura recomendada para el uso del Texatherm 46 es 280°C.

#### **2.2.4.2. PROPIEDADES**

Las propiedades del aceite térmico en mención se muestran en la figura 19. Si se desea leer las recomendaciones completas del fabricante se debe acudir al ANEXO C.

Product Code	1357		
ISO Grade	46		
Autoignition Temperature, °C	360		
Flash Point, COC, °C	246		
Pour Point, °C	-15		
Viscosity, mm <sup>2</sup> /s @ 40°C	46.6		
mm <sup>2</sup> /s @ 100°C	7.1		
Viscosity Index	112		
Physical & Thermal Properties versus Temperature	100°C	200°C	300°C
Density, kg/L	0.80	0.73	0.66
Dynamic Viscosity, mPa.s	5.74	1.26	0.54
Specific Heat, kJ/kg.°C	2.33	2.74	3.09
Thermal Conductivity, W/m.°C	0.117	0.103	0.089
Vapour Pressure, mmHg	0.0011	0.75	19
Coefficient of Thermal Expansion x10 <sup>-4</sup> /°C	8.3	10.0	12.5

**Figura 19. Propiedades del aceite térmico Texatherm 46.**

**Fuente: CALTEX LUBRICANTS, 2012**  
**(<http://www.caltex.com.au/FPL%20PDS/Texatherm.pdf>)**

### 2.3. SISTEMAS DE FLUIDOS TÉRMICOS

Un sistema de fluidos térmicos es un conjunto de tuberías que permite mantener u otorgar las temperaturas requeridas en los procesos industriales, mediante la adición o extracción de calor de los fluidos de proceso. En el caso del presente proyecto es necesario conocer únicamente el sistema encargado de suministrar calor al fluido.

#### 2.3.1. FLUIDOS TÉRMICOS PARA ADICIÓN DE CALOR

Para procesos industriales que requieren la adición de calor, en referencia a los fluidos, se recomiendan dos tipos de sistemas:

- Sistema de calentamiento mediante Agua y vapor de agua.
- Sistema de calentamiento mediante aceite térmico

### **2.3.1.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CALENTAMIENTO CON AGUA**

El sistema de calentamiento mediante agua y vapor de agua tiene la ventaja de ser un medio de transferencia de calor destacable debido a que el agua posee un alto calor específico y calor latente.

Otro punto a su favor es que el costo que representa manejar este sistema es muy bajo comparado con el de aceite térmico.

Sin embargo en procesos industriales como el del presente proyecto, este tipo de sistema presenta muchas desventajas como la corrosión que causa el agua al sistema de tuberías de acero y el manejo de presiones excesivamente altas. Además, el diseño del sistema cerrado que permita la condensación del vapor de agua es muy complejo y las temperaturas máximas de diseño son limitadas.

### **2.3.1.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CALENTAMIENTO CON ACEITE TÉRMICO**

El sistema de calentamiento mediante aceite térmico presenta la ventaja de ser un sistema limpio que permite evitar residuos que degraden el sistema, además de no causar corrosión en las tuberías de acero, motivo por el cual representa un sistema que otorga una larga vida útil.

Otra ventaja es que debido a la baja viscosidad del fluido de calentamiento, las pérdidas causadas en la tubería son mínimas provocando un ahorro en la energía eléctrica suministrada a la bomba (Thermal Engineering, 2014).

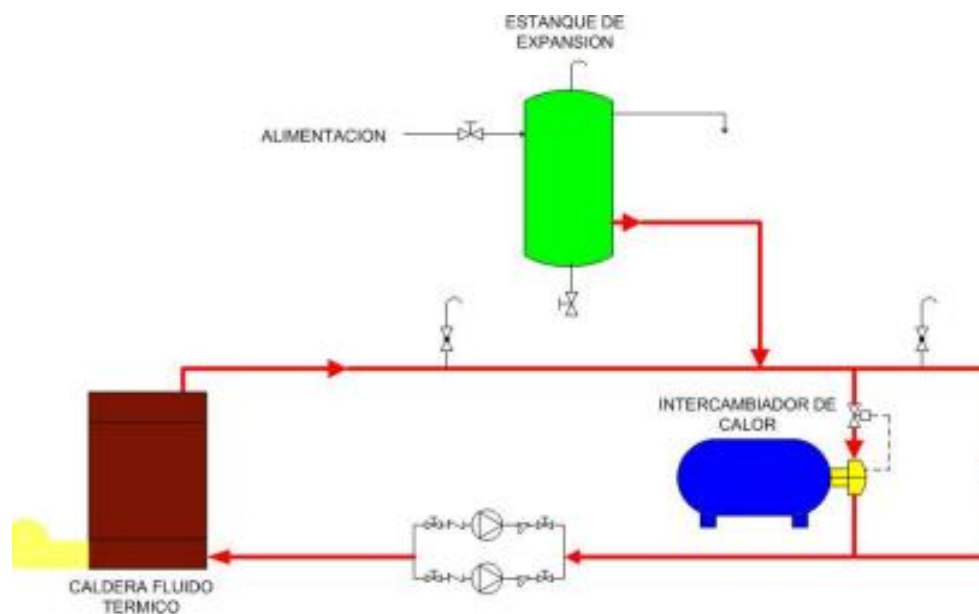
Comparado con el sistema de agua y vapor de agua, el aceite térmico provee una capacidad de transferencia de calor menor, sin embargo es buena comparada con la de otros fluidos.

En Chova del Ecuador S.A. el sistema utilizado es el sistema de calentamiento mediante aceite térmico.

### 2.3.2. ELEMENTOS DEL SISTEMA

Un sistema que sirve para el calentamiento de fluidos básicamente se compone de los siguientes tres elementos:

- Caldera
- Tanque de expansión
- Intercambiador de calor (tuberías)



**Figura 20. Sistema de fluido térmico**

**Fuente: Thermal Engineering, 2014**

([http://www.thermal.cl/prontus\\_thermal/site/artic/20110602/asocfile/20110602102250/articulo\\_calentador\\_y\\_sistemas\\_de\\_fluido\\_termico\\_a.pdf](http://www.thermal.cl/prontus_thermal/site/artic/20110602/asocfile/20110602102250/articulo_calentador_y_sistemas_de_fluido_termico_a.pdf))

### 2.3.2.1. CALDERAS

Las calderas son el “corazón” del sistema de fluido térmico. Un caldero es un equipo que permite adicionar calor a cierto fluido y elevar su temperatura para utilizarlo en aplicaciones de generación de energía, intercambiadores de calor, entre otras. Existen varios tipos de calderas clasificadas según la disposición de fluidos o según su tecnología.

#### CALDERAS GENERADORAS DE TERMOFLUIDO

Son aquellas en las que el fluido térmico de calentamiento no es el agua. Estas calderas solo pueden ser acuotubulares (FENERCOM, 2014), es decir, el fluido a ser calentado circula en el interior de un serpentín y los gases y la llama generada por la combustión circulan por el exterior de los mismos. Estas calderas son aplicadas en procesos industriales que requieren altas temperaturas a una baja presión (Viessmann, s.f.).

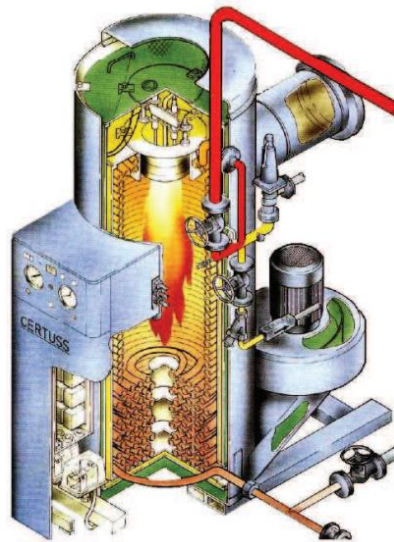


Figura 21. Caldera Acuotubular

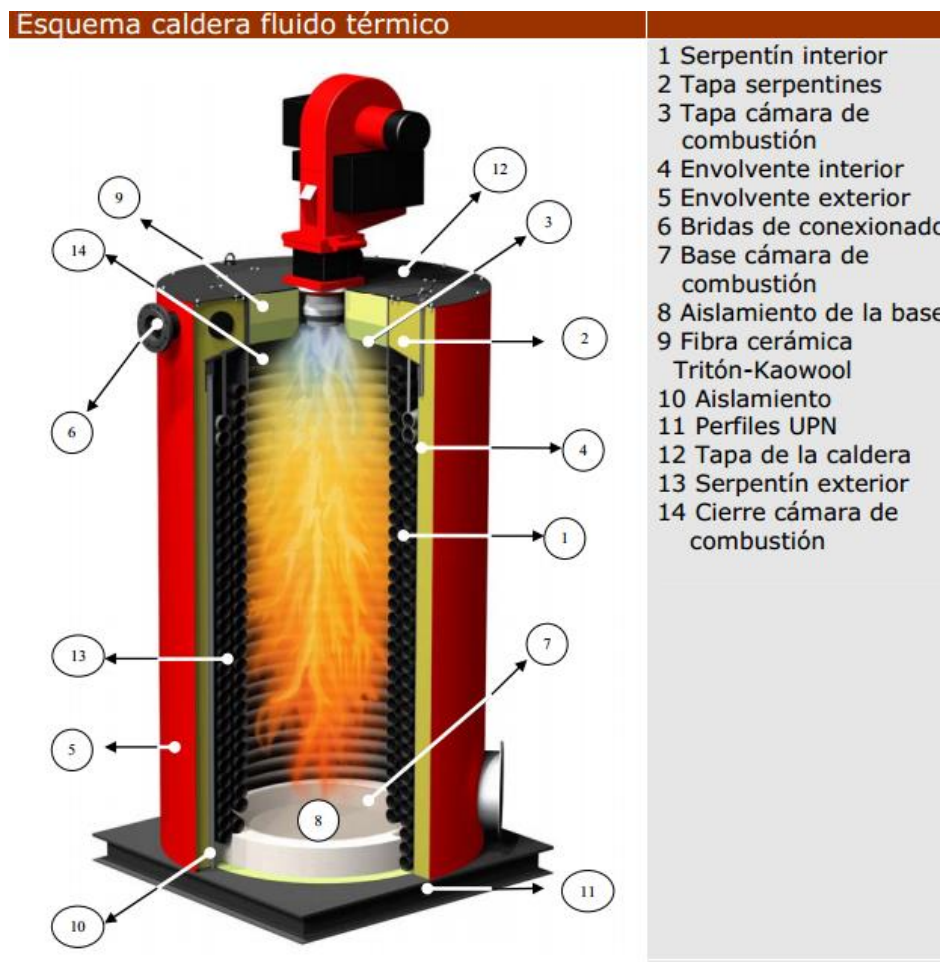
Fuente: Viessman ([http://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/13-01-23\\_Jornada%20calderas%20industriales/02-Tipologia-de-calderas-VIESSMANN-fenercom-2013](http://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/13-01-23_Jornada%20calderas%20industriales/02-Tipologia-de-calderas-VIESSMANN-fenercom-2013))



## CALDERA PIROBLOC GFT 060

En Chova del Ecuador S.A. se dispone de una caldera PIROBLOC GFT 060 para la generación de fluido térmico que trabaja para la planta de emulsiones. Esta caldera también será la encargada de elevar la temperatura de aceite térmico para las líneas y equipos pertenecientes a la estación de premezclado y mezclado.

La figura 22 muestra el esquema de la caldera existente en la empresa:



**Figura 22. Configuración de caldera Pirobloc GTF 060**

Fuente: Pirobloc, 2014

([https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/743/Calderas\\_Fluido\\_Termico\\_GFT.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/743/Calderas_Fluido_Termico_GFT.pdf))

La tabla 6 muestra las características de la caldera existente en las instalaciones de la empresa, la cual permitirá otorgar las temperaturas requeridas en los fluidos dentro de las tuberías y equipos.

**Tabla 6.**

**Características de la caldera Pirobloc GTF-060**

<b>Marca: Pirobloc S.A.</b>			
<b>Tipo</b>	Caldera de Fluido térmico	<b>Presión máxima admisible</b>	7 bar
<b>Serie</b>	GFT	<b>Presión de diseño</b>	7 bar
<b>Modelo</b>	060/20C1	<b>Presión de prueba hidrostática</b>	16 bar
<b>Número de serie</b>	826	<b>Volumen</b>	510 l
<b>Año de fabricación</b>	2012	<b>Potencia Calorífica</b>	700 kW
<b>Temperatura de diseño</b>	300 °C	<b>Temperatura máxima de servicio</b>	300 °C

**Fuente: Placa ubicada en el Caldero, Chova del Ecuador.**

El flujo que entra y sale del caldero es suministrado por una bomba centrífuga Alweiller NTT-50-160/01/260 que conjuntamente se encuentra instalada con un motor de 15 HP, proporcionando un caudal aproximado de 65 m<sup>3</sup>/h.

### **2.3.2.2. TANQUE DE EXPANSIÓN**

El aceite térmico al igual que cualquier material sufre dilatación al estar expuesto a temperaturas más altas. El tanque de expansión permite al sistema absorber esta dilatación causada por el aumento de temperatura en el sistema sin que el fluido tenga contacto con el aire.

El tanque de expansión debe ubicarse encima del punto más alto del sistema, para evitar burbujas de aire que pueden ocasionar daños en las tuberías. El tanque de expansión del sistema debe ser capaz de soportar el volumen de expansión que el fluido sufre, dependientemente del coeficiente de expansión térmica (Invest Northern Ireland, 2010).

El volumen de aceite térmico aumenta cuando aumenta la temperatura. Una referencia para obtener el porcentaje de aumento en el volumen, de acuerdo a Thermal Engineering es:

$$\%V = (\text{Coeficiente de dilatación del aceite}) * (\text{Aumento T en } ^\circ\text{C})$$

Dentro de la empresa se cuenta con un tanque de expansión ubicado por sobre la zona de calderos. La capacidad de este tanque es de 2 metros cúbicos.



**Figura 23. Tanque de expansión Chova del Ecuador S.A.**

### **2.3.2.3. INTERCAMBIADOR DE CALOR**

El sistema intercambiador de calor es representado por las tuberías encamisadas de aceite térmico. Estas tuberías cumplen la función de evitar la pérdida de calor en los fluidos asfálticos (AC-20, asfalto polimerizado o asfalto modificado) mediante un sistema de tubos concéntricos, de tal manera que por la tubería interior circule el fluido de proceso y por el espacio disponible entre la tubería interior y la tubería exterior circule el fluido de calentamiento (aceite térmico).

## **2.4. SISTEMA DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS**

El sistema de tuberías y accesorios permite el transporte de los fluidos dentro de un proceso industrial y su correcto diseño garantiza la seguridad y funcionamiento de las instalaciones, además de disminuir costos en el montaje, ya que no existirán sobredimensionamientos en dichas instalaciones.

La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) es la encargada de establecer las normas y códigos que rigen en el diseño, construcción e implementación de procesos mecánicos y recomienda que para realizar el dimensionamiento y selección de las tuberías se utilice la Norma ASME B31, la misma que especifica los requisitos de materiales, diseño, fabricación, ensamble, montaje, inspección y pruebas en las tuberías de los fluidos. Dentro de los fluidos que están dentro del alcance están fluidos químicos, productos de petróleo, gas, vapor, aire, agua, sólidos fluidizados, refrigerantes, entre otros. (ASME, 2010)

### **2.4.1. NORMA B31**

La norma ASME B31 es la encargada de establecer los requerimientos en el diseño y construcción de tubería de presión. Dicho código está dividido en varias secciones dependiendo del tipo de fluido. Dentro de los fluidos que se cubren en la norma se encuentran:

- Tubería de potencia.
- Tubería para gases derivados de petróleo.
- Tubería de proceso.
- Tubería para transporte de hidrocarburos y otros líquidos.
- Tuberías de refrigeración.
- Tuberías de servicio de edificios.
- Otros (Villavicencio, 2010).

### **2.4.2. SECCIÓN B 31.3**

La Sección 3 de la Norma ASME B31, define los requerimientos para los materiales que se emplearán en el diseño de tuberías, enfatizando la fabricación, ensamblaje, instalación, y pruebas en tuberías y accesorios que forman parte en el sistema de transporte de fluidos de proceso.

Los fluidos de trabajo cubiertos por dicha sección son: productos químicos puros, productos derivados del petróleo y del gas, vapor, agua, refrigerantes y fluidos criogénicos. Esta norma es una de las más utilizadas a nivel mundial en la industria petroquímica (Archivos ASME , 2010).

La sección B31.3 será utilizada en el proyecto para definir la instalación adecuada de redes de tuberías, dependiendo del servicio que cada red prestará dentro de la empresa. Para ello es necesario conocer los capítulos relacionados con el sistema que se va a diseñar y construir.

El capítulo I permite conocer el alcance y las definiciones de la sección. El capítulo II permitirá conocer detalles sobre condiciones de diseño dentro de la red: Temperaturas, presiones y fuerzas en la tubería. Los materiales de las tuberías y accesorios se detallan en el Capítulo III. El capítulo IV se compone de las normas para componentes de tuberías. Las especificaciones de la fabricación, montaje e instalación se encuentran en el capítulo V y los requerimientos de inspección, examen y prueba en el capítulo VI.

### **2.4.3. SISTEMA BRIDADO DE TUBERÍAS**

En un sistema de tuberías la unión entre un tubo y otro se lo hace por medio de elementos llamados bridas. Esta unión también se la realiza en válvulas, bombas u otros equipos que estén dentro del diseño de la instalación. En la actualidad se puede adquirir estos elementos en dos

presentaciones. La primera es totalmente separada del elemento a unir y la segunda es unida desde fábrica a dicho elemento (Tuberías VISA, s.f.).



**Figura 24. Bridas comerciales**

Fuente: Wermac, 2014

([http://www.wermac.org/flanges/flanges\\_welding-neck\\_socket-weld\\_lap-joint\\_screwed\\_blind.html](http://www.wermac.org/flanges/flanges_welding-neck_socket-weld_lap-joint_screwed_blind.html))

#### 2.4.3.1. MATERIALES

Las bridas están disponibles en diferentes materiales que se los pueden ver en la siguiente tabla.

**Tabla 7.**

#### **Materiales de Bridas.**

<b>ACERO AL CARBONO</b>	A105	A350LF2	A105NLC		
<b>ALEACION DE CROMO</b>	A182F5	A182F9	A182F22	A182F11	
<b>ACERO INOXIDABLE</b>	A182F304	A182F316/L	A182F317L	A182F321	A182F347
<b>ALUMINIO</b>	1100	2014	3003	6061	7075
<b>EXOTICO</b>	HASTALLOY	MONEL	INCONEL	INCOLLOY	TITANIO
<b>COBRE</b>	CU-NI	BRONCE			
<b>PLASTICOS</b>	PVC	HDPE	CPVC	C900	
<b>HIERRO</b>	DUCTIL	HIERRO FUNDIDO			
<b>OTROS</b>	PLASTIC DE FIBRA REINFORZADO				

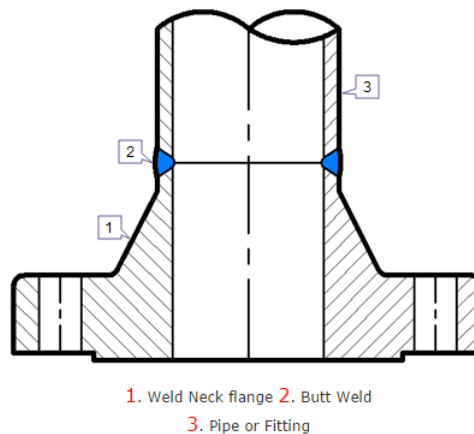
Fuente: Traeger, 2012

([http://www.traeger-espanol.com/flange\\_distributor.html](http://www.traeger-espanol.com/flange_distributor.html))

### 2.4.3.2. TIPOS DE BRIDAS

#### WELDING NECK (CON CUELLO BISELADO, SOLDABLE A TOPE)

Se caracterizan por presentar un cuello en la parte central de la brida, el cual va ayudar de refuerzo cuando se apliquen altas temperaturas, alta presión o temperaturas bajo cero. El refuerzo de espesor de la brida a la tubería, es beneficioso, en condiciones de fatiga con un esfuerzo de flexión, las cuales son causadas por la expansión de la línea. Tienen un costo elevado en comparación a los otros tipos de brida.

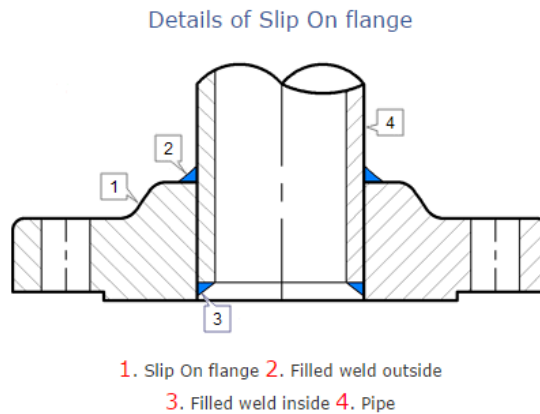


**Figura 25. Brida Welding Neck**

**Fuente: Wermac 2014 ([http://www.wermac.org/flanges/flanges\\_welding-neck\\_socket-weld\\_lap-joint\\_screwed\\_blind.html](http://www.wermac.org/flanges/flanges_welding-neck_socket-weld_lap-joint_screwed_blind.html))**

#### SLIP-ON (DESLIZABLE)

Son las más comunes en procesos industriales y su característica esencial es que su diseño no tiene una conexión directa al accesorio o recipiente. Por ello siempre es necesario un tramo de tubería conectada a esta brida. (Nayyar, 2000). Este tipo de bridas serán utilizados en el presente proyecto.

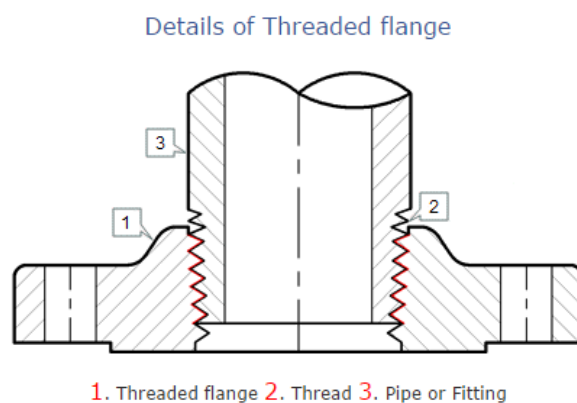


**Figura 26. Brida Slip On**

**Fuente: Wermac 2014 ([http://www.wermac.org/flanges/flanges\\_welding-neck\\_socket-weld\\_lap-joint\\_screwed\\_blind.html](http://www.wermac.org/flanges/flanges_welding-neck_socket-weld_lap-joint_screwed_blind.html))**

## THREADED (ROSCADA)

Su ventaja principal es que se evita la realización de soldaduras al momento de realizar las uniones con otras tuberías. Solo en ciertos casos se utiliza una soldadura de sellado para sellar completamente a la tubería con la brida y así evitar posibles fugas.



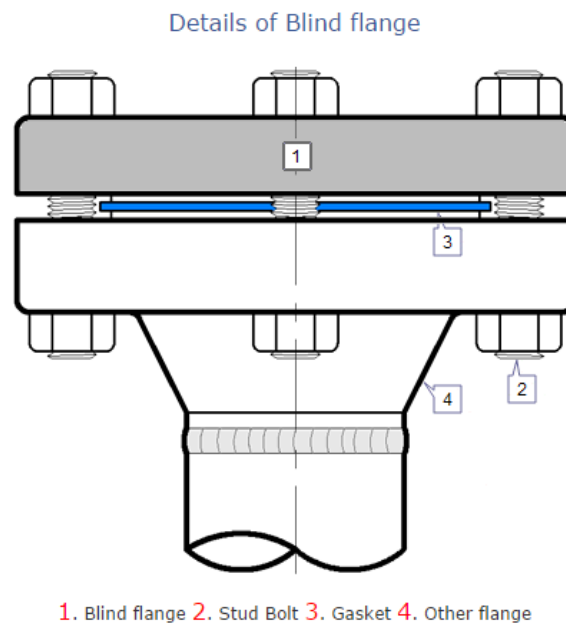
**Figura 27. Brida roscada**

**Fuente: Wermac 2014 ([http://www.wermac.org/flanges/flanges\\_welding-neck\\_socket-weld\\_lap-joint\\_screwed\\_blind.html](http://www.wermac.org/flanges/flanges_welding-neck_socket-weld_lap-joint_screwed_blind.html))**



## BLIND (CIEGA)

Se caracterizan por no tener agujero y se utilizan para obstruir la circulación del fluido de trabajo en esa dirección, son perfectas para permitir la construcción de conexiones futuras del sistema. Este tipo de bridas se utilizarán en conexiones a futuro del presente proyecto.

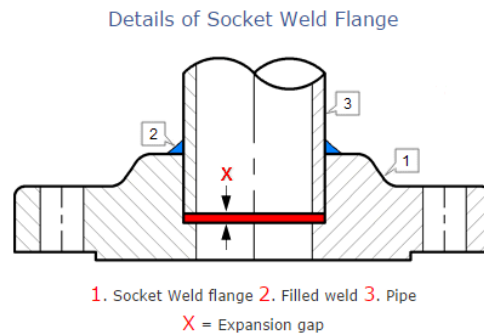


**Figura 28. Brida Ciega**

**Fuente: Wermac 2014 ([http://www.wermac.org/flanges/flanges\\_welding-neck\\_socket-weld\\_lap-joint\\_screwed\\_blind.html](http://www.wermac.org/flanges/flanges_welding-neck_socket-weld_lap-joint_screwed_blind.html))**

## SOCKET WELD (CON CAJA PARA SOLDAR)

Son usadas para tuberías de dimensiones pequeñas y con alta presión, su resistencia a la fatiga es el 50% más que las del tipo Slip – On. La conexión hacia el tubo solo necesita un cordón de soldadura en el exterior de la brida, pero debe crearse un pequeño espacio después de la brida para realizar la conexión con el accesorio, tubo, etc. Son poco comunes en procesos industriales.

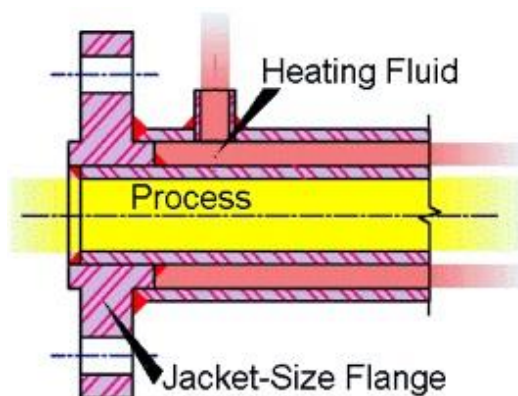


**Figura 29. Brida Socket Weld**

**Fuente: Wermac 2014 ([http://www.wermac.org/flanges/flanges\\_welding-neck\\_socket-weld\\_lap-joint\\_screwed\\_blind.html](http://www.wermac.org/flanges/flanges_welding-neck_socket-weld_lap-joint_screwed_blind.html))**

#### 2.4.4. ENCAMISADO DE TUBERÍAS

El encamisado de tuberías consiste en un par de tuberías de presión (una de mayor diámetro que la otra) dispuestas en su largo de manera concéntrica, de tal manera que dos fluidos circulen en su interior. Esta disposición permite que el fluido que circula por la tubería de menor diámetro mantenga una temperatura adecuada para su transporte o para el servicio que será utilizado.



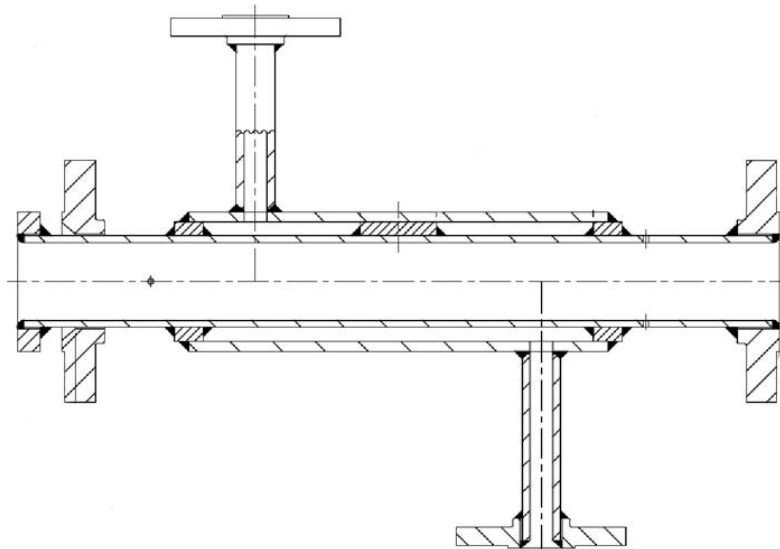
**Figura 30. Esquema de tubería enchaquetada**

**Fuente: Piping Designers, 2014 (<http://pipingdesigners.info/jacketed-piping-design/>)**

La tubería de mayor diámetro (externa) se denomina “camisa” o “chaqueta”, y es la encargada de transportar el fluido que transmite calor hacia el fluido de la tubería interna llamada “núcleo”.

El fluido principal interviniente en el proceso es el fluido núcleo, y es el determinante en el proceso. En el caso del presente proyecto el fluido núcleo es el asfalto o sus respectivas mezclas, los cuales necesitan mantener una temperatura mínima para ser transportados.

El fluido de enchaquetado es aquel que permitirá aislar el sistema para que el fluido principal mantenga su temperatura mientras está siendo transportado o está en proceso de preparación. Como fluidos de enchaquetado se puede usar vapores de aceites, agua líquida caliente o aceites térmicos específicos. Debido a las temperaturas que se requieren en la modificación y transporte de asfalto, en la planta de emulsiones del Inga, el fluido que trabaja en la chaqueta de la tubería es el aceite térmico Texatherm 46, cuyas características se detallan en la primera parte de este capítulo. (ASME, s.f.)



**Figura 31. Típica tubería encamisada**

**Fuente: CRP, 2014 (<http://www.crp.co.uk/piping.aspx?page=332>)**

El enchaquetado de una tubería recta, tiene una longitud menor a la tubería núcleo, debido a que es necesario dejar un espacio libre para adaptar un futuro aislante en caso de ser necesario y por facilidades de construcción.

Las conexiones entre tuberías encamisadas se denominan “teléfonos” y pueden ser bridadas, roscadas o soldadas, siendo las bridadas de mayor funcionalidad para evitar fugas, mantenimiento rápido y facilidad de fabricación.



**Figura 32. Tubería recta encamisada**

**Fuente: CRP, 2014 (<http://www.crp.co.uk/piping.aspx?page=332>)**

En caso de ser necesario, se puede enchaquetar los accesorios (tees, codos, reducciones) de los sistemas de tuberías, sin embargo, debido a su complejidad en la fabricación y a su pequeña longitud que no afecta en el proceso de pérdida de calor se puede eliminar dicho encamisado y complementarlo aislando estos elementos. (CRP, 2014)



**Figura 33. Tee Igual encamisada**

**Fuente: CRP, 2014 (<http://www.crp.co.uk/piping.aspx?page=332>)**

### **2.4.5. VÁLVULAS**

Las válvulas son elementos mecánicos que permiten el control de flujo y que necesariamente forman parte de cualquier sistema de transporte de fluidos.

Existen muchos tipos de válvulas como por ejemplo válvulas de compuerta, de globo, de bola, check, mariposa, de muelle, de alivio de presión, entre otras, las cuales también tienen sus clasificaciones propias. Estos tipos de válvulas pueden ser operadas de manera manual o controladas por sistemas automáticos mediante actuadores.

#### **2.4.5.1. CLASIFICACIÓN**

La clasificación más común de las válvulas se basa en el requerimiento de la válvula en el proceso. Dentro de esta se encuentran las válvulas de aislamiento, de retroceso, de alivio de presión y para regular flujo.

#### **VÁLVULAS DE AISLAMIENTO**

Son las válvulas que permiten cortar el flujo en un sistema o en una parte del sistema. Operativamente estas válvulas deben estar completamente abiertas o completamente cerradas y su diseño permite que cuando están completamente abiertas ofrezcan la menor resistencia al fluido.

Las válvulas que cumplen estos requerimientos son:

- Válvulas de compuerta.
- Válvulas de globo.
- Válvulas de mariposa.
- Válvulas de bola.
- Válvulas de diafragma.

## **VÁLVULAS PARA REGULAR FLUJO**

Como su nombre lo indica, este tipo de válvulas sirve para regular la cantidad de flujo que circula en el sistema. Al regular el flujo se consigue también variar temperaturas en intercambiadores de calor y variar la presión en un cierto sector del sistema.

El objetivo principal de estas válvulas es regular el flujo sin causar daños en su estructura o sin afectar su funcionamiento. Las válvulas más comunes para regular flujo son:

- Válvulas de globo.
- Válvulas de aguja.
- Válvulas de bola.
- Válvulas de diafragma.
- Válvulas de tapón.

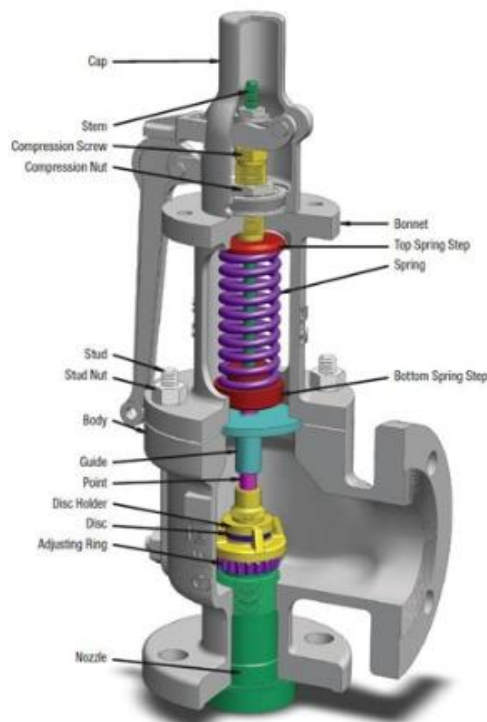
## **VÁLVULAS DE RETROCESO**

Las válvulas de retroceso son aquellas que solo permiten que el fluido circule en una sola dirección y que no pueda retornar en el sentido contrario. Las válvulas de retroceso no necesitan un control manual o automático, simplemente actúan por sí solas gracias a su diseño mecánico.

Las válvulas de retroceso pueden ser ocupadas en fluidos poco viscosos como agua o aceite térmico, sin embargo en productos asfálticos como del presente proyecto su uso es limitado.

## VÁLVULAS DE ALIVIO DE PRESIÓN

Son las encargadas de proteger los equipos y tubería de sistemas de presiones que excedan la capacidad del diseño. El funcionamiento de estas válvulas es mediante un mecanismo de contrapresión que actúa cuando la presión es superior a la calibrada en un mecanismo tornillo-resorte. Dicho mecanismo se detalla en la figura 34 (Nayyar, 2000).



**Figura 34. Esquema válvula de alivio de presión**

**Fuente: Safety Valves Online, 2014**

**(<http://www.safetyvalvesonline.com/safety-relief-valve-technical.html>)**

### 2.4.5.2. TIPOS DE VÁLVULAS

A continuación se describen las características, ventajas y desventajas de los tipos de válvulas más utilizadas en la industria y que serán implementadas en las estaciones de mezclado y premezclado.

## **VÁLVULA DE COMPUERTA**

Las válvulas de compuerta son diseñadas especialmente como válvulas de aislamiento y deben trabajar necesariamente completamente abiertas o cerradas. Cuando están completamente abiertas, la resistencia al fluido es mínima por lo que se recomienda su uso cuando no es necesario el control de flujo dentro de la tubería. No se puede utilizar esta válvula como control de flujo, ya que puede causar erosión en los asientos y en los discos de las válvulas, reduciendo la vida útil de las mismas.

### **Ventajas**

- Presenta un excelente comportamiento al sellado de flujo cuando se encuentra completamente cerrada.
- Presenta una resistencia al flujo mínima cuando está completamente abierta.
- Está válvula se puede usar de manera bidireccional.

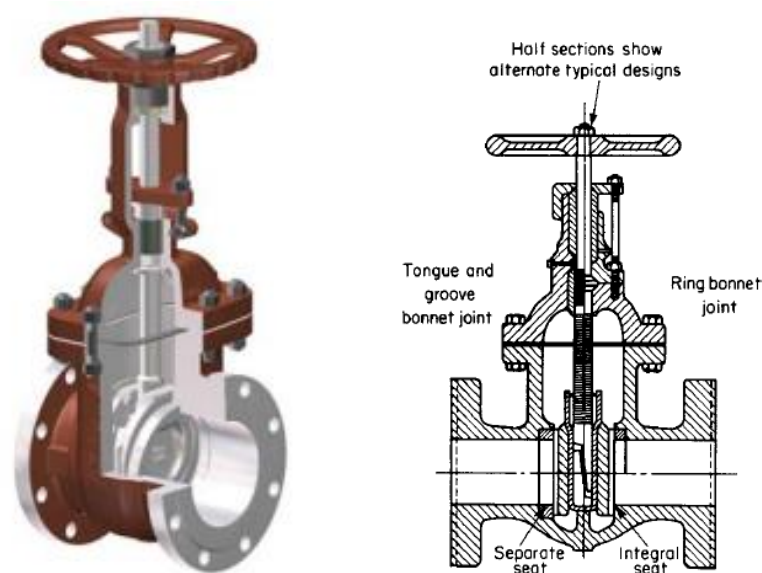
### **Desventajas**

- El cierre o apertura de estas válvulas es lento debido a que se necesitan de muchas vueltas en el volante de manera manual o automáticamente.
- Debido a la lentitud al cerrarse se producen velocidades de flujo demasiado altas que pueden provocar daños en el asiento o en los elementos deslizantes de la válvula.
- La reparación o mantenimiento en sitio de estas válvulas resulta muy complicado (Nayyar, 2000).



## Funcionamiento

El esquema de funcionamiento de una válvula de compuerta se muestra en la siguiente figura:



**Figura 35. Esquema válvula de compuerta**

**Fuente: Comeval, 2014**

([http://www.comeval.es/pdf/cat\\_tec/API/COMPUERTA\\_API\\_ESP.pdf](http://www.comeval.es/pdf/cat_tec/API/COMPUERTA_API_ESP.pdf))

Al girar el volante se permite la apertura o cierre de la compuerta interna, permitiendo el paso o deteniendo el flujo por la válvula.

## VÁLVULA DE GLOBO

Las válvulas de globo son aquellas que permiten el aislamiento de flujo (igual que las de compuerta) y el control del mismo. A pesar de que la caída de presión en esta válvula es menor comparada con otras válvulas similares (bola, mariposa) es recomendable usarlas en sistemas que no estén limitados por caída de presión.

## Ventajas

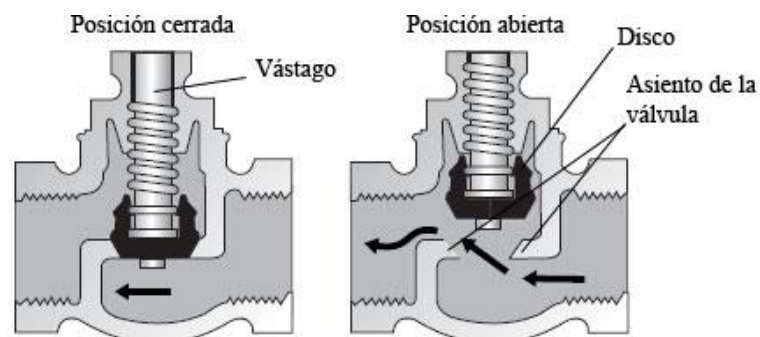
- Tiene muy buena capacidad de cierre y condiciones adecuadas para regular el flujo en el sistema.
- Posee una carrera más corta en el cierre y apertura, lo que permite mejorar tiempos en la manipulación.

## Desventajas

- Las válvulas de globo causan una gran pérdida de presión comparadas con las válvulas de compuerta.
- Su uso adecuado es unidireccional.
- No se puede usar como válvula anti retorno (Nayyar, 2000)

## Funcionamiento

El accionamiento del volante de la válvula permite que la compuerta existente entre las dos cámaras se abra y permita el paso al fluido. La disposición de los elementos de la válvula permite regular el flujo sin causar corrosión en la válvula como sucedía en la válvula de compuerta.



**Figura 36. Esquema de válvula de globo**

**Fuente: HomoSapiens, 2014**

([http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica\\_hidraulica30.htm](http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica30.htm))

## **VÁLVULA DE BOLA**

La válvula de bola o de cierre rápido permite el cierre completo de una vía tan solo con el giro de 90° en el volante. El sistema hermético de bola flotante permite el uso en fluidos abrasivos o agresivos.

### **Ventajas**

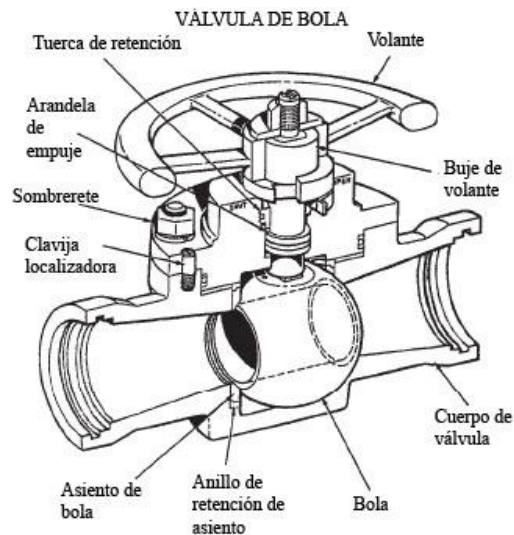
- Otorga un sistema completamente hermético. El cierre o apertura es muy rápido.
- Más pequeña y menos pesada que una válvula de compuerta.
- Puede ser usada en fluidos limpios y fluidos con sólidos suspendidos.
- La fuerza requerida para utilizar la válvula es considerablemente menor que comparada con otras válvulas.
- Resistencia muy buena con temperaturas y presiones altas.

### **Desventajas**

- No son recomendadas para control de caudal o flujo.
- Su geometría puede causar estancamientos de partículas suspendidas en el asiento de la válvula, complicando el mantenimiento (Nayyar, 2000)

## Funcionamiento

Al girar el volante 90° La válvula se abrirá o cerrará rápidamente ya que su mecanismo de funcionamiento gira igual que el volante. El esquema de funcionamiento se observa claramente en la figura 37.



**Figura 37. Esquema Válvula de bola**

**Fuente: Homosapiens, 2014**

([http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica\\_hidraulica30.htm](http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica30.htm))

## 2.5. SISTEMA DE BOMBEO

Un equipo de bombeo es básicamente un transformador de energía, ya que recibe energía mecánica procedente de un motor y la convierte en energía que un fluido adquiere en forma de presión, posición o velocidad.

Las bombas adicionan presión con el objetivo de vencer las pérdidas ocasionadas por alturas, cambios de sección y conducción en la tubería.

Las bombas cambian la posición de un fluido, cuando por ejemplo se adiciona energía a fin de que el fluido salga del subsuelo a la superficie.

Si se trabaja con presiones y alturas iguales, se trata del caso de un incremento de velocidad. En la mayoría de aplicaciones la energía entregada es una mezcla de las tres anteriores (Zubicaray, 2004).

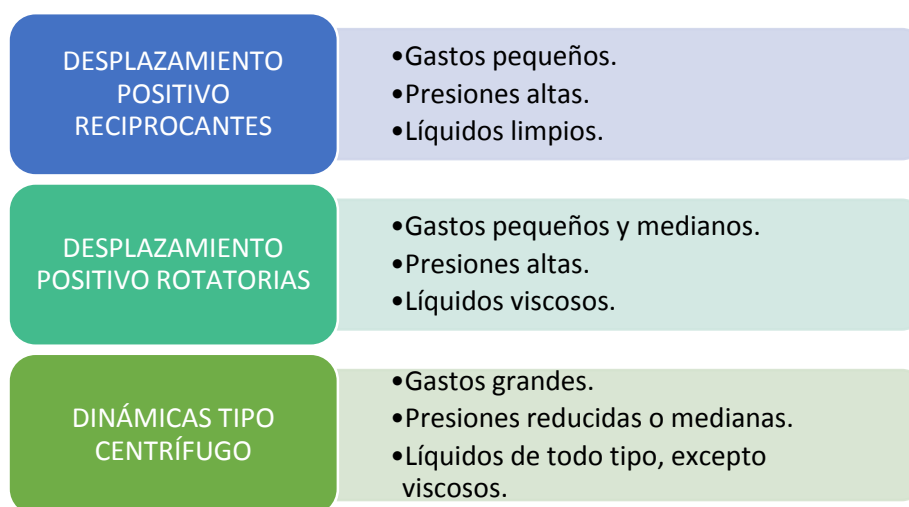
### **2.5.1. BOMBAS PARA LÍQUIDOS VISCOSOS**

La selección de bombas para líquidos viscosos requiere de especial atención, ya que las mezclas especiales pueden necesitar de cálculos o pruebas específicas para determinar con precisión la viscosidad. Al hacer pruebas de viscosidad en el laboratorio se acostumbra a tomar dos o más valores a diferentes temperaturas para la definición exacta del líquido.

La elección adecuada para líquidos viscosos son las bombas de desplazamiento positivo, rotatoria o reciprocante, siendo las de engranes, tornillos o lóbulos las mejores para altas viscosidades.

Las bombas centrífugas se suelen utilizar con líquidos de viscosidad moderada, de hasta unos 1000 SSU, ya que ciertas viscosidades elevadas no son deseables para este tipo de bombas (McNaughton, 1989).

En la figura 38 se detallan las aplicaciones generales de los tipos de bombas más utilizados, lo que permitirá enmarcarse dentro del correcto criterio para la selección.



**Figura 38. Características cualitativas de bombas de desplazamiento positivo y bombas centrífugas.**

Como se puede observar en la figura anterior las bombas centrífugas no son adecuadas para el uso de la aplicación requerida en el presente proyecto, ya que la viscosidad de los fluidos a ser transportados es alta. La tabla siguiente muestra parámetros comparativos entre las bombas centrífugas y las bombas de desplazamiento positivo.

**Tabla 8.**

**Comparación entre bombas centrífugas y de desplazamiento positivo**

	<b>Desplazamiento Positivo</b>	<b>Centrífuga</b>
<b>Viscosidad Máxima (cSt / SSU)</b>	1'320000 / 6'000000	550 / 2500
<b>Max. Capacity (m<sup>3</sup>/h / GPM)</b>	750 / 3300	27250 / 120000
<b>Pumping Efficiency</b>	E	P
<b>Energy Costs</b>	E	P
<b>Autocebado</b>	Si	No
<b>Flow Control</b>	E	D
<b>Life-Cycle Cost</b>	B	B
<b>Initial Cost</b>	P	E
<b>E = Excelente, B = Bueno, P = Promedio, D = Deficiente</b>		

Fuente: Pump School

(<http://www.pumpschool.com/intro/comparisons.asp>)

Debido a las cualidades presentadas en la sección 2.5.1, el presente proyecto utilizará bombas rotatorias de desplazamiento positivo, las cuales se describen en la sección siguiente.

### **2.5.2. BOMBAS ROTATORIAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO**

Las bombas de desplazamiento positivo operan mediante la alternancia de llenado de una cavidad y posteriormente desplazando el volumen de líquido dado, es decir, otorgan un volumen constante de líquido contra la variación de la presión de descarga. Este tipo de bombas puede manejar fluidos de todas las viscosidades de hasta 1.320.000 cSt (6000000 SSU), capacidades de hasta 1.150 m<sup>3</sup> / h (5000 GPM) y presiones hasta 700 bar (10.000 psi) (Khalil, s.f.).

Las bombas rotatorias de desplazamiento positivo utilizan rotación, en lugar de movimiento alternativo, durante su ciclo de bombeo. Diseñadas para bombear líquidos, sólidos, gases o mezclas de los tres. Su capacidad por rotación es independiente de la velocidad impulsada. A diferencia de las reciprocantes, desarrollan un sello líquido dinámico y no requieren válvulas de retención de entrada y descarga. Puesto que el elemento de rotación de la bomba está conectada directamente a su conductor a través de un eje, por lo general se requiere algún tipo de disposición de obturación en el eje de accionamiento. Esto se logra a través de una caja de relleno, sello de labios o un sello mecánico (Joe Evans, 2009).

## BOMBAS DE ENGRANES INTERNOS

La bomba de engranajes internos está compuesta por un engranaje externo o rotor que se utiliza generalmente para conducir el engranaje interior o intermedio. El engranaje intermedio, que es menor que el engranaje del rotor, gira sobre un pasador estacionario y opera dentro del engranaje del rotor. Los engranajes crean espacios vacíos a medida que salen de los flujos líquidos en la bomba. Al engranar uno con otro los volúmenes se reducen y el líquido es forzado a salir del orificio de descarga.

La velocidad de las bombas de engranajes internos se considera relativamente lenta en comparación con las centrífugas. Velocidades de hasta 1.150 rpm se consideran comunes, aunque algunos pequeños diseños operan hasta 3.450 rpm. Son muy adecuadas para aplicaciones de alta viscosidad, de líquidos con partículas y donde las condiciones de succión otorgan una mínima presión de entrada. Bombeo con éxito líquidos con viscosidades superiores a 1.320.000 cSt / 6000000 SSU y líquidos de viscosidad muy baja, como el propano líquido y amoníaco. Aunque a menudo se utilizan con fluidos poco viscosos como disolventes y fuel oil, sobresalen en bombeo eficiente de líquidos espesos como el asfalto, el chocolate, y adhesivos.

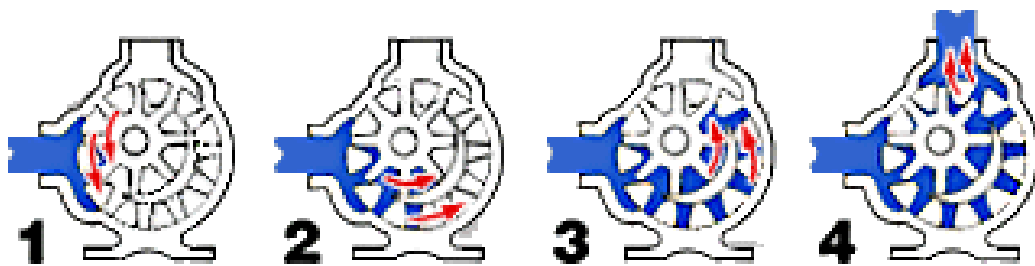


**Figura 39. Bomba de engranajes internos.**

**Fuente: Pump School (<http://www.pumpschool.com/intro/selection.asp>)**



Además de su gama de viscosidad, la bomba tiene un amplio rango de temperaturas lo que le permite la manipulación de líquidos de hasta 750°F / 400 °C. Esto se debe al único punto de espacio final (la distancia entre los extremos de los dientes del engranaje del rotor y la cabeza de la bomba). Este espacio libre es ajustable para permitir el manejo de altas temperaturas, maximizar la eficiencia de la manipulación de líquidos de alta viscosidad, y para controlar el desgaste.



**Figura 40. Funcionamiento de una bomba de engranes internos.**

**Fuente: Pump School**  
 (<http://www.pumpschool.com/principles/internal.asp>)

La bomba de engranajes internos es no pulsante, autocebante y puede funcionar en seco por períodos cortos. También es bi-rotacional, lo que significa que la misma bomba puede utilizarse para cargar y descargar recipientes. Debido a que tienen solamente dos partes móviles, son fiables, fáciles de operar, y fácil de mantener (Pump School, 2014).

## **BOMBAS DE ENGRANES EXTERNOS**

Utiliza dos engranajes idénticos que giran uno contra el otro. Cada engranaje está soportado por un eje con cojinetes en ambos lados de cada engrane. Típicamente, los cuatro rodamientos operan en el líquido bombeado.

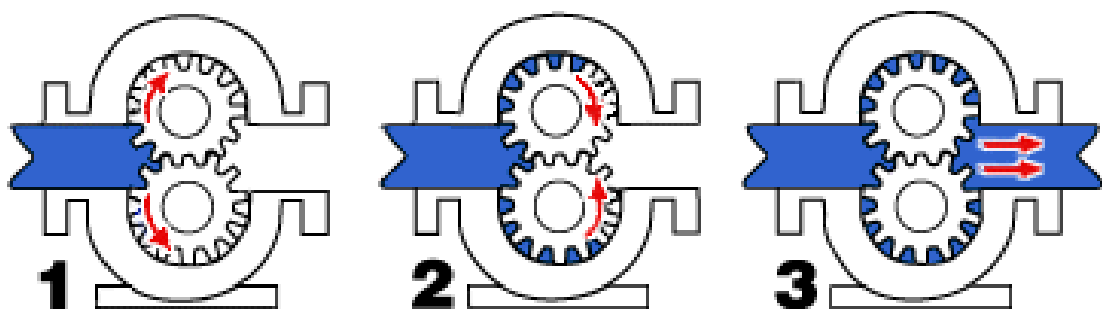


**Figura 41. Bomba de engranes externos.**

**Fuente: Pump School (<http://www.pumpschool.com/intro/selection.asp>)**

Debido a que los engranajes están soportados en ambos lados, las bombas de engranajes externos se utilizan para aplicaciones de alta presión, tales como la hidráulica. Por lo general, las pequeñas bombas de engranajes externos funcionan a 1.750 o 3.450 rpm y las versiones más grandes operan a velocidades de hasta 640 rpm.

Su diseño permite que su fabricación se realice con tolerancias más estrechas que las bombas de engranajes internos. No son tolerantes a la existencia de partículas en el líquido bombeado o altas temperaturas.



**Figura 42. Funcionamiento de una bomba de engranes externos.**

**Fuente: Pump School  
(<http://www.pumpschool.com/principles/external.asp>)**

Las bombas de engranajes externos son capaces de manejar líquidos viscosos y de tipo acuoso. Adicionalmente, la bomba no funciona bien en condiciones críticas de succión. Los líquidos volátiles tienden a vaporizarse a medida que los espacios entre los dientes de los engranes se expanden rápidamente. Cuando la viscosidad de los líquidos bombeados aumenta, los requerimientos de torque también aumentan, y la fuerza del eje de la bomba puede no ser suficiente. Los fabricantes de bombas suministran información sobre par límite.

Las bombas de engranajes externos son populares para aplicaciones de transferencia y dosificación precisa que involucran polímeros, combustibles y aditivos químicos (Pump School, 2014).

Las bombas a ser utilizadas en el presente proyecto serán bombas de desplazamiento positivo rotatorias de engranes internos, ya que estas soportan altas temperaturas y fluidos con partículas; a diferencia de las de engranajes externos que no soportan estas condiciones críticas.

## **2.6. ESTRUCTURAS METÁLICAS DE ACERO**

Una estructura es el conjunto o sistema de elementos que permiten soportar cargas. Hoy en día la industria del acero ha expandido sus límites, convirtiéndose en la opción número uno en el campo industrial.

El diseño de estructuras metálicas basa sus criterios de aceptación en la mecánica de materiales y especialmente en el esfuerzo de fluencia de un material.

Debido a que una estructura o material se expone a circunstancias no previsibles que causan o generan incertidumbre sobre su resistencia, se decide crear el código de la AISC (Instituto Americano de Construcciones de Acero), el mismo que se basa en el siguiente criterio de falla:

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_{falla}}{n}$$

Donde:

$\sigma_{perm}$ : Esfuerzo permisible o esfuerzo calculado bajo las condiciones a las que se somete la estructura

$\sigma_{falla}$ : Esfuerzo de fluencia límite al que el material falla.

$n$ : Factor de seguridad

Se recomienda que el esfuerzo de seguridad sea mayor a 1 para garantizar las condiciones adecuadas de resistencia para la estructura (Ahmsa, s.f.).

## **2.6.1. CARGAS APLICADAS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS**

### **2.6.1.1. VERTICALES**

La norma AISC permite efectuar varios métodos de diseño. El método de diseño más utilizado en la ingeniería civil y mecánica es el método LRFD (Load Resistance Factor Design) “Factor de diseño de resistencia a la carga”.

El método LRFD es un método que basa su criterio en un alto factor de seguridad. Para ello incrementa las cargas que soporta una estructura mediante un factor denominado de diseño.

$$Carga = 1.2 D + 1.6 L + 0.5 * (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$$

Donde:

D: Carga muerta ocasionada por el peso propio de los materiales y acciones permanentes en la estructura

L: Carga viva ocasionada a las fluctuaciones de los equipos y personas

Lr, S, R: Carga viva de techo, carga de nieve y carga debido a la lluvia respectivamente.

### **2.6.1.2. CARGAS HORIZONTALES**

Hoy en día el Código Ecuatoriano de la Construcción exige que aparte de las cargas aplicadas en el método LRFD se le adicione una carga ocasionada por sismos eventuales. Dicha carga se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$V = 0.6 * Z * I * W$$

Donde:

Z: Factor dependiente de la zona sísmica adoptada. Depende de la ubicación de la estructura en el territorio Ecuatoriano.

I: Factor dependiente del tipo de uso, destino e importancia de la estructura.

W: Carga debida a la distribución de masas

### **2.6.2. SAP 2000**

Muchas estructuras se encuentran estáticamente indeterminadas debido a que no poseen características estándar, sino que se adaptan a las condiciones y requerimientos de diseño, motivo por el cual en el cálculo estructural se puede utilizar software. En el presente proyecto se utilizará la herramienta computacional SAP 2000, la misma que permite el análisis y diseño estructural, basado en método de los elementos finitos.

### **3. DISEÑO**

En el presente capítulo se describe como ha sido distribuido el proyecto en el espacio disponible, el análisis reométrico de los fluidos con los que se trabaja, el mismo que servirá para el diseño de las estaciones de premezclado y mezclado, la línea de tubería de asfalto y el sistema térmico.

Se detallan también la selección de bombas y tuberías para el sistema, así como el diseño de estructuras de soporte y acceso a los recipientes premezcladores y mezcladores.

#### **3.1. DISTRIBUCIÓN DEL PROYECTO**

La distribución de los elementos y equipos en el presente proyecto se la ha realizado en dos subsistemas dependiendo de la ubicación de los mismos: Sistema dentro de la nave industrial y sistema de tuberías fuera de la nave industrial.

##### **3.1.1. DISTRIBUCIÓN DENTRO DE LA NAVE INDUSTRIAL**

Para realizar la distribución de los equipos y accesorios dentro de la nave industrial se debe conocer una lista de los elementos que se estima se van a necesitar en el presente proyecto, y los que formarán parte en el futuro, además de conocer el espacio disponible en el que se construirá.

### 3.1.1.1. ELEMENTOS NECESARIOS EN LA CONSTRUCCIÓN DENTRO DE LA NAVE INDUSTRIAL

En la tabla 9 se detallan los elementos que se utilizarán.

**Tabla 9.**

#### **Elementos a ser utilizados dentro de la nave industrial**

<b>Presente proyecto</b>	
<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>
Recipiente premezclador	1
Recipiente mezclador	1
Bomba de transporte de asfalto polimerizado	1
Bomba de transporte de asfalto modificado	1
Estructura de la estación de premezcla	1
Estructura de la estación de mezcla	1
Líneas de tubería de aceite térmico	1
Línea de tubería de asfalto AC-20	1
Línea de tubería de asfalto polimerizado	1
Línea de asfalto modificado	1

En la tabla 10 se detallan los elementos que formarán parte del proyecto en un futuro. Se planifica que los elementos y equipos en mención formen parte a partir de mayo de 2015.

Tabla 10.

## Elementos para futuras conexiones.

Futuras conexiones	
Elemento	Cantidad
Recipiente premezclador	1
Recipiente mezclador	2
Filtro de asfalto polimerizado	1
Molino trigonal	1

## 3.1.1.2. ESPACIO DISPONIBLE

Para definir la ubicación de los sistemas necesarios en la modificación de asfalto, es necesario conocer el espacio disponible dentro de la nave industrial. El espacio disponible aproximado es de 23.8 metros de largo y 8 metros de ancho y se observa en la figura 43. Para observar a detalle la distribución dentro de la nave industrial referirse al ANEXO D.



Figura 43. Layout de distribución de la nave industrial.



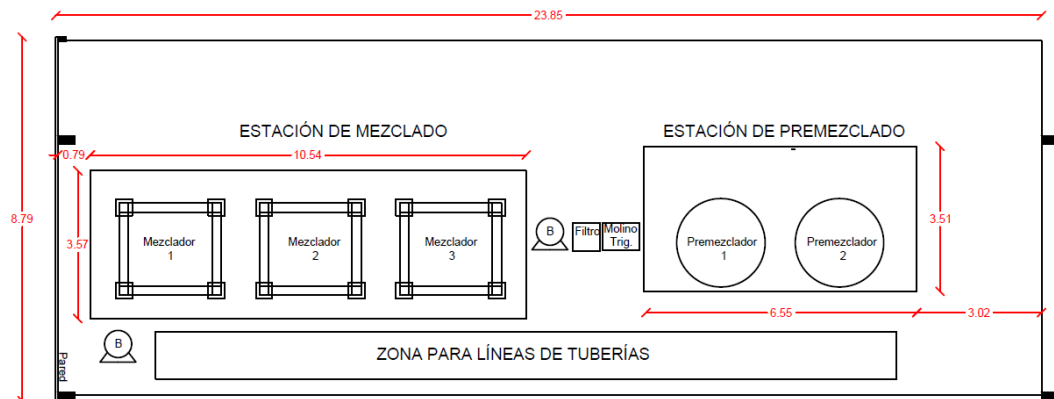
En la figura 44 se muestra el lugar físico descrito anteriormente.



**Figura 44. Lugar físico para la construcción de las estaciones de premezcla y mezcla.**

### 3.1.1.3. LAYOUT DE DISTRIBUCIÓN

Para que el proceso tenga una distribución adecuada se ha decidido colocar los recipientes y elementos de una manera ordenada de acuerdo al procedimiento de elaboración de asfalto modificado. La figura 45 muestra la distribución esquemática con medidas aproximadas al diseño que se efectuará.



**Figura 45. Distribución Esquemática.**

### 3.1.2. SISTEMA DE TUBERÍAS FUERA DE LA NAVE INDUSTRIAL

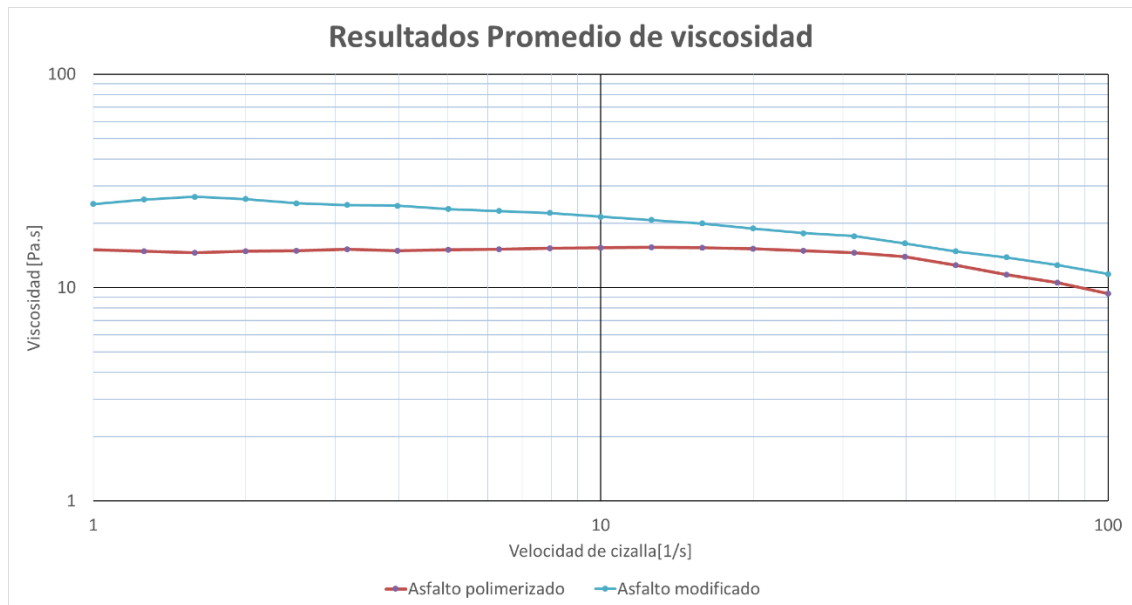
Las tuberías de alimentación de las estaciones de premezclado y mezclado para modificar asfalto se encontrarán direccionadas mediante la estructura de soporte previamente diseñada en la empresa. Por este rack de tuberías circularán las tuberías de asfalto AC-20, las líneas de aceite térmico y la línea de agua del sistema contra incendios (tubería roja). La figura 46 muestra el rack disponible para la construcción de tuberías.



**Figura 46. Rack de tuberías**

### 3.2. ENSAYOS REOMÉTRICOS DE MATERIALES

En el diseño de tuberías es necesario conocer a detalle el fluido con el que se trabaja. Debido a que los fluidos de transporte del presente proyecto (Asfalto Polimerizado y Asfalto Modificado) son fluidos no newtonianos y desconocemos la viscosidad de los mismos, se realizó ensayos reológicos en estos fluidos. Para observar detalles del procedimiento que se utilizó referirse al ANEXO E. A cada fluido estudiado se le realizaron tres pruebas. La gráfica del promedio de viscosidad obtenida en cada fluido se muestra en la figura 47.



**Figura 47. Viscosidad Promedio de asfalto polimerizado y modificado**

Como se puede observar la viscosidad de los fluidos estudiados depende de la velocidad de cizalla, por lo cual se confirma que el comportamiento de dichos fluidos es no newtoniano. Para determinar un valor de viscosidad con el que se trabajará en los diseños posteriores, se calculará una velocidad de cizalla promedio en la tubería. Para este cálculo se ha pre seleccionado una tubería de 4 NPS 40 SCH.

$$\emptyset = 4.026 \text{ in}$$

$$r = 2.013 \text{ in}$$

Para el transporte de estos fluidos se considerará un flujo de transporte de 120 galones por minuto. Por lo que calculando la velocidad de cizalla para este flujo volumétrico.

$$\gamma = \frac{\text{Flujo volumétrico}[gpm]}{r^3[in]} * 4.9 = 72.08 \text{ s}^{-1}$$

Con dicha velocidad de cizalla, procedemos a entrar a la figura 47 y obtenemos los siguientes valores de viscosidad de asfalto polimerizado y

asfalto modificado. Los valores de asfalto AC-20 ya están estandarizados en la hoja técnica mostrada en el ANEXO B.

**Tabla 11.**

**Viscosidad de los fluidos de transporte.**

Fluido	Temperatura (°C)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosidad (Pa.s)
<b>Asfalto AC-20</b>	150	1.010	0.30
<b>Asfalto polimerizado</b>	200	1.007	10.55
<b>Asfalto modificado</b>	200	1.007	12.73

### 3.3. ESTACIÓN DE PREMEZCLA

#### 3.3.1. REQUERIMIENTOS

En la estación de premezcla al asfalto AC-20 llegado de la refinería se le añadirán polímero LG SBS 411 y aceite plastificante.

Las instalaciones de la estación de premezclado deberán contar con:

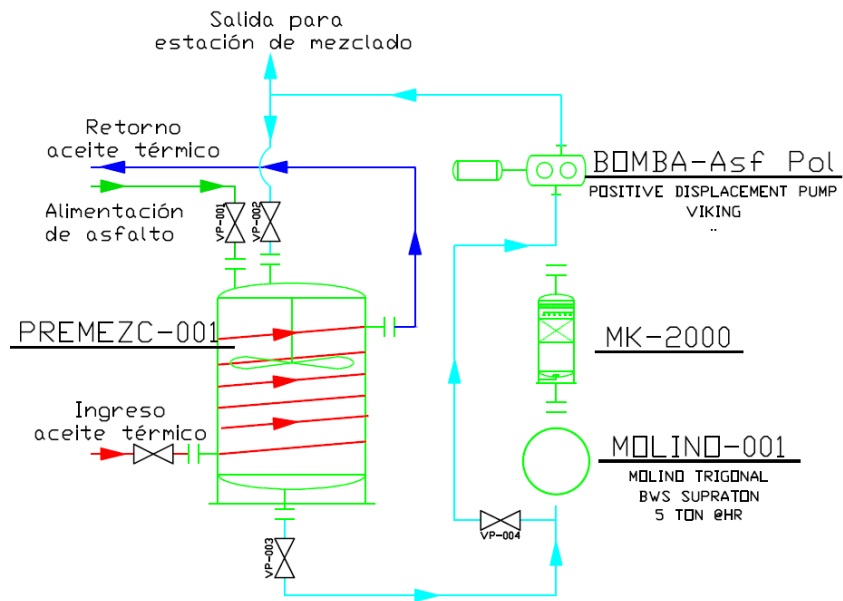
- Un recipiente premezclador.
- Estructura de soporte y acceso para recipiente con espacio disponible para la llegada de otro recipiente a futuro.
- Sistema de recirculación de asfalto polimerizado mediante una red de tuberías.
- Bomba para recirculación enchaquetada.
- Tuberías encamisadas con aceite térmico.
- Juego de válvulas compartido con la alimentación de asfalto polimerizado a la estación de mezclado.

### **3.3.2. DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN (P&ID) DE LA ESTACIÓN DE PREMEZCLA**

En la figura 48 se muestra el diagrama de tuberías e instrumentación, donde la línea de tubería verde muestra la alimentación de asfalto AC-20. La válvula VP-001 es la encargada de controlar el ingreso de asfalto al tanque premezclador. Se selecciona dicha válvula de tipo compuerta, ya que en el proceso no se requiere el control del flujo.

Una vez que el asfalto necesario está en el recipiente premezclador (aproximadamente 4000 kg), se procederá a encender los motores del dispersor y agitador. Posteriormente se procederá a abrir las válvulas VP-002, VP-003 y VP-004 las mismas que son válvulas de compuerta debido a que tampoco se requiere controlar el flujo en la salida y en el retorno de la mezcla de asfalto con polímero. Posteriormente se encenderá la bomba que permitirá el inicio del proceso de recirculación.

El presente diseño de la estación de premezcla permite la llegada e instalación a futuro del molino trigonal de 5 toneladas de capacidad, ubicado actualmente en la planta de Cashapamba; y del filtro MK-2000 (Ver ANEXO F) que permitirá un filtrado previo al envío de asfalto polimerizado a la estación de mezclado. Cuando estos dos equipos sean implementados en la planta actual se utilizará el molino trigonal para el proceso de recirculación y la bomba para paros por fallos del molino y para el transporte hacia la estación de mezclado.



**Figura 48. Diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) Estación de premezcla.**

### 3.3.3. PREDISEÑO DEL RECIPIENTE PREMEZCLADOR

Del recipiente premezclador se elaborará un plano básico basado en conceptos fundamentales para que la empresa ACINDEC proceda a la corrección de los planos y a la construcción del mismo.

#### 3.3.3.1. CONSIDERACIONES

El recipiente premezclador, funcionará a presión atmosférica, con los siguientes requerimientos de tuberías, accesorios y elementos dentro del tanque.

- Diámetro entre 2000 a 2500 mm, basado en espacio disponible.
- Capacidad de carga de 5500 l.
- Ingreso de asfalto AC-20
- Ingreso de asfalto polimerizado en el proceso de recirculación.

- Apertura para la carga de polímero.
- Chimenea para eliminación de vapores.
- Motor, eje y disco de dispersión.
- Motor, eje y paletas de agitación.
- Serpentin de calentamiento alrededor del recipiente. La temperatura de carga mínima de polímero es 190°C.
- Aislamiento térmico de protección.
- Recubrimiento superficial de acero inoxidable.
- Tubería de descarga en el fondo del recipiente para proceso de recirculación y para transporte hacia tanque mezclador o de agitación.

### 3.3.3.2. CÁLCULO DEL RECIPIENTE

En el prediseño del recipiente premezclador se hará referencia a la norma ASME SECCIÓN VIII, reglas para la construcción de recipientes sujetos a presión, División I. Por este motivo se considerará la presión de Diseño de 15 psi, es decir levemente mayor a la presión atmosférica. Para el diseño se considera como modelo el recipiente premezclador ubicado en la planta de Cashapamba.

En primer lugar se debe analizar el material óptimo para el recipiente fabricado:

El material seleccionado es el SA-515, Grado 60, ya que a una temperatura de 650 °F tiene una resistencia de 15.1 kpsi (Megyesy, 2001)

A continuación se procede a calcular el tamaño óptimo del recipiente:

“Para construir un recipiente de cierta capacidad con el mínimo de material debe determinarse la relación correcta del diámetro” (Megyesy, 2001)

$$F = \frac{P}{CSE}$$

Donde:

$P =$  Presión de diseño en Psi

$C =$  Margen por corrosión en pulg

$S =$  Valor del esfuerzo del material en Psi

$E =$  Eficiencia de la junta

Para escoger la eficiencia de la junta, que es el parámetro desconocido entramos a la figura 49. La eficiencia seleccionada de acuerdo a los parámetros de diseño es 0.85







TYPES OF WELDED JOINTS					
TYPES CODE UW-12		JOINT EFFICIENCY, E When the Joint:			
		a. Fully Radio- graphed	b. Spot Examined	c. Not Examined	
1		Butt joints as attained by double-welding or by other means which will obtain the same quality of deposited weld metal on the inside and outside weld surface. Backing strip if used shall be removed after completion of weld.	1.00	0.85	0.70
2		Single-welded butt joint with backing strip which remains in place after welding <small>For circumferential joint only</small>	0.90	0.80	0.65
3		Single-welded butt joint without use of backing strip	—	—	0.60
4		Double-full fillet lap joint	—	—	0.55
5		Single-full fillet lap joint with plug welds	—	—	0.50
6		Single full fillet lap joint without plug welds	—	—	0.45

Figura 49. Eficiencia de la junta soldada

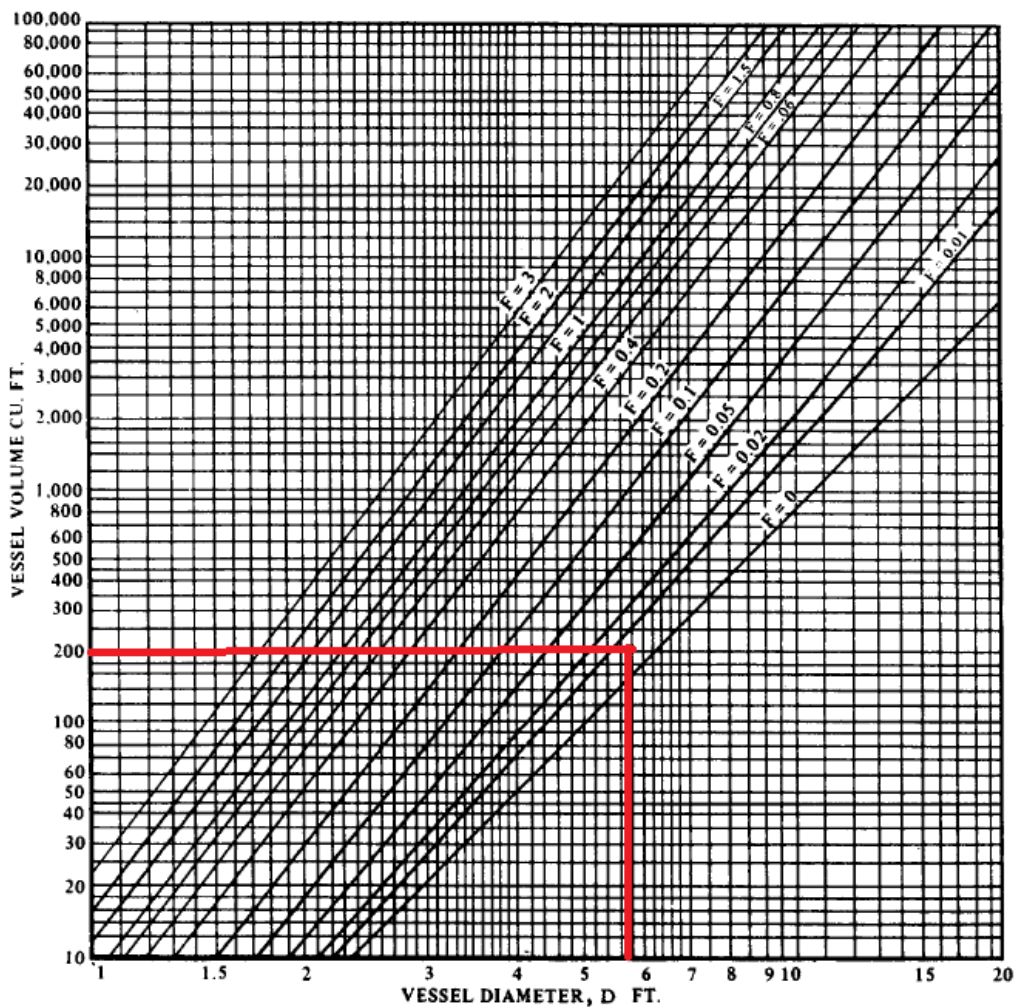
Fuente: (Megyesy, 2001)



$$F = \frac{15 \text{ psi}}{0.125 \text{ in} * 15100 \text{ psi} * 0.85} = 0.009 \text{ in}^{-1}$$

Para entrar a la gráfica de determinación del tamaño óptimo del recipiente es necesario calcular el volumen requerido en pies cúbicos.

$$V = 5500 \text{ l} * \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ l}} * \frac{1 \text{ ft}}{30.48^3 \text{ cm}^3} = 194.23 \text{ ft}^3 \approx 200 \text{ ft}^3$$



**Figura 50. Tamaño óptimo del recipiente**

**Fuente: (Megyesy, 2001)**

Se determinó un recipiente con un diámetro de 5.9 pies. Su equivalente en el sistema internacional es: 1800 mm.

### Cálculo del espesor de pared mínimo en el Cuerpo

$$t = \frac{P_d * (R + CA)}{S * E - 0.6 * P_d} + CA$$

Donde:

$P_d$  = Presión de diseño en Psi

$R$  = Radio del cuerpo en pulg

$S$  = Valor del esfuerzo del material en Psi

$E$  = Eficiencia de la junta

$E$  = Corrosión Admisible

$$t = \frac{15psi * \left(\frac{70.8in}{2} + 0.125in\right)}{15100 psi * 0.85 - 0.6 * 15psi} + 0.125in = 0.167 in$$

$$e \approx \frac{3}{16} in$$

Se selecciona un cuerpo de recipiente construido con plancha de 1/8".

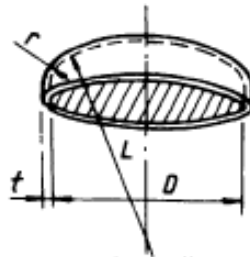
Debido a que el recipiente será nuevo se calcula la máxima presión admisible en el cuerpo del recipiente (MAWP)

$$MAWP_{\frac{F}{N}} = \frac{S * E * t}{R + 0.6t} = \frac{15100psi * 0.85 * \frac{3}{16} in}{\frac{70.8in}{2} + 0.6 * \frac{3}{16} in} = 68 psi$$

### Cálculo del espesor de pared mínimo en la cabeza toriesférica

Para la cabeza inferior de descarga se seleccionó cabeza toriesférica, ya que es de fácil fabricación y responde a las necesidades y requerimientos en la descarga.

$$t = \frac{P_d * L * M}{2 * S * E - 0.2 * P_d}$$



When the min. tensile strength of material exceeds 70,000 psi. see Code UG-32(e)

**Figura 51. Cabeza toriesférica**

**Fuente: (Megyesy, 2001)**

Se selecciona una relación  $L/r = 16.6666$  (más común). Por lo tanto el factor M obtenido de la siguiente tabla es: 1.77

VALUES OF FACTOR "M"																	
$L/r$	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
M	1.00	1.03	1.06	1.08	1.10	1.13	1.15	1.17	1.18	1.20	1.22	1.25	1.28	1.31	1.34	1.36	1.39
$L/r$	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	16.5	*
M	1.41	1.44	1.46	1.48	1.50	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.65	1.69	1.72	1.75	1.77	

\* THE MAXIMUM ALLOWED RATIO :  $L = D + 2t$  (see note 2 on facing page)

**Figura 52. Factor M**

**Fuente: (Megyesy, 2001)**

$$t = \frac{15psi * (70.8in + 0.125in) * 1.77}{2 * 15100psi * 0.85 - 0.2 * 15psi} = 0.07 in \approx \frac{1}{8} in$$

Debido a que el recipiente será nuevo se calcula la Máxima presión admisible en la cabeza toriesférica del recipiente (MAWP)

$$MAWP_{\frac{F}{N}} = \frac{2 * S * E * t}{L M + 0.2 t} = \frac{2 * 15100psi * 0.85 * \frac{1}{8} in}{70.8 * 1.77 + 0.2 * \frac{1}{8} in} = 27 psi$$

Por lo tanto de la figura siguiente se decide que todas las bridas que se encuentren en el cuerpo y en la cabeza toriesférica serán Clase 150 lbs.

<b>PRESSURE – TEMPERATURE RATINGS</b>						
FOR STEEL PIPE FLANGES AND FLANGED FITTINGS						
American National Standard ANSI B16.5-1996/1998 ADDENDA						
Class	150 lb.	300 lb.	400 lb.	600 lb.	900 lb.	1,500 lb.
Hydrostatic test pressure, psig	450	1,125	1,500	2,225	3,350	5,575
Temperature, F	MAXIMUM ALLOWABLE NON-SHOCK PRESSURE					
-20 to 100	285	740	990	1,480	2,220	3,705
200	260	675	900	1,350	2,025	3,375
300	230	655	875	1,315	1,970	3,280
400	200	635	845	1,270	1,900	3,170
500	170	600	800	1,200	1,795	2,995
600	140	550	730	1,095	1,640	2,735
650	125	535	715	1,075	1,610	2,685
700	110	535	710	1,065	1,600	2,665
750	95	505	670	1,010	1,510	2,520
800	80	410	550	825	1,235	2,060
850	65	270	355	535	805	1,340
900	50	170	230	345	515	860
950	35	105	140	205	310	515
1,000	20	50	70	105	155	260

**Figura 53. Selección de bridas**

**Fuente: (Megyesy, 2001)**

## Diseño térmico del recipiente

Para mejorar la transferencia de calor en el recipiente se requiere mejorar el área de transferencia en el mismo. La masa en el recipiente es:

$$m = 5500 \text{ kg}$$

La capacidad de calor requerida para el calentamiento del asfalto dentro del recipiente es:

$$Q_{req} = m C_p (T_f - T_o)$$

Donde:

$Q_{req}$ : Calor requerido por el sistema

$m$ : Masa de asfalto

$C_p$ : Calor específico del asfalto

$T_f$ : Temperatura final a la que se desea elevar el asfalto

$T_o$ : Temperatura inicial del asfalto en el tanque

$$Q_{req} = 5500 \text{ kg} * 1000 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (200 - 150)^\circ\text{C} = 275 * 10^6 \text{ J}$$

Por lo tanto el sistema de aceite térmico tendrá que ser diseñado bajo estas condiciones. El diseño térmico se detalla en la sección 3.7.

Los detalles del recipiente prediseñado se detallan en el ANEXO M, el mismo que es enviado a ACINDEC, para correcciones y construcción. El plano constructivo del recipiente, ya corregido por ACINDEC se detalla en el ANEXO G.

### **3.3.4. ESTRUCTURA DE SOPORTE DE RECIPIENTES PREMEZCLADORES Y ACCESO**

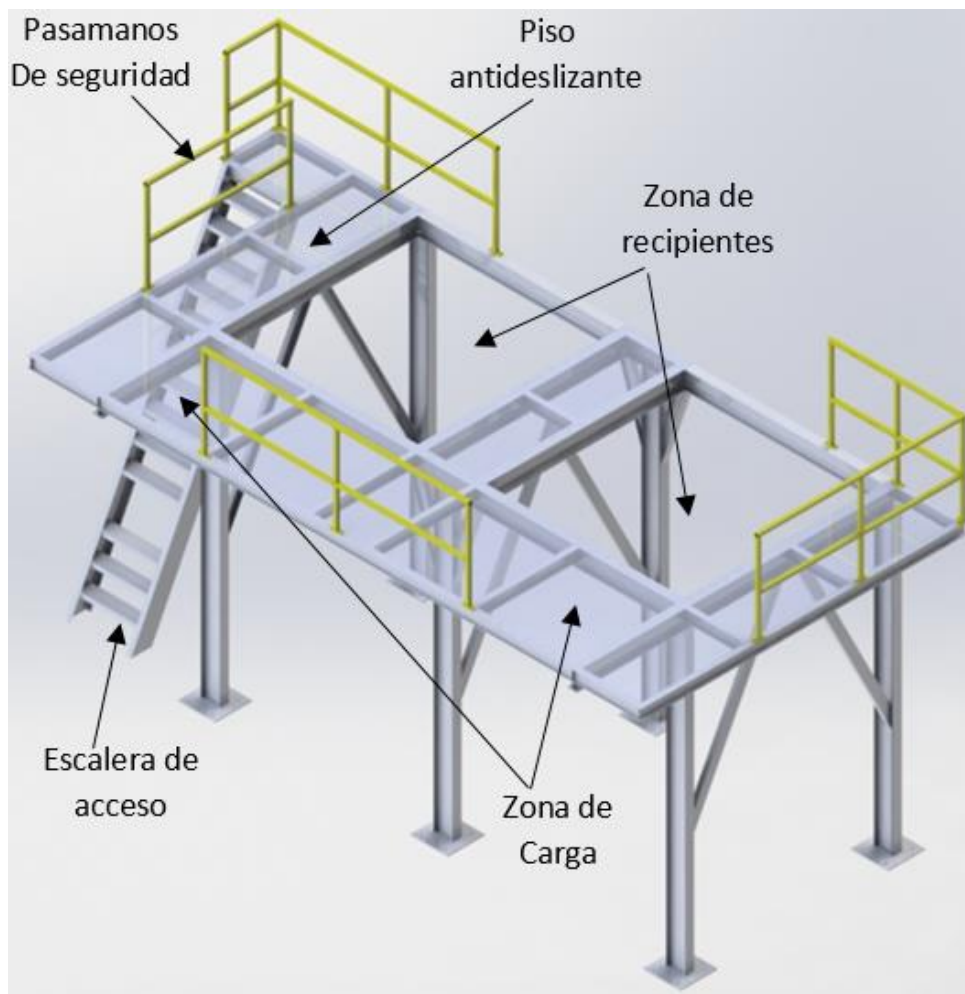
#### **3.3.4.1. REQUERIMIENTOS DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE Y ACCESO A RECIPIENTES**

La estructura que soportará y permitirá el acceso de trabajadores al recipiente de la estación debe constar de:

- Escaleras de acceso adecuadas al recipiente.
- Factor de seguridad mayor a 1.
- Zona y pasillos de circulación peatonal.
- Zona de carga para pallets de polímero.
- Pasamanos de seguridad industrial.
- Piso antideslizante.
- Visión a futuro para llegada de otro premezclador.
- Diseño antisísmico basado en la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

#### **3.3.4.2. DISPOSICIÓN DE LA ESTRUCTURA**

La estructura con sus elementos y accesorios se muestra en la figura 54 cumpliendo los requerimientos necesarios.



**Figura 54. Estructura de la estación de premezcla**

### **3.3.4.3. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA**

Se considera estructura principal al conjunto de elementos que dan soporte a los equipos (recipientes premezcladores), piso antideslizante y escaleras.

Para dibujar el modelo se procede a insertar en el software complementario AutoCAD 2013 los puntos o nodos que son parte del croquis de la estructura, los cuales se muestran en la tabla 12.

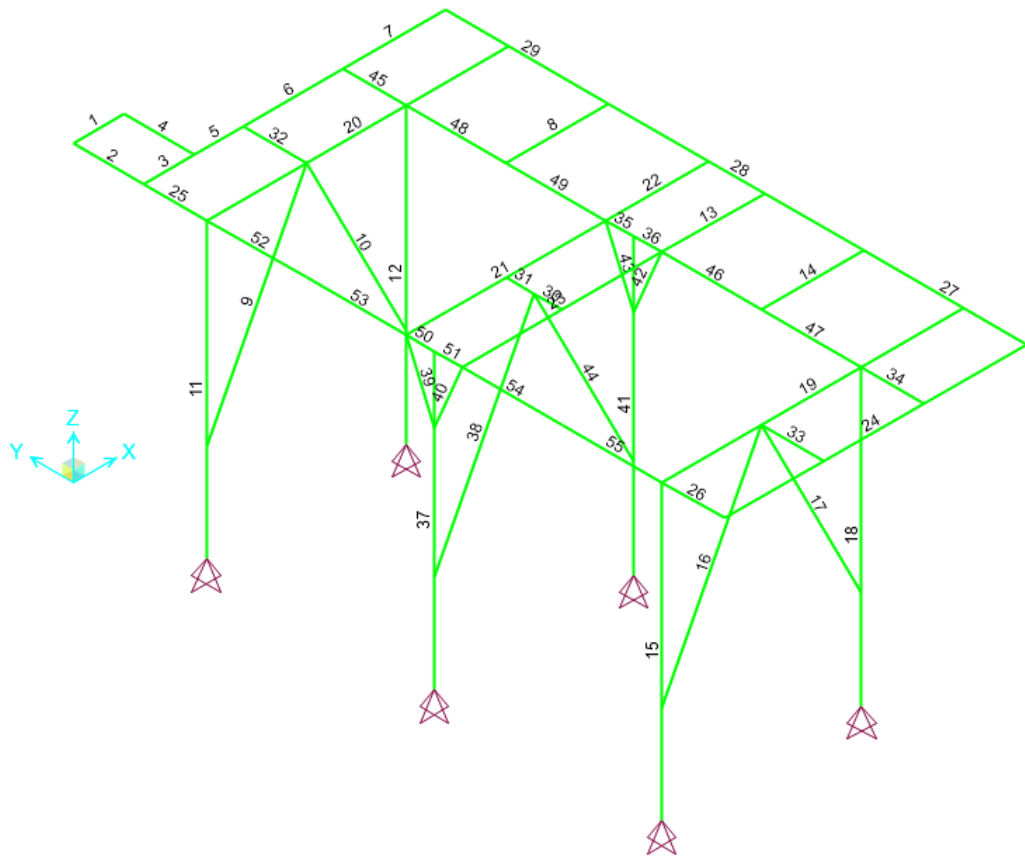
Tabla 12.

## Coordenadas de nodos de la estructura de premezcla

PUNTOS ESTRUCTURA PRINCIPAL							
Punto	X	Y	Z	Punto	X	Y	Z
1	0	3330	0	25	0	2580	4120
2	580	3330	0	26	2280	2580	4120
3	0	3330	800	27	0	1110	4120
4	580	3330	800	28	2280	1110	4120
5	1140	3330	800	29	0	0	4120
6	2280	3330	800	30	2280	0	4120
7	3450	3330	800	31	0	3330	4440
8	0	3330	1520	32	1140	3330	4440
9	1140	3330	1520	33	2280	3330	4440
10	2280	3330	1520	34	3450	3330	4440
11	3450	3330	1520	35	2280	3330	5580
12	0	1110	1520	36	3450	3330	5580
13	2280	1110	1520	37	0	3330	6720
14	0	0	1520	38	1140	3330	6720
15	2280	0	1520	39	2280	3330	6720
16	2280	3330	2660	40	3450	3330	6720
17	3450	3330	2660	41	0	1110	6720
18	0	3330	3800	42	2280	1110	6720
19	1140	3330	3800	43	0	0	6720
20	2280	3330	3800	44	2280	0	6720
21	3450	3330	3800	45	0	3330	7440
22	0	3330	4120	46	1140	3330	7440
23	1140	3330	4120	47	2280	3330	7440
24	2280	3330	4120	48	3450	3330	7440

Al unir los puntos se procede a importar dicho archivo al programa SAP 2000. Las unidades seleccionadas para trabajar en el programa son newtons y milímetros. A cada pieza de la estructura se le asignó un número de elemento para identificarlo posteriormente.





**Figura 55. Numeración de elementos.**

El material de los perfiles de la estructura es el acero estructural A36. Las columnas y vigas principales son IPE 200 y el resto de vigas son IPE 120. Los arriostramientos son Perfiles U de 100\*50\*3mm

Las figuras 56, 57 y 58 muestran las dimensiones de dichos perfiles en el programa SAP2000. Las especificaciones detalladas de estos perfiles se observan en el ANEXO H.

**I/Wide Flange Section**

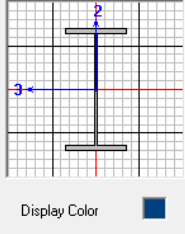
**Section Name**

Section Notes

Properties  Property Modifiers  Material

**Dimensions**

Outside height ( t3 )	<input type="text" value="200."/>
Top flange width ( t2 )	<input type="text" value="100."/>
Top flange thickness ( tf )	<input type="text" value="8,5"/>
Web thickness ( tw )	<input type="text" value="5,9"/>
Bottom flange width ( t2b )	<input type="text" value="100."/>
Bottom flange thickness ( tfb )	<input type="text" value="8,5"/>



Display Color

**Figura 56. Perfil IPE 200**

**I/Wide Flange Section**

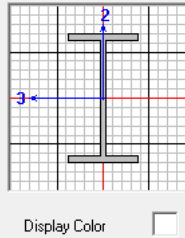
**Section Name**

Section Notes

Properties  Property Modifiers  Material

**Dimensions**

Outside height ( t3 )	<input type="text" value="120."/>
Top flange width ( t2 )	<input type="text" value="64."/>
Top flange thickness ( tf )	<input type="text" value="6,3"/>
Web thickness ( tw )	<input type="text" value="4,4"/>
Bottom flange width ( t2b )	<input type="text" value="64."/>
Bottom flange thickness ( tfb )	<input type="text" value="6,3"/>



Display Color

**Figura 57. Perfil IPE 120**

**Channel Section**

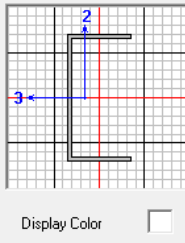
**Section Name**

Section Notes

Properties  Property Modifiers  Material

**Dimensions**

Outside depth ( t3 )	<input type="text" value="100."/>
Outside flange width ( t2 )	<input type="text" value="50."/>
Flange thickness ( tf )	<input type="text" value="3."/>
Web thickness ( tw )	<input type="text" value="3."/>



Display Color

**Figura 58. Canal U 100x50x3**

Las características de estas tres secciones otorgadas por SAP 2000 son:

Property Data			
Section Name		IPE 200	
Properties			
Cross-section (axial) area	2779.7	Section modulus about 3 axis	186091.14
Torsional constant	51022.89	Section modulus about 2 axis	28395.974
Moment of Inertia about 3 axis	18609114	Plastic modulus about 3 axis	212171.28
Moment of Inertia about 2 axis	1419798.7	Plastic modulus about 2 axis	44092.56
Shear area in 2 direction	1180.	Radius of Gyration about 3 axis	81.8208
Shear area in 3 direction	1416.6667	Radius of Gyration about 2 axis	22.6003

**Figura 59. Características perfil IPE 200**

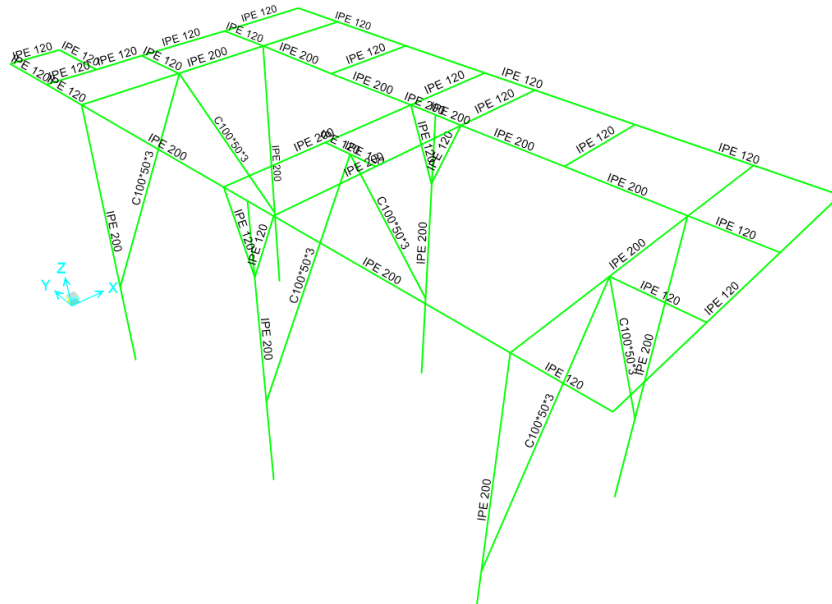
Property Data			
Section Name		IPE 120	
Properties			
Cross-section (axial) area	1278.96	Section modulus about 3 axis	51052.14
Torsional constant	12977.925	Section modulus about 2 axis	8625.4249
Moment of Inertia about 3 axis	3063128.3	Plastic modulus about 3 axis	58532.08
Moment of Inertia about 2 axis	276013.6	Plastic modulus about 2 axis	13422.216
Shear area in 2 direction	528.	Radius of Gyration about 3 axis	48.9389
Shear area in 3 direction	672.	Radius of Gyration about 2 axis	14.6905

**Figura 60. Características perfil IPE 200**

Property Data			
Section Name		C100*50*3	
Properties			
Cross-section (axial) area	582.	Section modulus about 3 axis	18270.92
Torsional constant	1694.97	Section modulus about 2 axis	3929.6616
Moment of Inertia about 3 axis	913546.	Plastic modulus about 3 axis	21177.
Moment of Inertia about 2 axis	142987.02	Plastic modulus about 2 axis	7076.19
Shear area in 2 direction	300.	Radius of Gyration about 3 axis	39.619
Shear area in 3 direction	300.	Radius of Gyration about 2 axis	15.6743

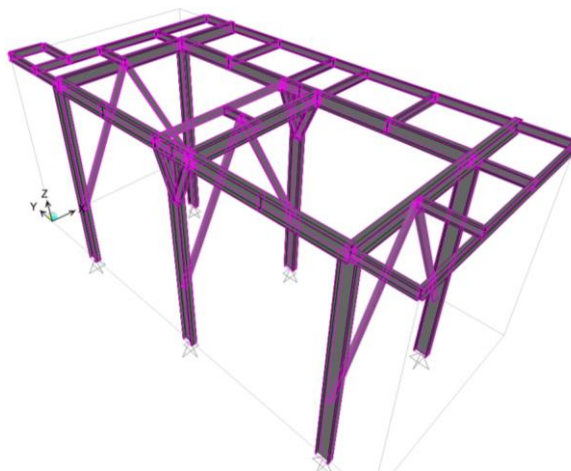
**Figura 61. Características perfil IPE 200**

Se procede a asignar los materiales y las secciones pertinentes a cada uno de los elementos de la estructura:



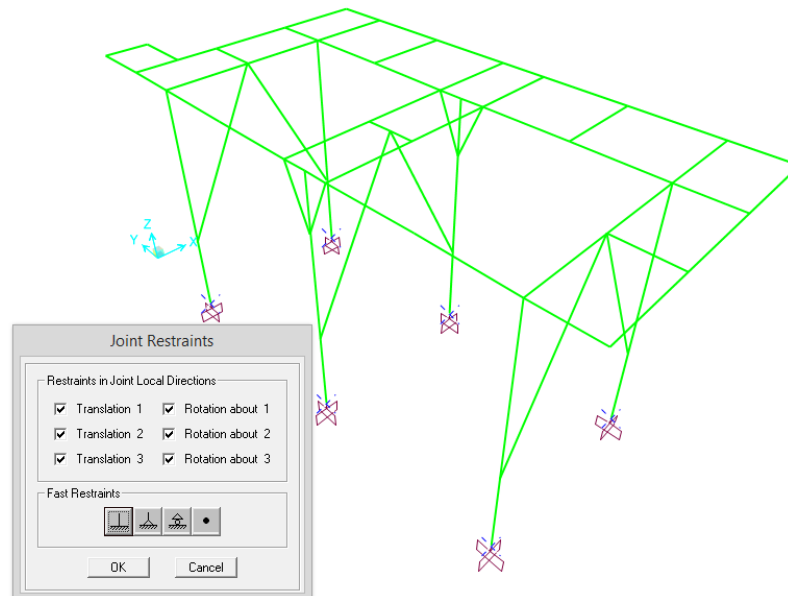
**Figura 62. Asignación de perfiles a cada elemento**

En el diseño se debe comprobar que los perfiles ingresados se encuentren en las posiciones reales con sus ejes locales. Para ello se aplica la opción de extruir los perfiles.



**Figura 63. Visualización de dirección de perfiles**

La estructura será soldada a una placa base que se unirá al suelo mediante pernos de anclaje. Por ello la traslación y rotación está restringida en los tres ejes X, Y y Z.



**Figura 64. Restricciones de movimientos en anclajes**

A continuación se procede a asignar las cargas que actúan sobre la estructura. En el análisis, se ocupa la combinación de cargas utilizadas por la NORMA AISC (sección 2-8) para el método LRFD.

$$Carga = 1.2 D + 1.6 L + 0.5 * (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$$

Donde para la condición actual el término debido a lluvia, nieve o carga viva en el techo se ha eliminado.

Las cargas sobre la estructura se muestran en la tabla 13.

Tabla 13.

**Tipos de cargas en la estructura de premezclado**

<b>Carga</b>	<b>Tipo</b>
<b>Peso propio cada elemento de la estructura</b>	Muerta
<b>Peso piso corrugado</b>	Muerta
<b>Personas</b>	Viva
<b>Quintales de polímero</b>	Viva
<b>Recipiente vacío y accesorios</b>	Muerta
<b>Contenido del recipiente</b>	Viva
<b>Carga lateral por sismo</b>	Ver código

**Carga debido a peso propio de los miembros estructurales**

El peso propio de los elementos de la estructura se considera al asignar el material en el programa SAP 2000, de tal modo que no se asignará esta característica como parte de las cargas.

**Carga de plancha de acero corrugada**

La plancha que se utilizará en la estructura será plancha de tol corrugada de 3 mm de espesor, la cual se consigue en el mercado en dimensiones estándar de 2440\*1220 mm. El peso de una plancha es de 70.10 kg. (DIPAC, 2011)

Obteniendo el peso en un área tenemos:

$$W_{plancha} = \frac{78.10kg * 9.81 \frac{m}{s^2}}{2440mm * 1220mm} = 2.3101 * 10^{-4} \frac{N}{mm^2}$$

En la estructura de premezcla el ancho de los andenes es variable. La figura 65 muestra el ancho del andén, donde se va a colocar plancha de tol corrugada.



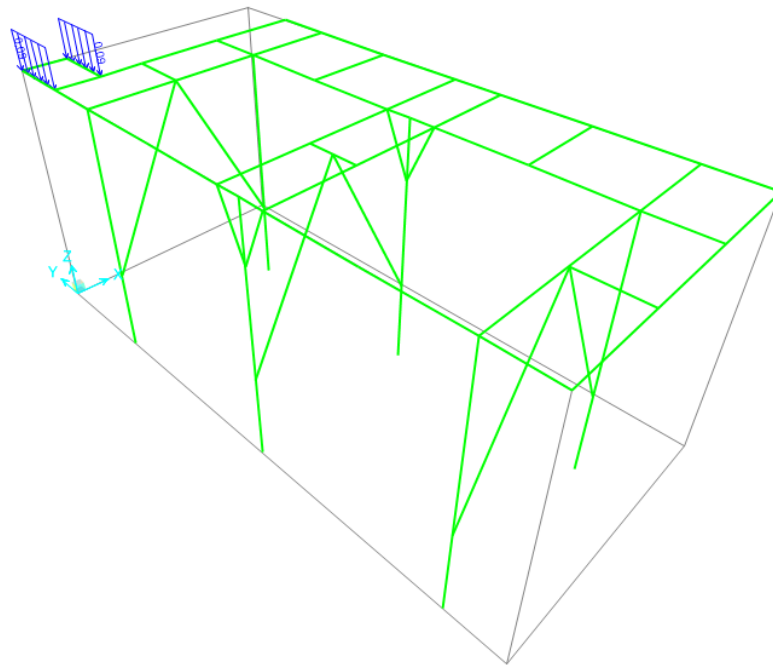
**Figura 65. Zonas de carga por peso de la plancha**

La zona amarilla (1) posee un ancho de 640 mm, por lo tanto el peso de la plancha de tol corrugada en ese ancho es:

$$W_{amarilla} = 2.3101 * 10^{-4} \frac{N}{mm^2} * 640mm = 0.147864 \frac{N}{mm}$$

Multiplicando por el factor de seguridad del método LRFD y dividiendo el resultado entre las dos vigas No 1 del gráfico, se obtiene una carga para las vigas que soportan la plancha amarilla de:

$$W_{planchaamarilla} = 0.147864 \frac{N}{mm} * 1.2 * \frac{1}{2} = 0.08871 \frac{N}{mm}$$



**Figura 66. Aplicación de cargas por peso de plancha zona 1**

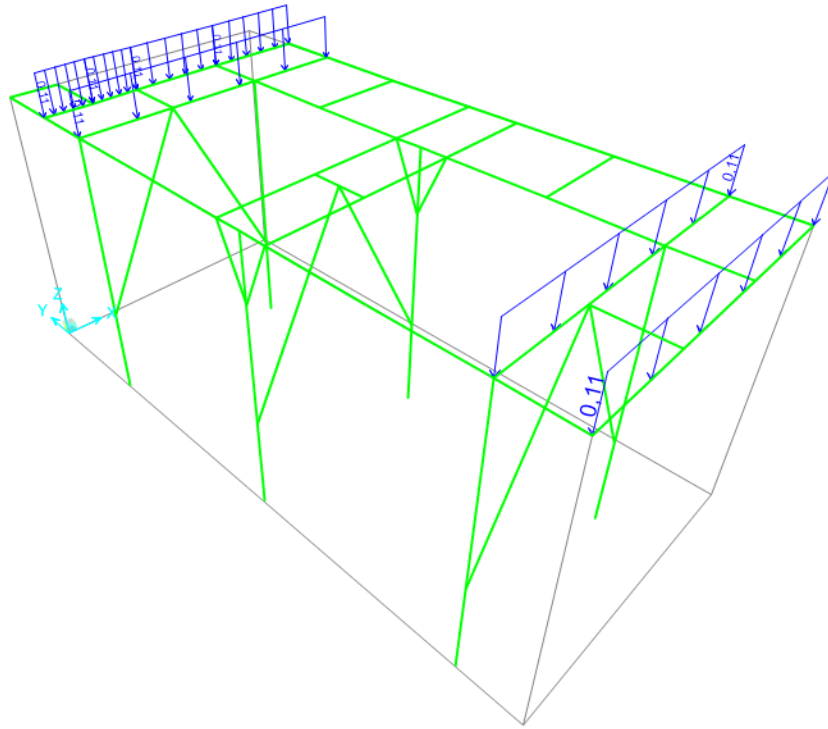
La zona roja (2) posee un ancho de 800 mm, por lo tanto el peso de la plancha de tol corrugada en ese ancho es:

$$W_{roja} = 2.3101 * 10^{-4} \frac{N}{mm^2} * 800mm = 0.18481 \frac{N}{mm}$$

Multiplicando por el factor de seguridad del método LRFD y dividiendo el resultado entre las dos vigas No 2 del gráfico, se obtiene una carga para las vigas que soportan la plancha roja de:

$$W_{plancharaja} = 0.18481 \frac{N}{mm} * 1.2 * \frac{1}{2} = 0.1109 \frac{N}{mm}$$





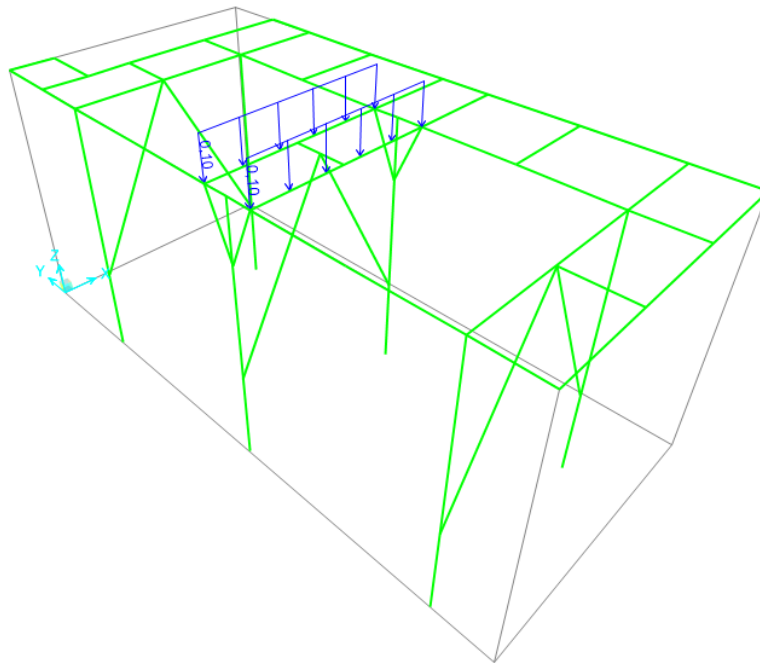
**Figura 67. Aplicación de cargas peso de plancha zona 2**

La zona verde (3) posee un ancho de 740 mm, por lo tanto el peso de la plancha de tol corrugada en ese ancho es:

$$W_{verde} = 2.3101 * 10^{-4} \frac{N}{mm^2} * 740mm = 0.1709 \frac{N}{mm}$$

Multiplicando por el factor de seguridad del método LRFD y dividiendo el resultado entre las dos vigas No 3 del gráfico, se obtiene una carga para las vigas que soportan la plancha verde de:

$$W_{verde} = 0.1709 \frac{N}{mm} * 1.2 * \frac{1}{2} = 0.1025 \frac{N}{mm}$$



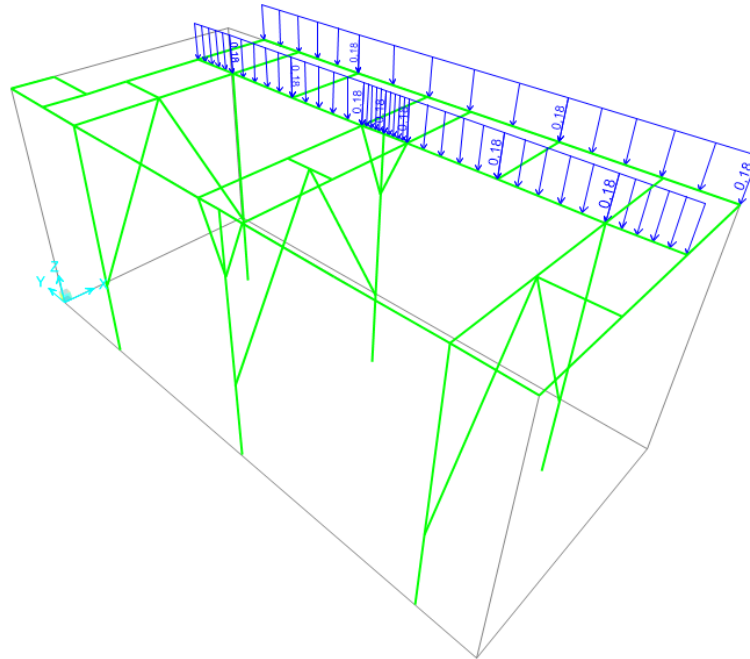
**Figura 68. Aplicación de cargas peso de plancha zona 3**

La zona celeste (4) posee un ancho de 1270 mm, por lo tanto el peso de la plancha de tol corrugada en ese ancho es:

$$W_{celeste} = 2.3101 * 10^{-4} \frac{N}{mm^2} * 1270mm = 0.2934 \frac{N}{mm}$$

Multiplicando por el factor de seguridad del método LRFD y dividiendo el resultado entre las dos vigas No 4 del gráfico, se obtiene una carga para las vigas que soportan la plancha celeste de:

$$W_{celeste} = 0.2934 \frac{N}{mm} * 1.2 * \frac{1}{2} = 0.1760 \frac{N}{mm}$$



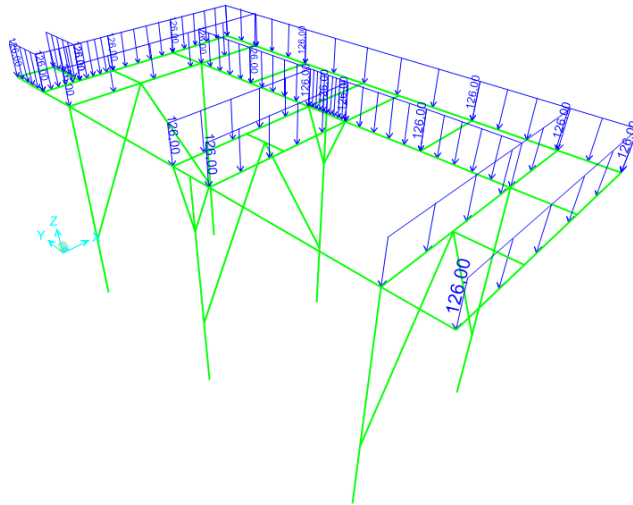
**Figura 69. Aplicación de cargas por peso de plancha zona 4**

### **Cargas de personas**

En la carga de personas, se considerará que existen dos personas en cada metro longitudinal del andén. El peso de cada persona se considera de 80 kg, distribuido en las dos vigas que soportan el piso del andén. Se considera que las personas son carga viva por lo que el factor de seguridad en el diseño es 1.6.

$$W_{personaviga} = \frac{2 * 80kg * 9.81 \frac{m}{s^2}}{1000 mm} * \frac{1}{2} * 1.6 = 1.2557 \frac{N}{mm}$$

Esta carga va distribuida en las vigas que soportan los andenes de plancha de tol corrugada.



**Figura 70. Carga de personas**

### **Carga de Polímero LGSBS 411**

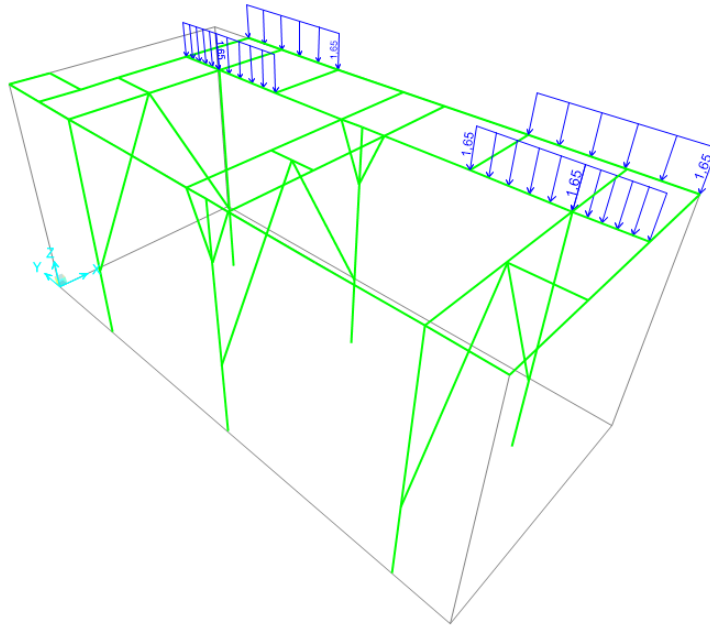
La zona de carga es representada por el área naranja que se muestra en la figura 71. La zona verde clara representa las vigas que soportarán el peso de la zona de carga.



**Figura 71. Zona de carga de polímero**

La carga aproximada por producto es de 400 kilogramos. Distribuido en la longitud de la zona de carga que es de 1900 mm y en dos vigas.

$$W_{cargamineralesviga} = \frac{400kg * \frac{9.81m}{s^2}}{1900mm} * \frac{1}{2} * 1.6 = 1.65 \frac{N}{mm}$$



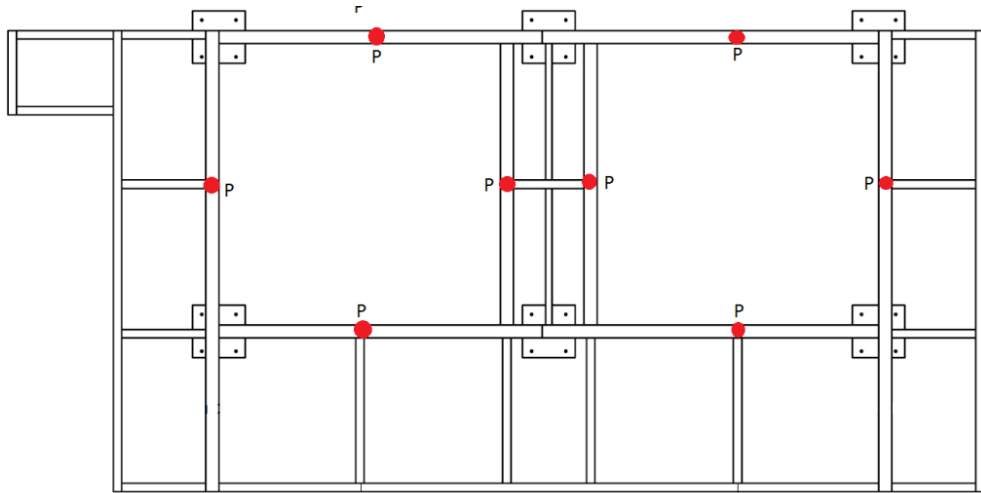
**Figura 72. Carga de polímero**

### **Carga de Recipiente vacío**

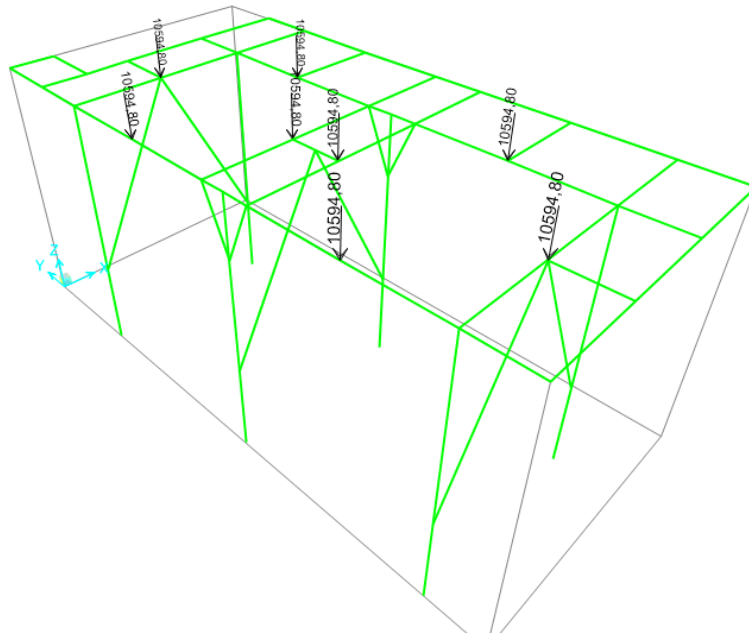
La carga de recipiente vacío es de 3600 kg y se considera como carga muerta, dividiendo esta carga para los cuatro puntos de apoyo del recipiente se tiene que:

$$W_{tanque} = \frac{3600kg}{4} * 9.81 \frac{m}{s^2} * 1.2 = 10594.8 N$$

La carga puntual va aplicada en los 8 puntos P mostrados en la figura siguiente.



**Figura 73. Puntos de carga de recipiente vacío**



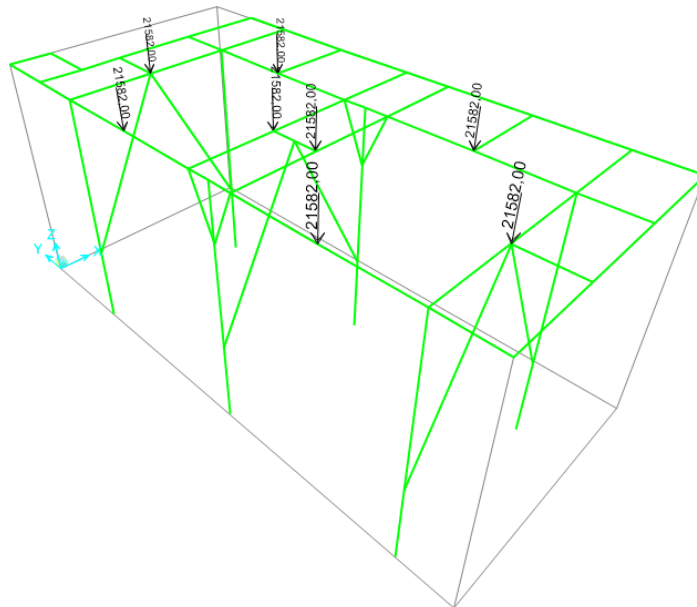
**Figura 74. Aplicación de carga por recipiente vacío**

### Carga de fluido dentro del recipiente

La carga de recipiente lleno es de 9100 kg, por lo que la carga de fluido dentro del recipiente es 5500 kg, considerada como carga viva. Dividiendo esta carga para los cuatro puntos de apoyo del recipiente se tiene que:

$$W_{tanque} = \frac{5500kg}{4} * 9.81 \frac{m}{s^2} * 1.6 = 21582N$$

Esta carga va aplicada en los mismos puntos que se aplica la carga del recipiente vacío.



**Figura 75. Carga de fluido dentro del recipiente**

### Carga Lateral por Sismo

El análisis sísmico de una estructura es dinámico, sin embargo puede ser simplificado a un análisis estático mediante la adición de una carga lateral.

La carga lateral producida por un eventual sismo se la aplica en la zona del elemento de mayor masa en la estructura, el cual en la presente estructura son los dos tanques llenos de asfalto polimerizado.

Para calcular la carga lateral a ser aplicada se ha recurrido al Código Ecuatoriano de la Construcción, Sección 7: Estructuras distintas a las de Edificación.

El cálculo de la fuerza lateral generada por los tanques viene dado por la siguiente fórmula:

$$V = 0.6 * Z * I * W$$

Donde:

Z: Factor dependiente de la zona sísmica adoptada. Depende de la ubicación de la estructura en el territorio Ecuatoriano.

I: Factor dependiente del tipo de uso, destino e importancia de la estructura.

W: Peso de los tanques de soporte de la estructura.

Debido a que la estructura se encuentra en la Provincia de Pichincha, Cantón Quito, se procede a entrar a la tabla del Anexo P, observando que la estructura se encuentra en la Zona sísmica IV. La tabla siguiente muestra el factor Z dependiente de la zona sísmica, equivalente a 0.40.

**Tabla 14.**

**Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada**

Zona sísmica	I	II	III	IV
Valor Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.40

**Fuente: Código ecuatoriano de la Construcción**



De la tabla 15 se obtiene el valor del factor I:

**Tabla 15.**

**Tipo de uso, destino e importancia de la estructura**

<b>Categoría</b>	<b>Tipo de uso, destino e importancia</b>	<b>Factor I</b>
Edificaciones esenciales y/o peligrosas	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras Estructuras	Todas las estructuras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1

**Fuente: Código ecuatoriano de la Construcción**

Por lo tanto la carga generada por cada tanque es:

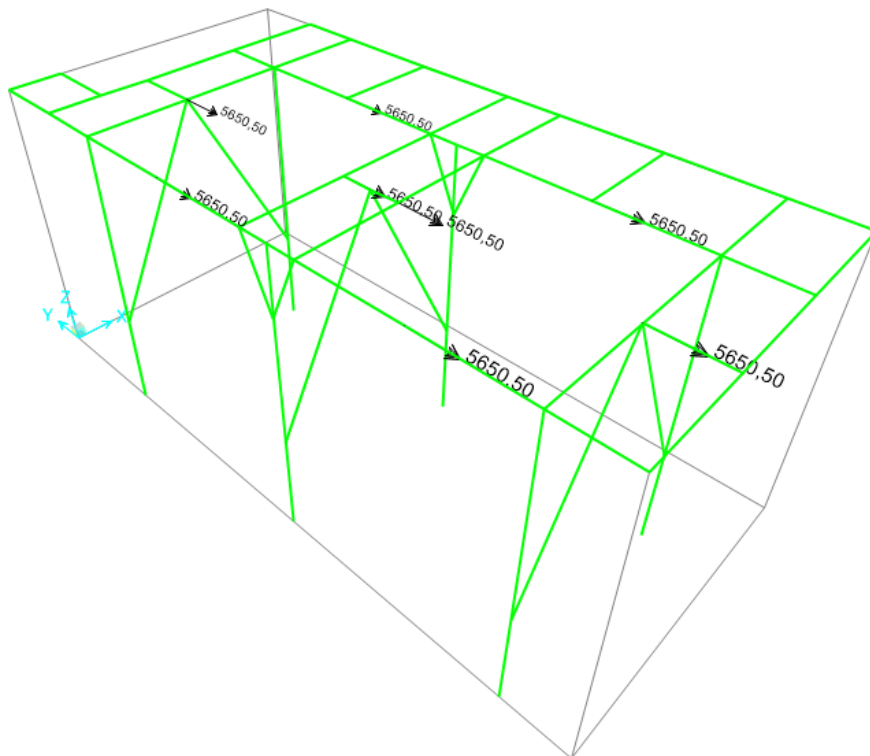
$$V = 0.6 * Z * I * W = 0.6 * 0.4 * 1 * 9600 \text{ kg}$$

$$V = 2304 \text{ kg}$$

Dicha carga será aplicada en los puntos de apoyo (orejas de soporte) de cada tanque y en la dirección que no existen arriostramientos (condición crítica), por lo que la carga aplicada en cada punto de apoyo de los recipientes es:

$$V_h = \frac{2304 \text{ kg}}{4} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 5650 \text{ N}$$

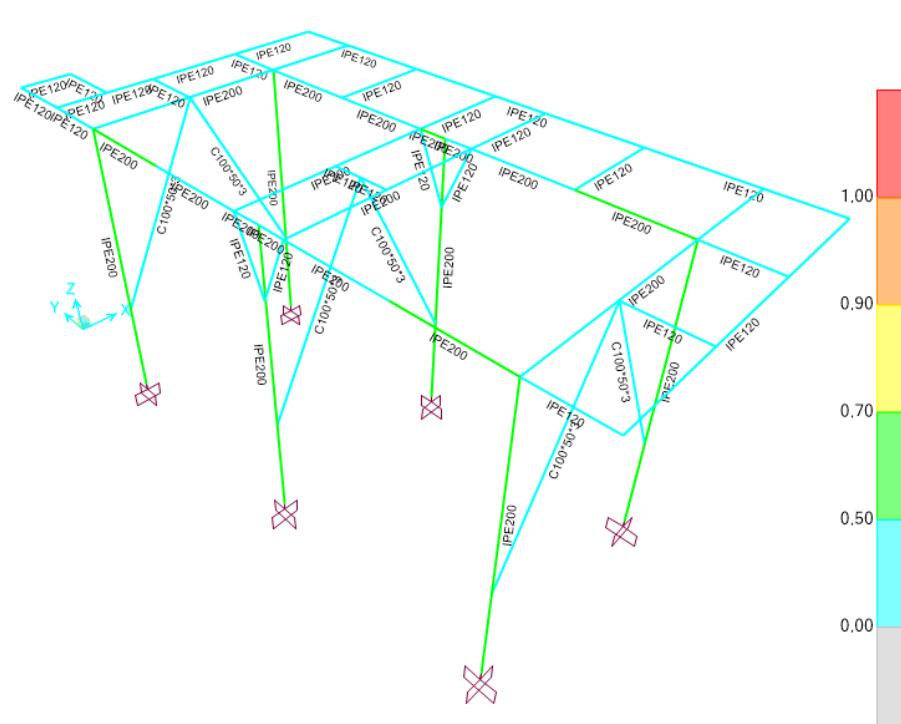
La figura 76 Muestra la carga debido a sismo aplicada en la estructura.



**Figura 76. Carga lateral por sismo aplicada a la estructura**

## RESULTADOS

El programa SAP 2000 permite revisar los resultados obtenidos en la estructura realizando un análisis elemento por elemento. Sin embargo globalmente nos da una visión del porcentaje de utilización (factor de seguridad) en el que se encuentra cada elemento de la estructura en estudio. Es aconsejable que la estructura se encuentre en los colores celeste y verde, ya que eso garantiza un factor de seguridad aceptable.



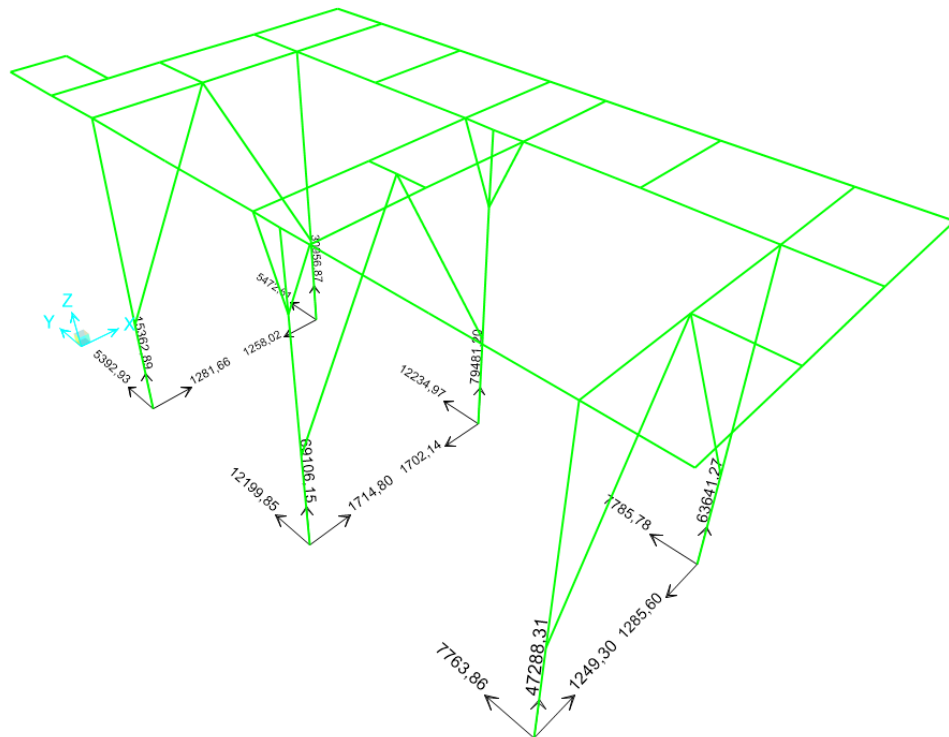
**Figura 77. Análisis SAP 2000**

Todos los elementos están en celeste y verde por lo que la estructura en cuestión tiene un factor de seguridad aceptable.

De la figura también se puede definir que los elementos más críticos son las seis columnas y los elementos 47, 52, 55, 56.

## Reacciones en los anclajes

Las reacciones en los anclajes de la estructura se aprecian en la figura siguiente.

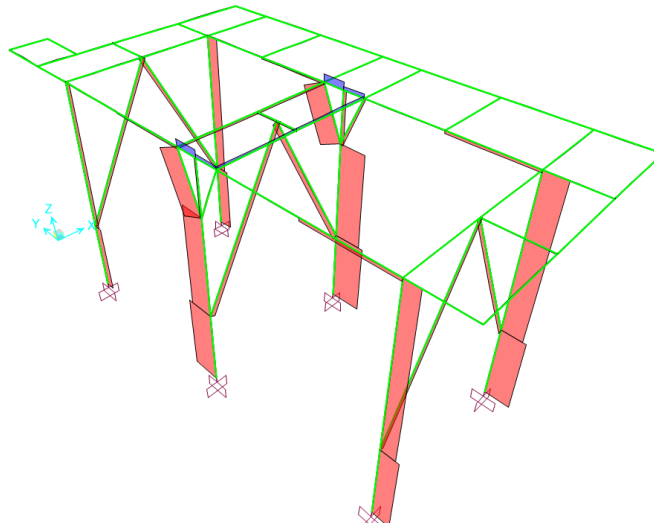


**Figura 78. Reacciones en anclajes**

Como se puede observar en la figura 78, el análisis elaborado por SAP 2000 cumple con la sumatoria de fuerzas en los tres ejes. En dicha figura se observa la máxima fuerza en el eje vertical, la misma que es equivalente a 79481 N y posteriormente nos permitirá diseñar las placas de anclaje de la estructura.

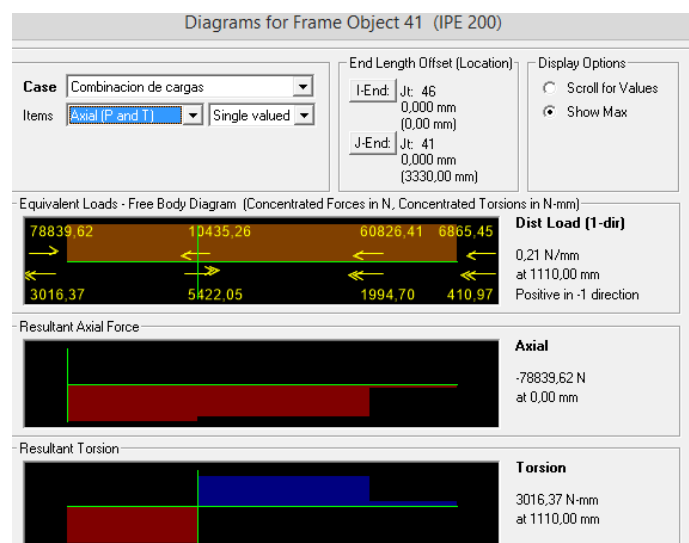
## Fuerza Axial

La figura 79 muestra las fuerzas axiales en los elementos de la estructura, como se observa, los elementos más afectados por carga axial son las 6 columnas y los elementos No 39 y 43.



**Figura 79. Carga axial en elemento de la estructura**

El programa SAP2000 permite obtener de la carga axial y torsional de cada elemento como se muestra en la figura siguiente:



**Figura 80. Carga axial y diagrama de torsión elemento 41**

La tabla siguiente muestra el valor máximo de carga axial y de torsión en los elementos críticos.

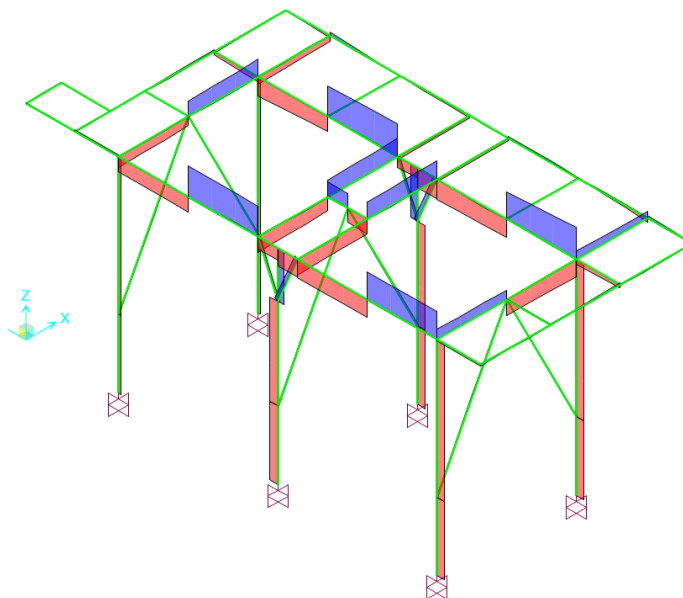
**Tabla 16.**

**Carga Axial y Torsional**

No. De Elemento	Tipo de Elemento	Carga Axial máxima [N]	Resultante máximo de torsión [N*mm]
11	Columna	-27498	-5288
12	Columna	-43144	5017
15	Columna	-35894	-6436
18	Columna	-52122	6324
37	Columna	-68337	-3138
39	Apoyo	-45801	-530
41	Columna	-78840	3017
43	Apoyo	-50199	682

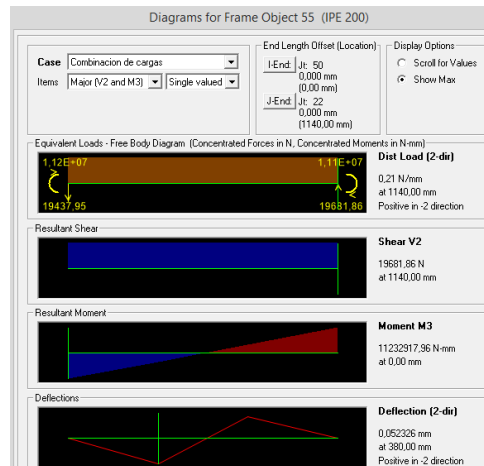
**Deformaciones, momentos y fuerza cortante**

La figura 81 permite observar los elementos de la estructura sometidos a fuerza cortante, momentos y deformación.



**Figura 81. Fuerzas cortantes en elementos de la estructura**

El programa SAP2000 permite obtener la fuerza cortante, el momento flector y la deformación máxima de cada elemento.



**Figura 82. Diagrama de fuerza cortante y momentos en elemento 55**

La tabla 17 muestra los resultados de fuerzas cortantes, momentos y deformación máxima de los elementos más críticos.

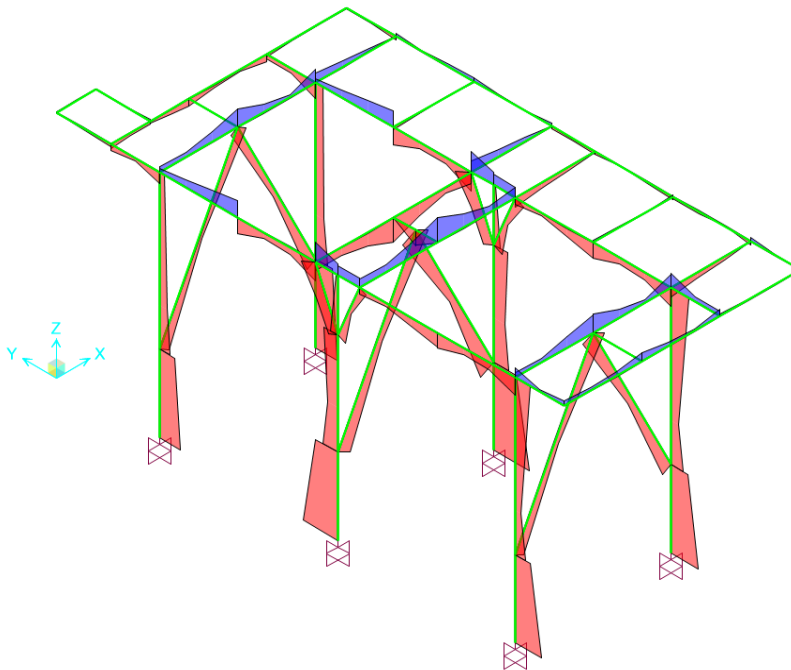
**Tabla 17.**

**Fuerza cortante, momento y deflexión máxima**

No. De Elemento	Tipo de Elemento	Fuerza cortante máxima [N]	Momento máximo [N*mm]	Deflexión máxima [mm]
19	Viga	-12367	7938210	1.38
20	Viga	12320	8200701	1.37
21	Viga	12973	11942746	2.16
23	Viga	12979	12241554	2.61
46	Viga	-14063	11582129	1.92
47	Viga	22377	-12192803	1.92
48	Viga	-13545	12945054	1.98
49	Viga	22894	12945199	1.98
52	Viga	-10873	12554020	1.83
53	Viga	21790	12554020	1.83
54	Viga	-12981	11232918	1.77
55	Viga	19681	11232918	1.77

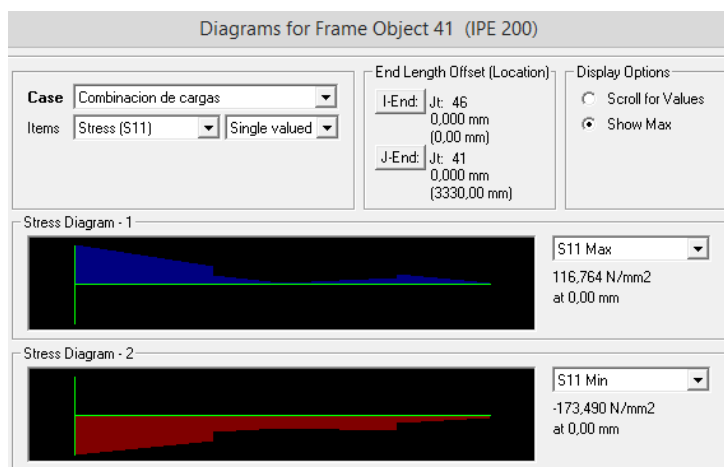
## Esfuerzos

La figura 83 muestra los esfuerzos combinados de los elementos de la estructura.



**Figura 83. Esfuerzos combinados en la estructura**

El programa SAP2000 permite obtener el máximo esfuerzo combinado.



**Figura 84. Esfuerzo máximo y mínimo elemento 41**



La tabla 18 muestra los resultados de Esfuerzos máximos y mínimos de los elementos más críticos.

**Tabla 18.**

**Esfuerzos máximo y mínimo**

No. De Elemento	Tipo de Elemento	Esfuerzo Máximo [MPa]	Esfuerzo mínimo [MPa]
11	Columna	81	-101
12	Columna	75	-106
15	Columna	101	-127
18	Columna	95	-132
19	Viga	76	-76
20	Viga	78	-77
21	Viga	102	-103
23	Viga	105	-103
37	Columna	120	-170
39	Apoyo	-23	-75
41	Columna	116	-173
43	Apoyo	-25	-85

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el análisis de resultados de la estructura de la estación de premezcla se consideran dos criterios:

### a) Criterio por desplazamiento

El desplazamiento máximo en la estructura es de: 2.61 mm en el elemento 23.

La deflexión máxima permitida (AISC) es:

$$\delta_{max} = \frac{L}{500}$$

Donde L es la altura de la estructura:

$$\delta_{max} = \frac{3330}{500} = 6.66 \text{ mm} > \delta_{calc} = 2.61 \text{ mm}$$

Como se observa la deflexión máxima permitida es mayor a la deflexión calculada por lo que la estructura en mención aprueba el criterio de deflexión máxima

### **b) Criterio por esfuerzo máximo permisible**

En el criterio de esfuerzo máximo permisible se aplica el concepto de factor de seguridad, ya que el esfuerzo permisible (obtenido mediante la simulación) debe ser menor al esfuerzo de fluencia del material. El esfuerzo de fluencia para el acero A36 es: 250 MPa

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_{falla}}{n}$$

El esfuerzo mayor obtenido mediante la simulación de la estructura se obtiene de la columna No 41, por lo que se considera a este elemento como el más crítico.

El esfuerzo crítico tiene un valor de 173 MPa, lo que nos permite calcular el factor de seguridad de la estructura.

$$n = \frac{\sigma_{falla}}{\sigma_{perm}} = \frac{250 \text{ MPa}}{173 \text{ MPa}} = 1.45$$

Lo que cumple con el criterio de aceptación de un factor de seguridad requerido mayor a 1.

## Diseño de placas de anclaje

La estructura diseñada será anclada al piso mediante placas de anclaje debido a que si la columna fuera apoyada directamente al piso, este no soportaría el esfuerzo producido ya que el área de contacto sería muy pequeña.

El diseño de las placas de anclaje se basa en la resistencia del piso dentro de la nave industrial.

La resistencia del piso es:  $15 \frac{kg}{cm^2}$

La fuerza mayor en el eje Y es:  $79481 N = 8102 kg$

La fuerza máxima de soporte (método LRFD Norma AISC, Sección J8 pág. 1592) viene dada por:

$$P_u = (0.85 * A_1 * f_c) * \phi_c$$

Donde:

$P_u$ : Carga factorada (reacción en la estructura)

$\phi_c$ : Factor de resistencia de soporte = 0.6 según LRFD

$f_c$ : Resistencia del piso

$A_1$ : Área mínima de la placa

$$A_1 = \frac{P_u}{0.85 * f_c * \phi_c} = \frac{8102kg}{0.85 * 0.6 * \frac{15kg}{cm^2}} = 1059.1 cm^2$$

La placa será cuadrada y la longitud mínima de un lado debe ser:

$$a = \sqrt{1059.1cm^2} = 32 cm$$

Se escoge una placa base de 40\*40 cm por 12.7 mm de espesor (Disponible en la planta)

### **3.3.5. RED DE TUBERÍA DE RECIRCULACIÓN**

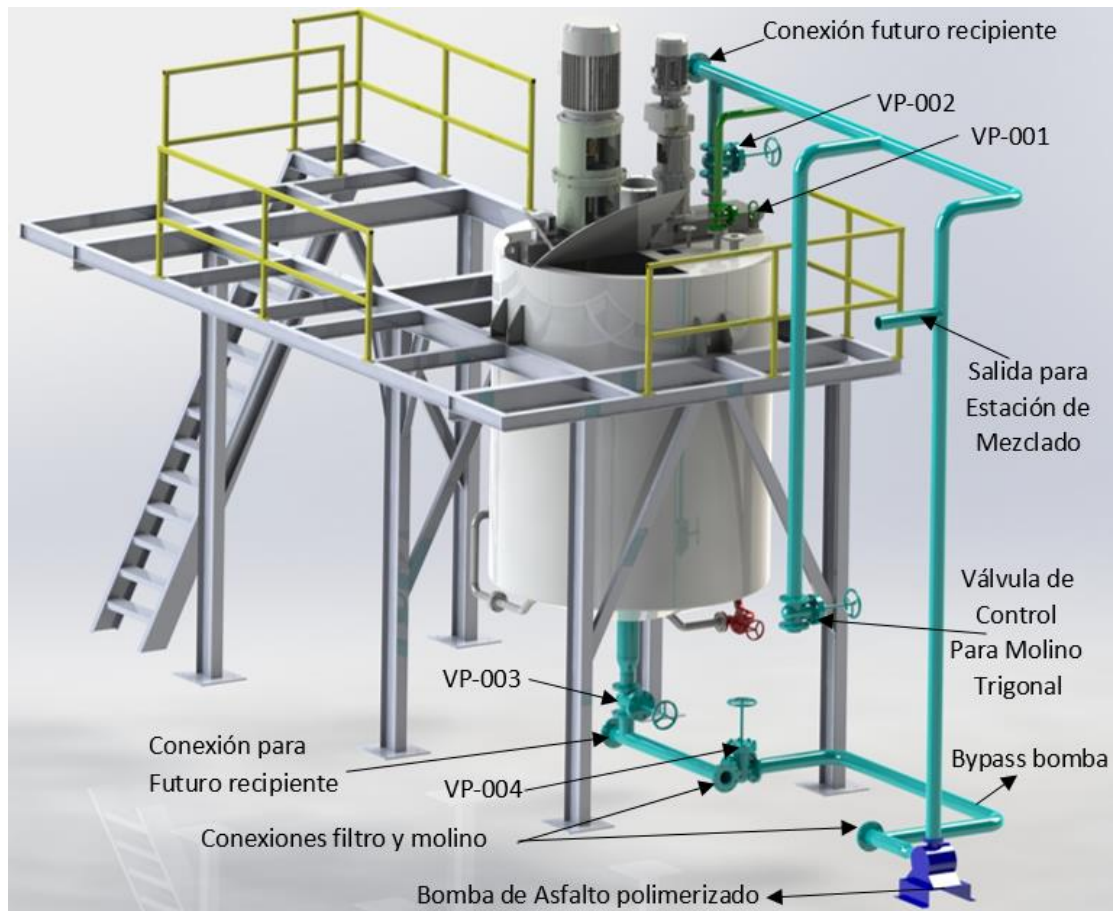
#### **3.3.5.1. REQUERIMIENTOS DE LA TUBERÍA DE RECIRCULACIÓN DE ASFALTO POLIMERIZADO**

Para mejorar el tiempo de preparación de asfalto polimerizado en esta estación es necesario una red de tubería que permita recircular esta mezcla durante el tiempo de preparación. La bomba que permitirá la recirculación de asfalto polimerizado en la estación de premezcla, es la misma que realizará el transporte hacia la estación de mezclado, por lo que el juego de válvulas en esta red de tuberías es esencial. Los requerimientos de la tubería de recirculación de asfalto polimerizado son:

- Conexiones necesarias para la futura llegada de otro recipiente premezclador.
- Conexiones necesarias para elementos futuros como un molino trigonal y filtro de asfalto polimerizado.
- Bomba encamisada que permita el transporte de recirculación de asfalto polimerizado.
- Tubería encamisada durante todo el trayecto.
- La red de transporte no deberá interrumpir ni causar molestias en el camino de los operadores.

#### **3.3.5.2 DISPOSICIÓN DE TUBERÍAS**

En la figura 85 se muestra la disposición final de tuberías en la estación de premezcla, donde se ha considerado las instalaciones que a futuro podrían formar parte del sistema. Las conexiones para accesorios que serán parte del sistema en el futuro se las realizará con bridas ciegas (Blind flanges).



**Figura 85. Disposición de tubería de recirculación**

### 3.3.5.2. CÁLCULO DEL FLUJO REQUERIDO

Datos:

Fluido: Asfalto polimerizado

Temperatura de transporte = 200°C

Viscosidad dinámica a 200°C=  $\eta=10.55$  Pa.s

Tubería de transporte: NPS 4 SCH 40

Gravedad específica:  $\gamma=1.007$

Diámetro interno de tubería:  $\varphi=102.3\text{mm}=0.1023$  m (Megyesy, 2001)

Como su nombre lo indica el proceso de recirculación es un proceso que permite descargar el asfalto polimerizado del tanque premezclador y retornarlo al mismo para mejorar el tiempo de dispersión en la mezcla y obtener una mezcla homogénea en el menor tiempo posible. El proceso de dispersión dura aproximadamente 2 horas (120 minutos). Se prevé que la bomba permita la recirculación de un volumen aproximado a 10 tanques premezcladores. Por lo tanto el volumen transportado por la bomba es:

$$V = 5500 \text{ l} * 10 = 55000 \text{ l}$$

Dividiendo para el tiempo estimado de dispersión:

$$Q = \frac{55000 \text{ l}}{2 \text{ h}} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} * \frac{1 \text{ gl}}{3.7854 \text{ l}} = 121.07 \text{ gpm} \approx 130 \text{ gpm}$$

### 3.3.5.3. CÁLCULO DE PÉRDIDAS

Las pérdidas totales por fricción se calculan mediante la sumatoria de pérdidas mayores y pérdidas menores totales.

$$h_f = h_{LM} + h_{lmTOTAL}$$

### CÁLCULO DE PÉRDIDAS MAYORES

La velocidad del fluido circulando por la tubería NPS 4 SCH 40 a 130 gpm es:

$$V = \frac{Q}{A} = 130 \frac{\text{gl}}{\text{min}} * \frac{4}{0.1023^2 \text{ m}^2 * \pi} * \frac{3.7854 \text{ l}}{1 \text{ gl}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0.9978 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Se calcula el número de Reynolds:

$$NRE = \frac{v * \phi * \rho}{\eta} = \frac{0.9978 \frac{m}{s} * 0.1023m * 1007 \frac{kg}{m^3}}{10.55 \frac{kg * m}{s^2 m^2} * s} = 9.7435$$

Debido a que NRE es menor a 4000 el flujo es laminar. Para flujo laminar el factor de fricción es:

$$f = \frac{64}{NRE} = \frac{64}{9.7435} = 6.5685$$

Para el cálculo de pérdidas por fricción en las líneas de tubería, se debe tomar en cuenta la longitud total de la línea de descarga de asfalto modificado. Dicha longitud se obtiene de la suma de las longitudes parciales que se pueden observar en el plano de tubería de asfalto polimerizado, y es equivalente a 17.843 metros.

$$h_{LM} = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} = 6.5685 * \frac{17.843m * 0.9978^2 \frac{m^2}{s^2}}{0.1023m * 2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 58.14m$$

## CÁLCULO DE PÉRDIDAS MENORES

La pérdida menor en cada accesorio es calculada mediante:

$$h_{lm} = k * \frac{v^2}{2g} = k * \frac{0.9978^2 \frac{m^2}{s^2}}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.0507 * k$$

Donde el factor k se obtiene mediante:

$$k = \left( \frac{L_e}{D} \right) * f_T$$

Los valores de (Le/D) se obtienen del ANEXO I y los valores de ft del ANEXO J





La pérdida en cada línea de tubería (succión y descarga) por pérdidas menores se establece mediante la sumatoria de la pérdida en cada tramo:

$$h_{lmTOTAL} = 0.1517m + 0.1068m = \mathbf{0.2585m}$$

La pérdida total por fricción del sistema de recirculación de asfalto polimerizado es:

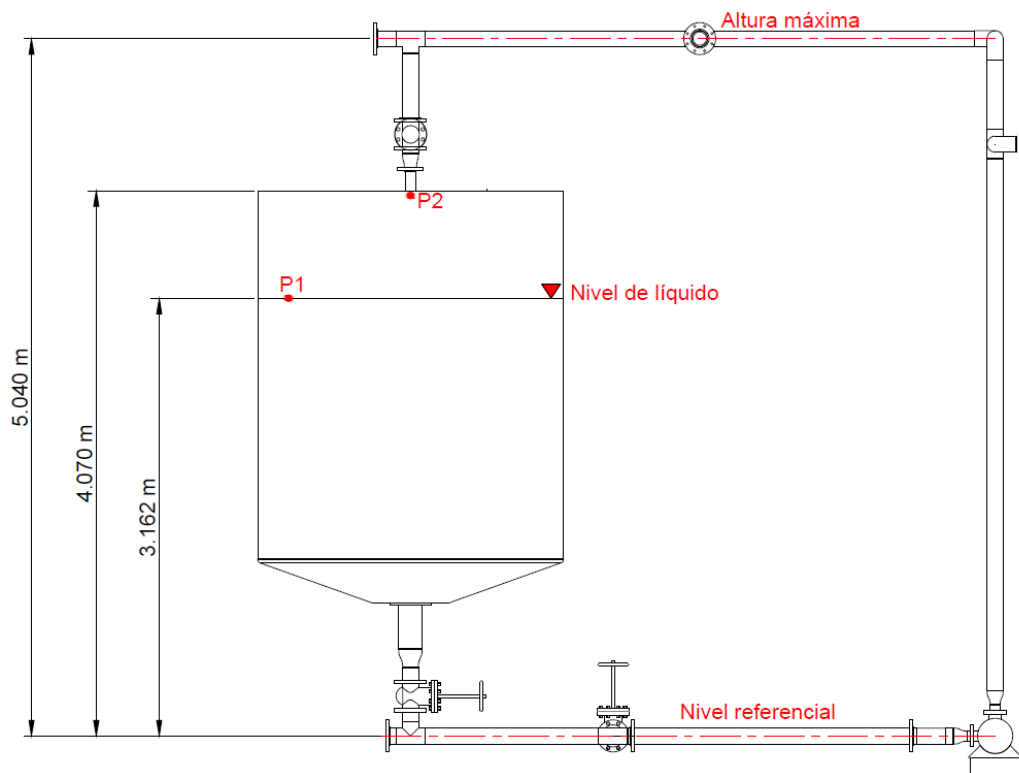
$$h_f = h_L + h_{lmTOTAL} = 58.14 m + 0.2585m = \mathbf{58.40m}$$

#### 3.3.5.4. SELECCIÓN DE LA BOMBA REQUERIDA

La bomba requerida se selecciona mediante el cálculo de la carga dinámica total. La misma que viene planteada por la ecuación:

$$h_A = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + z_2 - z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_f$$

Los puntos considerados para la ecuación de la energía se describen en la figura 86. El tanque premezclador con sus respectivas dimensiones se encuentra en el ANEXO G.



**Figura 86. Puntos en la ecuación de carga dinámica total**

En el punto 1, la presión es igual a cero debido a que la superficie se encuentra expuesta a presión atmosférica. En el punto 2 la corriente del fluido al descargarse también está expuesta a esta presión por lo que el factor dependiente de las presiones en la ecuación de la energía puede descartarse.

La velocidad en la superficie del fluido (punto 1) es aproximadamente cero. La velocidad del punto 2 es 0.9978m/s debido a que es la velocidad de descarga en el recipiente premezclador.

Aplicando estos valores en la ecuación de la carga dinámica total:

$$h_A = z_2 - z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_f$$

$$h_A = 4.070 - 3.162 + \frac{0.9978^2 \frac{m^2}{s^2} - 0 \frac{m^2}{s^2}}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} + 58.40$$

$$h_A = 59.36m * \frac{1.42psi}{1m} = 84.29psi$$

Para seleccionar el tamaño de la bomba se recurre a la gráfica del fabricante para selección de tamaños.

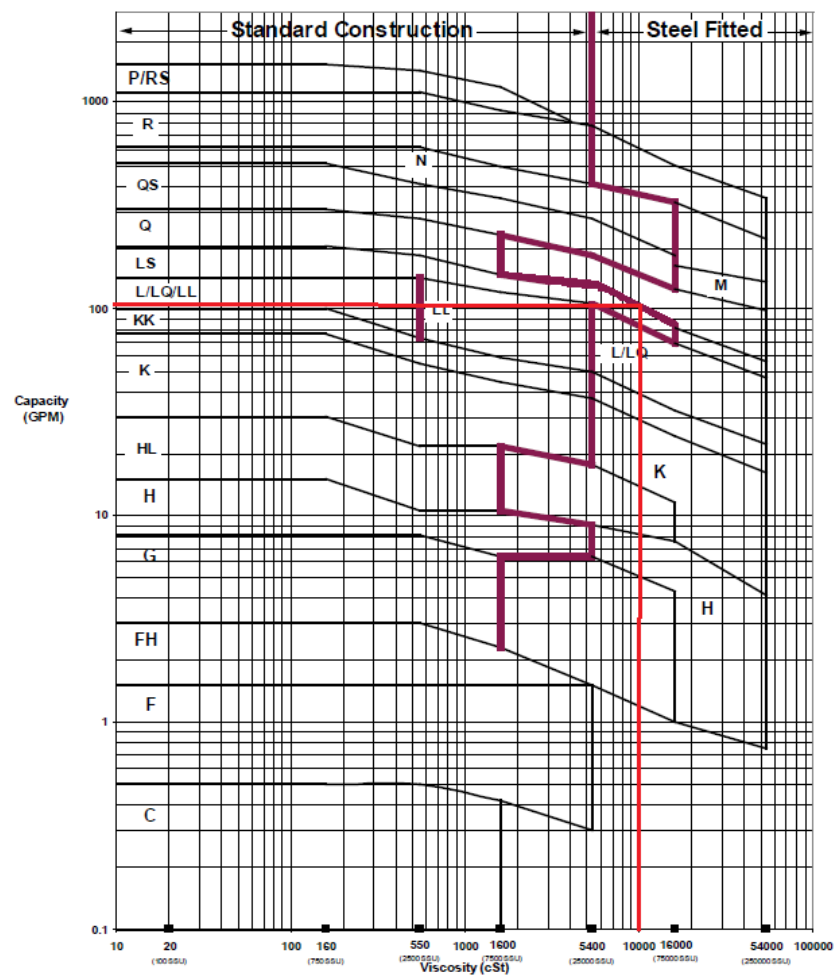
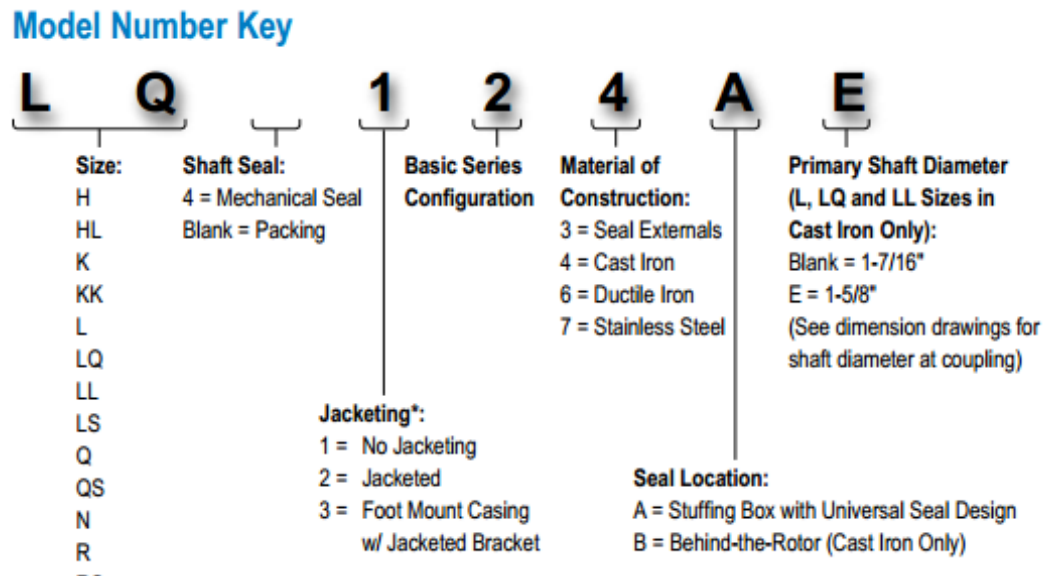


Figura 87. Gráfica de selección Viking Pump

Fuente: Viking Pump Manual

A una viscosidad de 10550 Cst y 130 galones por minuto de flujo el tamaño de bomba requerido es de la serie LS.

A continuación se seleccionará el modelo de bomba basado en la nomenclatura de las series de Viking Pump.



**Figura 88. Nomenclatura bombas Viking Pump**

Debido a que el fluido necesita estar a temperatura alta (250°C) se escogerá una bomba enchaquetada (jacketed) que permita el paso de aceite térmico al sistema, evitando el enfriamiento y solidificación dentro de la bomba.

El material óptimo para fluidos a altas temperaturas es el hierro fundido (cast iron), recomendado por el fabricante para bombas, ya que son las más económicas y abastecen correctamente al proceso.

La caja simple de empaques (universal) permite disminuir los costos de mantenimiento, de tal manera que se escogerá este modelo.

Con las condiciones presentadas, el modelo de bomba seleccionado para la recirculación de asfalto polimerizado es: **LS 224 A**

### 3.3.5.5. SELECCIÓN DEL MOTOR DE LA BOMBA

Para seleccionar el motor de la bomba, es necesario conocer la potencia que la bomba agrega al fluido.

$$P_b = h_A * Q * \gamma$$

$$P_b = 84.29m * \left( 130 \frac{gal}{min} * \frac{3.7854l * 1m^3 * 1min}{1gal * 1000l * 60s} \right) * \left( 1007 \frac{kg}{m^3} * 9.81 \frac{m}{s^2} \right)$$

$$P_b = 6829.28 W$$

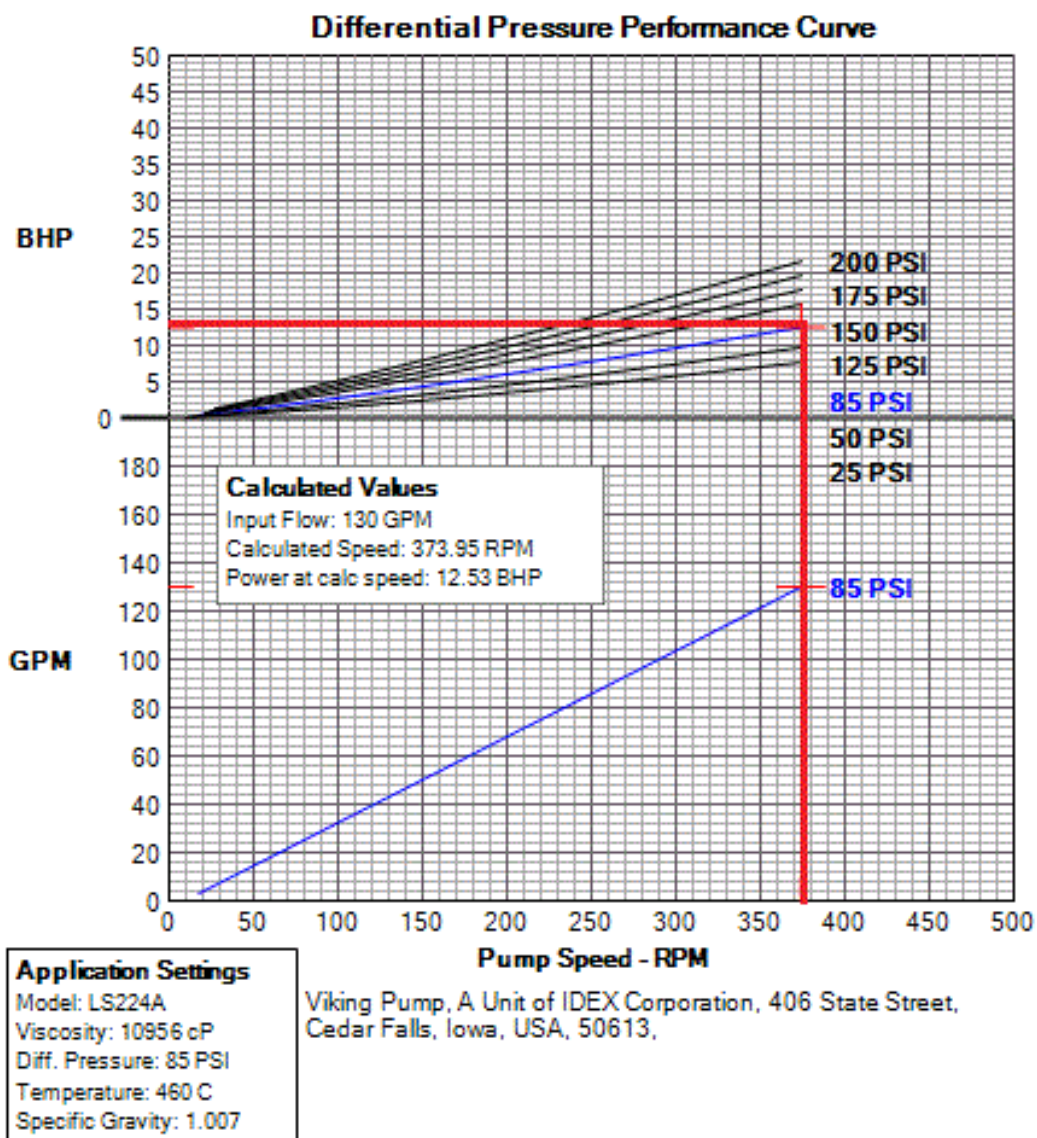
La potencia del motor eléctrico requerido se calcula mediante el cociente de la potencia de salida y la eficiencia mecánica del sistema. Se ha considerado una eficiencia de 70 % (Valor recomendado por Robert Mott, para bombas de desplazamiento positivo)

$$P_m = \frac{P_b}{0.70} = \frac{6835.12 W}{0.70} = 9756.12 W$$

Transformando a Caballos de fuerza:

$$P_m = 9756.12 W * \frac{1HP}{745.7W} = 13.08 HP$$

Para comprobar si la selección del motor que otorgará la potencia necesaria a la bomba es correcta, se recurre al software de Viking Pump.



**Figura 89. Curva Bomba LS224A**

**Fuente: Viking Pump Selector**

Como se observa el motor requerido es de aproximadamente 13 HP. Por lo que se seleccionará un motor de 15 HP estándar.

### **3.4. DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE MEZCLADO**

En la estación de mezclado, se deben definir las ubicaciones óptimas de los elementos de la estación, el sistema de red de tubería proveniente de la estación de premezcla, una estructura de acceso al mezclador y el sistema de tubería de alimentación hacia la balsa de impregnación.

#### **3.4.1. DISEÑO DEL DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN (P&ID)**

En la figura 90 se muestra el diagrama de tuberías e instrumentación de la línea de alimentación de asfalto polimerizado y de la línea de descarga de asfalto modificado, las cuales forman parte de la estación de mezclado.

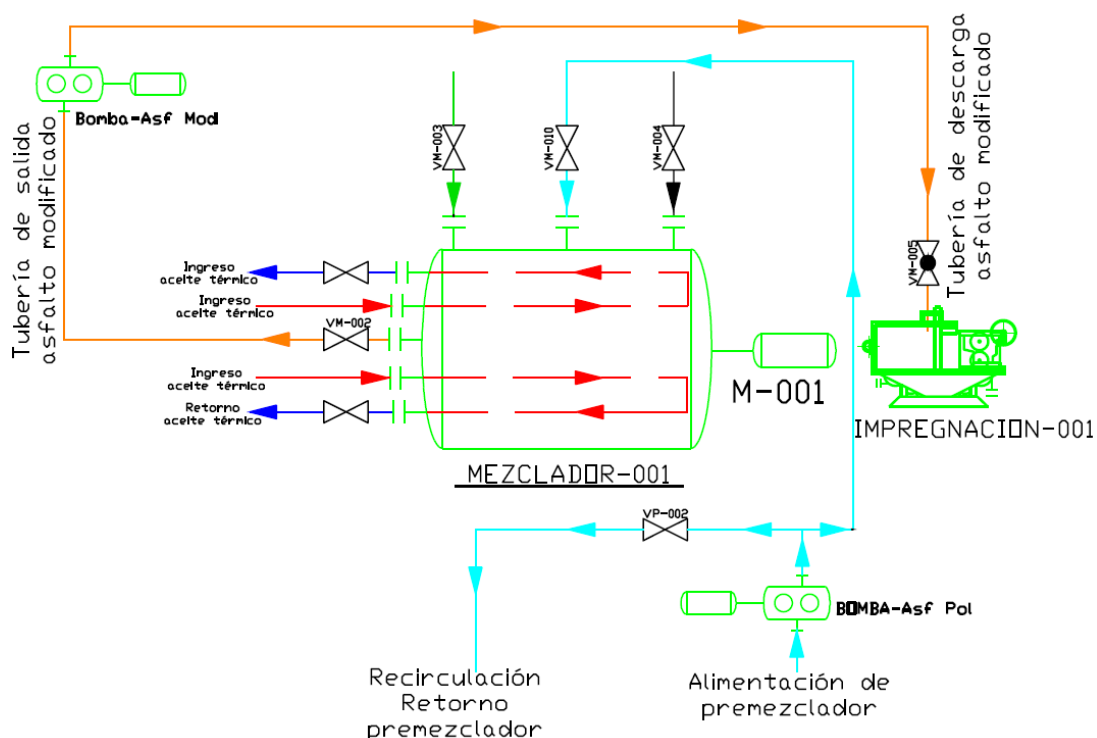
La línea de tubería verde muestra la alimentación de asfalto AC-20. La válvula VM-003 es la encargada de controlar el ingreso de asfalto al tanque mezclador. Se selecciona dicha válvula de tipo compuerta, ya que en el proceso no se requiere el control del flujo. La carga de asfalto AC-20 (aproximadamente 2000 kg) se la puede realizar mientras el asfalto polimerizado está recirculando y en proceso de dispersión en la estación de premezcla.

Cuando el asfalto polimerizado producido en la estación de premezcla se encuentra listo, se apaga dicha bomba y se cierra la válvula VP-002, ubicada en la estación de premezcla. Posteriormente se abre la válvula VM-010, encargada de permitir la alimentación de asfalto polimerizado a la estación de mezcla y se enciende nuevamente la bomba de asfalto polimerizado.

Cuando los dos asfaltos se encuentran dentro del tanque mezclador (AC-20 y polimerizado) se procede a encender el motor M-001, el mismo que accionará el eje de paletas dentro del tanque mezclador. Además se enciende el sistema de cargas minerales accionado mediante un sistema de tornillo sin fin.

Una vez que la carga de minerales se encuentra completa, se espera aproximadamente 30 minutos hasta que la mezcla se encuentre homogeneizada. Se procede a abrir la válvula M-002 y se acciona la bomba de asfalto modificado, permitiendo el transporte hacia la balsa de impregnación. El flujo de llegada hacia la balsa de impregnación es controlado mediante la válvula VM-005. Se selecciona dicha válvula como válvula de globo debido a que es la óptima para control de caudal.

La estación de mezclado debe contar también con una válvula para el reciclaje de asfalto modificado, proveniente de la balsa de impregnación. La válvula VM-004 es de compuerta, ya que no es necesario controlar flujo de llegada en esta red de tubería.



**Figura 90. Diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) de la estación de mezclado**



### **3.4.2. ESTRUCTURA DE ACCESO**

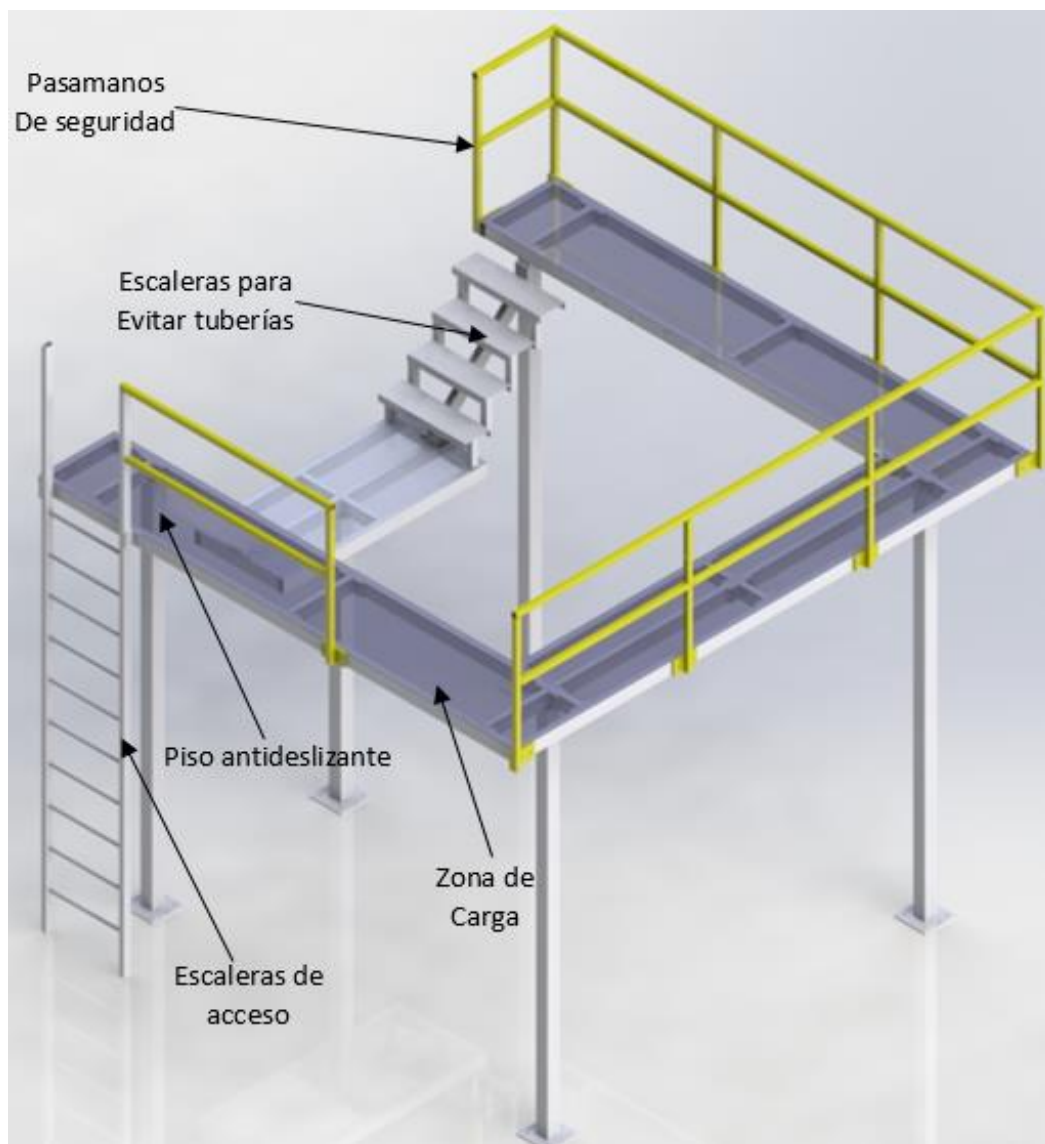
#### **3.4.2.1. REQUERIMIENTOS DE ESTRUCTURA DE ACCESO EN LA ESTACIÓN DE MEZCLADO**

El diseño estructural en la estación de mezclado se lo realiza debido a la necesidad de los operadores a acceder a las válvulas y accesorios del tanque. La estructura deberá tener las siguientes consideraciones:

- Estructura que permita un fácil acceso y manipulación (ergonomía) en accesorios y zona de carga del recipiente de mezclado.
- Permitir la circulación de los operadores sin riesgos de golpes o quemaduras en las tuberías.
- La estructura deberá ser desmontable por requerimientos de mantenimiento.
- Piso antideslizante.
- Escaleras de acceso adecuadas al recipiente.
- Factor de seguridad mayor a 1.
- Zona y pasillos de circulación peatonal.
- Pasamanos de seguridad industrial.
- Zona de carga de emergencia.

### 3.4.2.2. DISPOSICIÓN DE LA ESTRUCTURA

La estructura con sus elementos y accesorios se muestra en la figura 91, cumpliendo los requerimientos necesarios para la estructura.



**Figura 91. Disposición de la estructura de mezclado**

### 3.4.2.3. DISEÑO

La estructura de acceso al tanque mezclador será analizada bajo el código AISC. La simulación y resultados se los obtiene del software SAP 2000

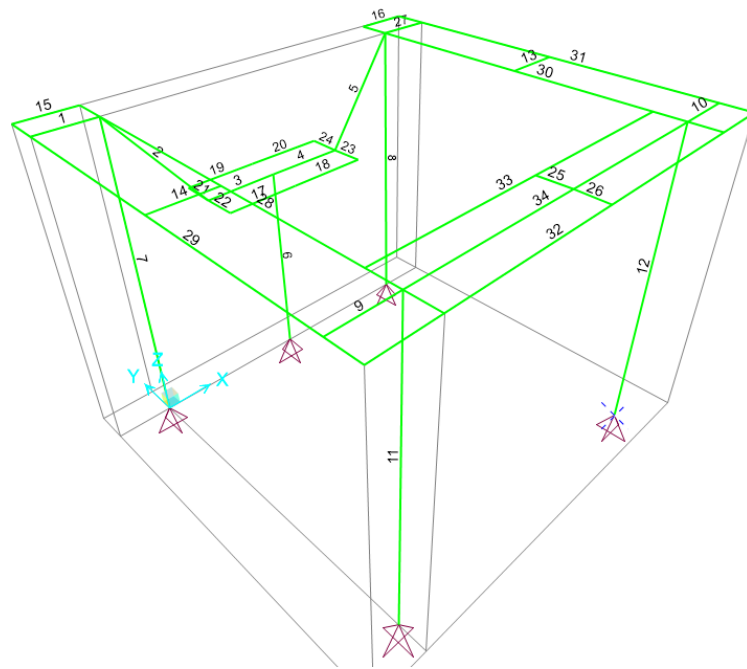
Para dibujar el modelo se procede a insertar en el software complementario AutoCAD 2013 los puntos o nodos que son parte del croquis de la estructura, los cuales se muestran en la tabla 21. Al unir los puntos se procede a importar dicho archivo al programa SAP 2000.

**Tabla 21.**

#### Coordenadas estructura de la estación de mezclado

PUNTOS ESTRUCTURA ESTACIÓN DE MEZCLADO											
Punto	X	Y	Z	Punto	X	Y	Z	Punto	X	Y	Z
1	0	0	0	14	3000	3010	3150	27	1500	3010	3425
2	1500	0	0	15	3525	3010	3150	28	3000	3010	3425
3	3000	0	0	16	0	0	3150	29	3525	3010	3425
4	-525	3010	0	17	3000	0	3150	30	-525	3010	-325
5	0	3010	0	18	0	3010	2875	31	0	3010	-325
6	785	2000	0	19	1500	3010	2875	32	3000	3010	-325
7	1500	2000	0	20	3000	3010	2875	33	3525	3010	-325
8	2285	2000	0	21	-525	3010	1575	34	785	2000	330
9	3000	3010	0	22	0	3010	1575	35	1500	2000	330
10	3525	3010	0	23	3000	3010	1575	36	2285	2000	330
11	-525	3010	3150	24	3525	3010	1575	37	785	2000	-330
12	0	3010	3150	25	-525	3010	3425	38	1500	2000	-330
13	1500	3010	3150	26	0	3010	3425	39	2285	2000	-330

Las unidades seleccionadas para trabajar en el programa son newtons y milímetros. A cada pieza de la estructura se le asignó un número de elemento para identificarlo posteriormente.



**Figura 92. Numeración de elementos.**

El material de los perfiles de la estructura es el acero estructural A36. Las vigas y elementos de soporte son perfiles rectangulares de 100\*50\*3 y las columnas son perfiles cuadrados de 100\*100\*3. Las especificaciones de estos dos perfiles se observan en el ANEXO H.

Box/Tube Section

Section Name: 100\*50\*3

Section Notes: Modify/Show Notes...

Properties: Section Properties...

Property Modifiers: Set Modifiers...

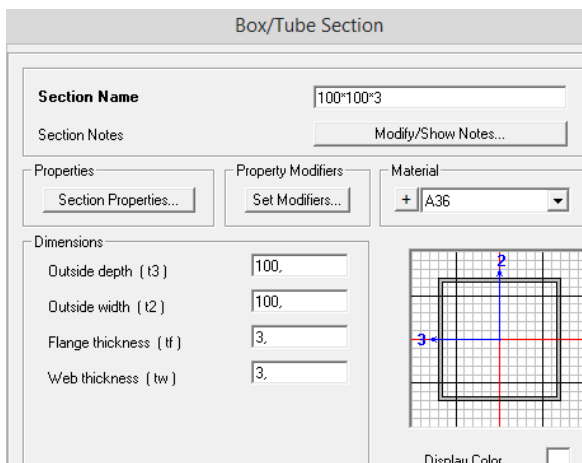
Material: A36

Dimensions:

- Outside depth (t3): 100
- Outside width (t2): 50
- Flange thickness (tf): 3
- Web thickness (tw): 3

Display Color:

**Figura 93. Características del perfil rectangular 100\*50\*3**



**Figura 94. Características perfil cuadrado 100\*100\*3**

Las características de estas dos secciones otorgadas por SAP 2000 Se muestran en las figuras 95 y 96.

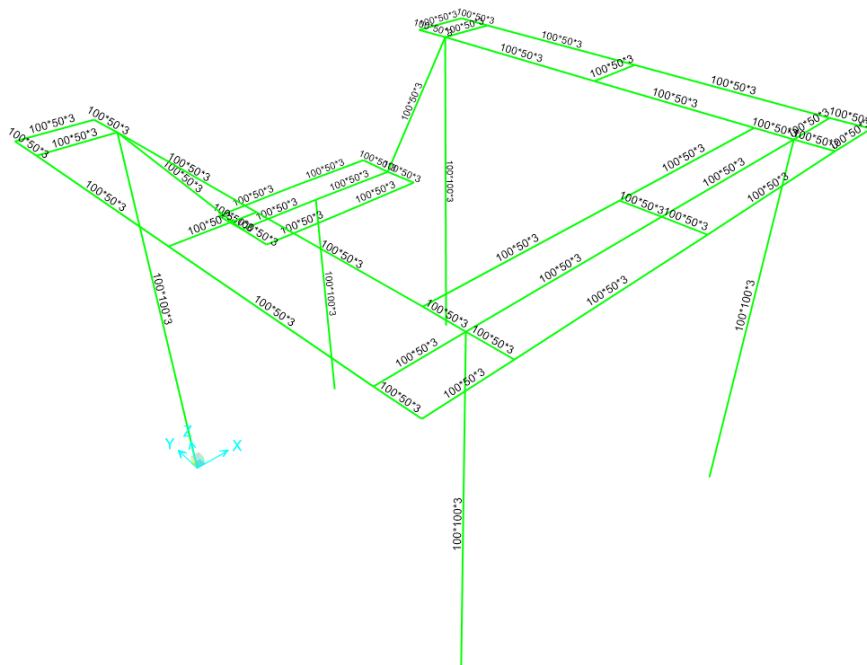
Property Data			
Section Name: 100*50*3			
Properties			
Cross-section (axial) area	864.	Section modulus about 3 axis	22423,84
Torsional constant	866020.	Section modulus about 2 axis	14975,68
Moment of Inertia about 3 axis	1121192.	Plastic modulus about 3 axis	27804.
Moment of Inertia about 2 axis	374392.	Plastic modulus about 2 axis	17004.
Shear area in 2 direction	600.	Radius of Gyration about 3 axis	36,0233
Shear area in 3 direction	300.	Radius of Gyration about 2 axis	20,8164

**Figura 95. Propiedades perfil rectangular 100x50x3**

Property Data			
Section Name: 100*100*3			
Properties			
Cross-section (axial) area	1164.	Section modulus about 3 axis	36541,84
Torsional constant	2738019.	Section modulus about 2 axis	36541,84
Moment of Inertia about 3 axis	1827092.	Plastic modulus about 3 axis	42354.
Moment of Inertia about 2 axis	1827092.	Plastic modulus about 2 axis	42354.
Shear area in 2 direction	600.	Radius of Gyration about 3 axis	39,619
Shear area in 3 direction	600.	Radius of Gyration about 2 axis	39,619

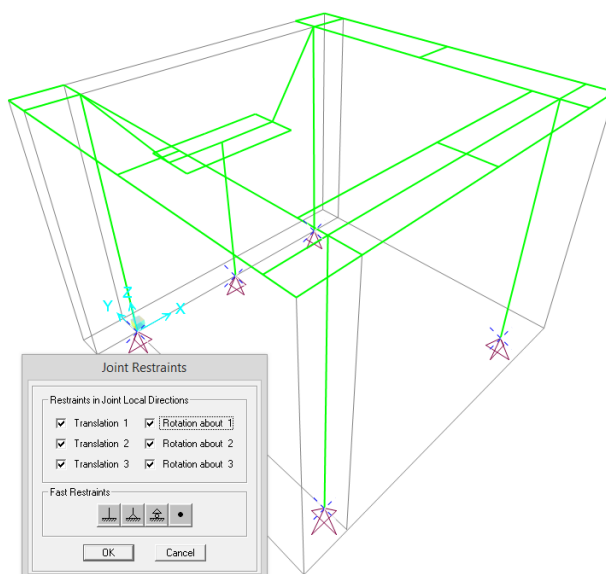
**Figura 96. Propiedades perfil cuadrado 100x100x3**

Se procede a asignar los materiales y secciones de las características mencionadas a la estructura.



**Figura 97. Asignación de perfiles en la estructura**

La estructura será anclada al piso mediante una placa base y pernos de anclaje. Por ello la traslación y rotación en los anclajes están limitada en los ejes X, Y y Z.



**Figura 98. Restricciones en anclajes de la estructura**

A continuación se procede a asignar las cargas que actúan sobre la estructura. En el análisis, se ocupa la combinación de cargas utilizadas por la NORMA AISC (sección 2-8) para el método LRFD.

$$Carga = 1.2 D + 1.6 L + 0.5 * (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$$

Donde para la condición actual el término debido a lluvia, nieve o carga viva ( $L_r$ ,  $S$  ó  $R$ ) en el techo se ha eliminado.

Las cargas sobre la estructura se muestran a continuación:

**Tabla 22.**

**Tipos de carga estación de mezclado**

<b>Carga</b>	<b>Tipo</b>
<b>Peso propio cada elemento de la estructura</b>	Muerta
<b>Peso Piso Corrugado</b>	Muerta
<b>Personas</b>	Viva
<b>Quintales de minerales de carga</b>	Viva

**Carga debido a peso propio de los miembros estructurales**

El peso propio de los elementos de la estructura se considera al asignar el material en el programa SAP 2000, de tal modo que no se asignará esta característica como parte de las cargas.

**Carga de plancha de acero corrugada**

La plancha que se utilizará en la estructura será plancha de tol corrugada de 3 mm de espesor, la cual se consigue en el mercado en dimensiones estándar de 2440\*1220 mm. El peso de una plancha es de 70.10 kg. (Dipac página 18)

Obteniendo el peso en un área tenemos:

$$W_{plancha} = \frac{78.10kg * 9.81 \frac{m}{s^2}}{2440mm * 1220mm} = 2.3101 * 10^{-4} \frac{N}{mm^2}$$

Debido a que los andenes de circulación y de carga en la estructura son de 600 milímetros de ancho podemos obtener el peso por unidad de longitud que pesa la lámina, este peso es distribuido en dos vigas, las cuales son la base del andén. Adicionalmente a este valor hay que multiplicarle el factor de seguridad de 1.2 por ser carga muerta.

$$W_{planchaviga} = 2.3101 * 10^{-4} \frac{N}{mm^2} * 600mm * \frac{1}{2} * 1.2 = 0.0831 \frac{N}{mm}$$

### **Cargas de personas**

En la carga de personas, se considerará que existen dos personas en cada metro longitudinal del andén. El peso de cada persona se considera de 80 kg, distribuido en las 2 vigas que soportan el piso del andén. Se considera que las personas son carga viva por lo que el factor de seguridad en el diseño es 1.6.

$$W_{personaviga} = \frac{2 * 80kg * 9.81 \frac{m}{s^2}}{1000 mm} * \frac{1}{2} * 1.6 = 1.2557 \frac{N}{mm}$$

### **Carga de minerales**

La zona de carga se utilizará solo en casos extremos, cuando el sistema de alimentación de minerales químicos que funciona mediante un tornillo sin fin deje de funcionar por alguna razón específica. Se considera que máximo se cargará 500 kg de minerales a la vez, los cuales se consideran carga viva y se debe aplicar un factor de seguridad de 1.6. Al igual que en los



anteriores casos el peso se distribuye en dos vigas. La zona de carga tiene una longitud de 1850 mm.

$$W_{cargamineralesviga} = \frac{500kg * \frac{9.81m}{s^2}}{1850mm} * \frac{1}{2} * 1.6 = 2.1211 \frac{N}{mm}$$

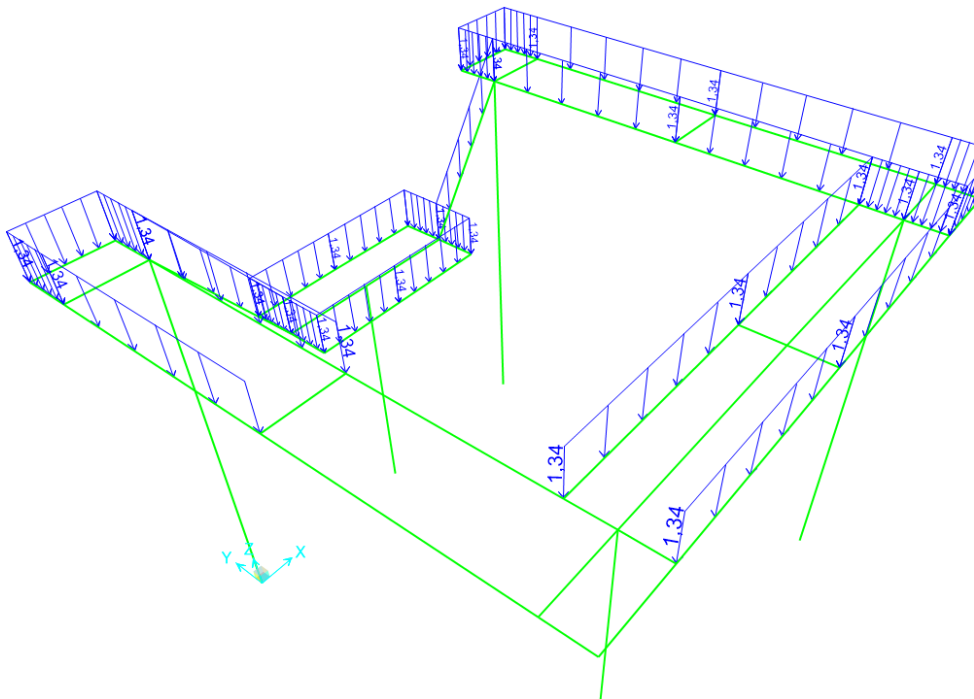
### Carga total 1

La carga total 1 es la carga que se aplicará a las vigas que no forman parte de la zona de carga.

$$C_{total1} = W_{plancha} + W_{personaviga}$$

$$C_{total1} = 0.0831 \frac{N}{mm} + 1.2557 \frac{N}{mm} = 1.3388 \frac{N}{mm}$$

La cual aplicada en la estructura se muestra a continuación:



**Figura 99. Aplicación de la carga total 1**

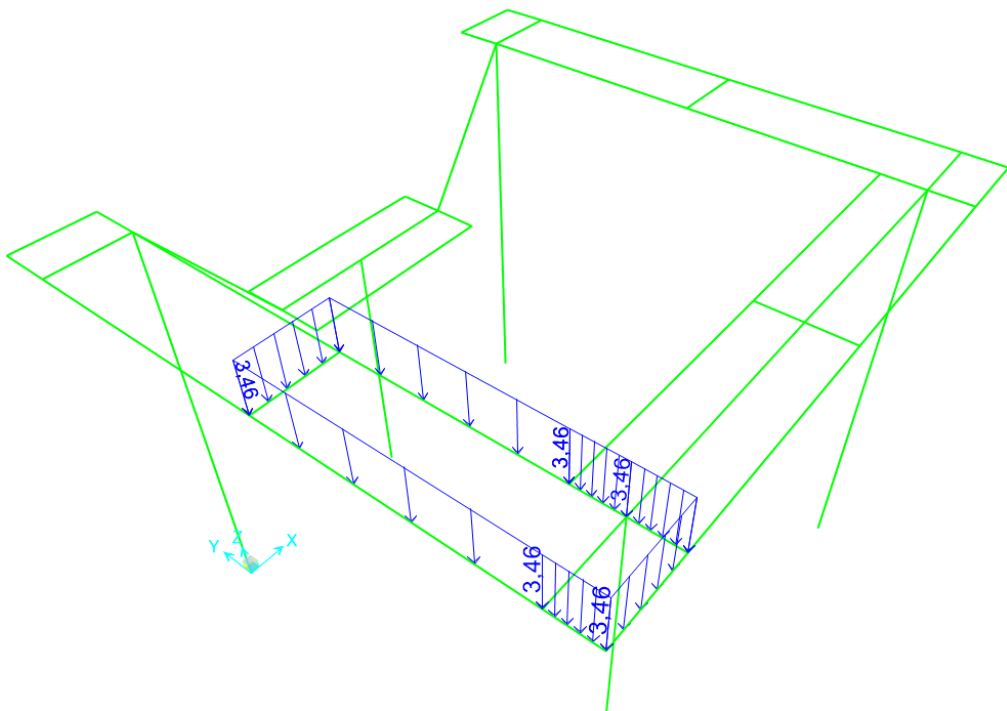
## Carga total 2

La carga total 2 es aplicada a los elementos que forman parte de la zona de carga. La magnitud de la misma viene dada por:

$$C_{total2} = W_{plancha} + W_{personaviga} + W_{cargamineralesviga}$$

$$C_{total1} = 0.0831 \frac{N}{mm} + 1.2557 \frac{N}{mm} + 2.1211 \frac{N}{mm} = 3.46 \frac{N}{mm}$$

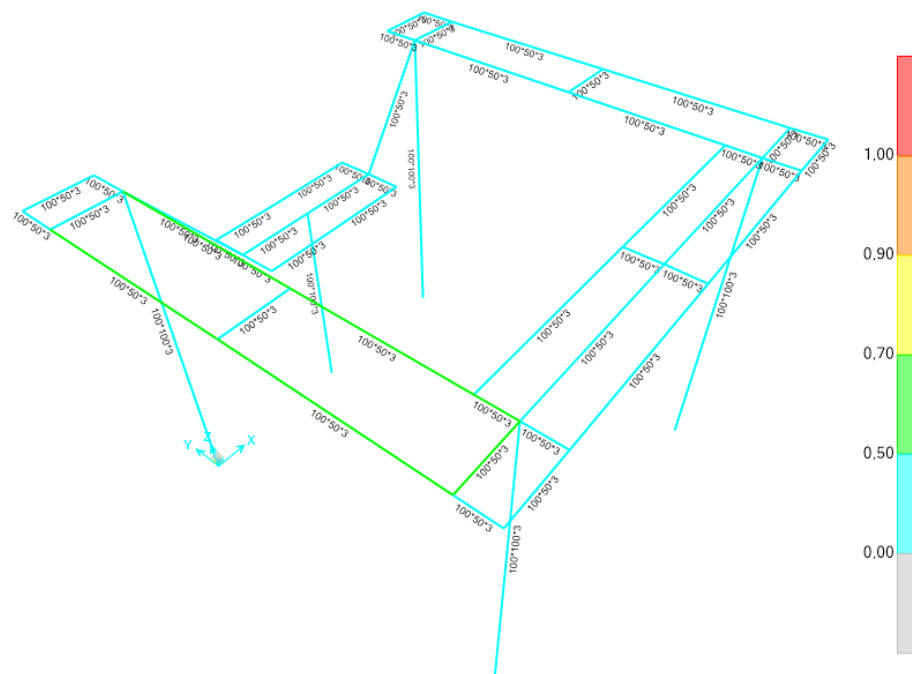
La carga total 2 aplicada en la simulación por SAP2000 se encuentra a continuación:



**Figura 100. Aplicación de la Carga total 2**

## RESULTADOS

El programa SAP 2000 permite revisar los resultados obtenidos en la estructura realizando un análisis elemento por elemento. Sin embargo globalmente nos da una visión del porcentaje de utilización (factor de seguridad) en el que se encuentra cada elemento de la estructura en estudio. Es aconsejable que la estructura se encuentre en los colores celeste y verde, ya que eso garantiza un factor de seguridad aceptable.

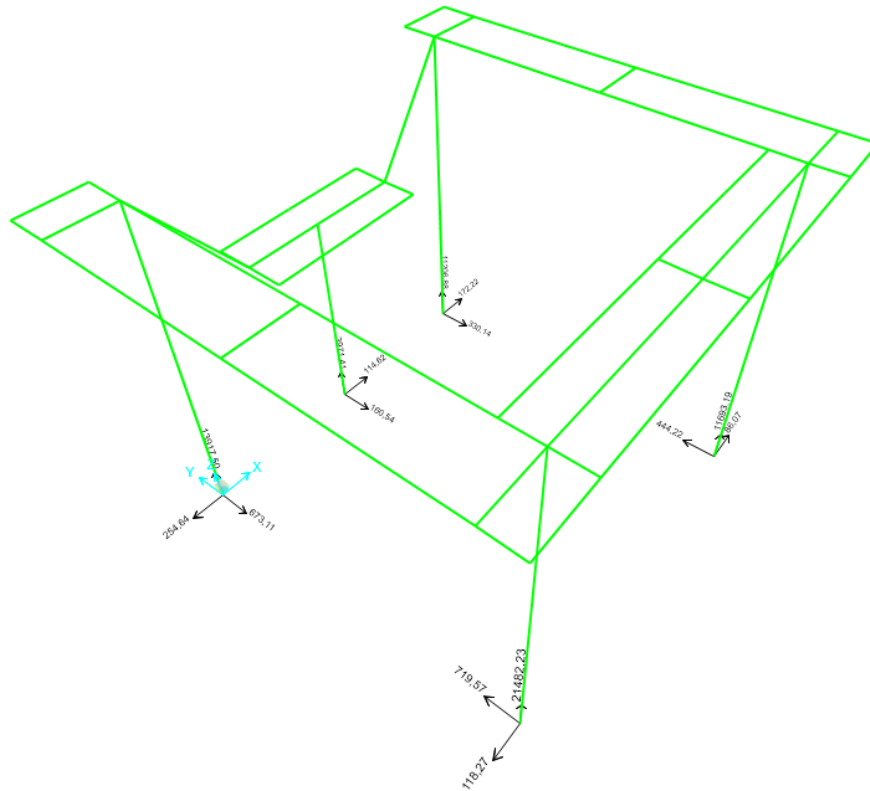


**Figura 101. Resultado de la simulación en SAP 2000**

Como se observa en la gráfica, los elementos que sufren mayor esfuerzo son los elementos que forman parte de la zona de carga y que están cerca de la misma, por lo que dichos elementos formarán parte del análisis efectuado sobre la estructura.

## Reacciones anclajes

Las reacciones en los anclajes de la estructura se aprecian en la figura siguiente:

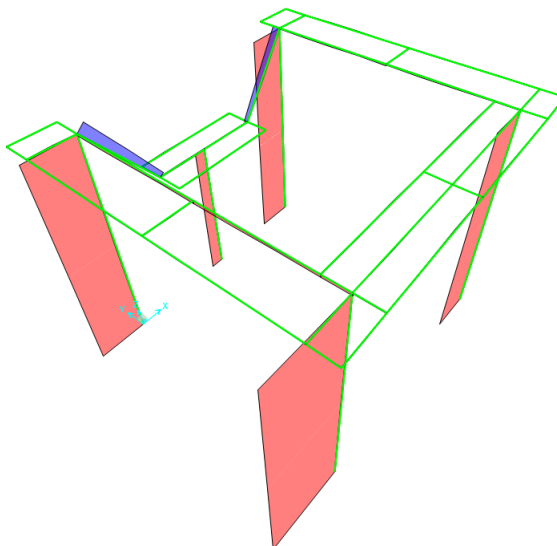


**Figura 102. Reacciones en los anclajes**

Claramente se observa que la columna que está más cerca de la zona de carga es la que está sometida a mayor esfuerzo. La fuerza de reacción en el eje vertical máxima es de 21482 N.

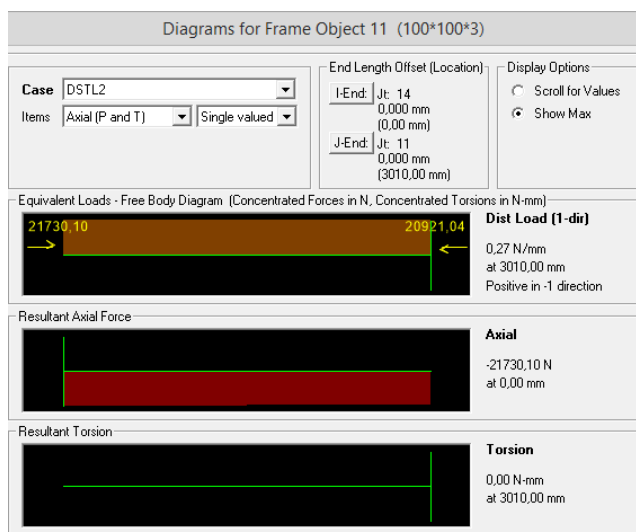
## Fuerza Axial

La figura 103 muestra las fuerzas axiales en los elementos de la estructura, como se observa, el elemento que más sometido a fuerza axial es la columna No 11.



**Figura 103. Carga axial sobre estructura**

El programa SAP2000 permite obtener de la carga axial y torsional de cada elemento como se muestra en la figura siguiente:



**Figura 104. Carga axial y torsional del elemento 11**

La tabla siguiente muestra el valor máximo absoluto de carga axial y de torsión en los elementos críticos.

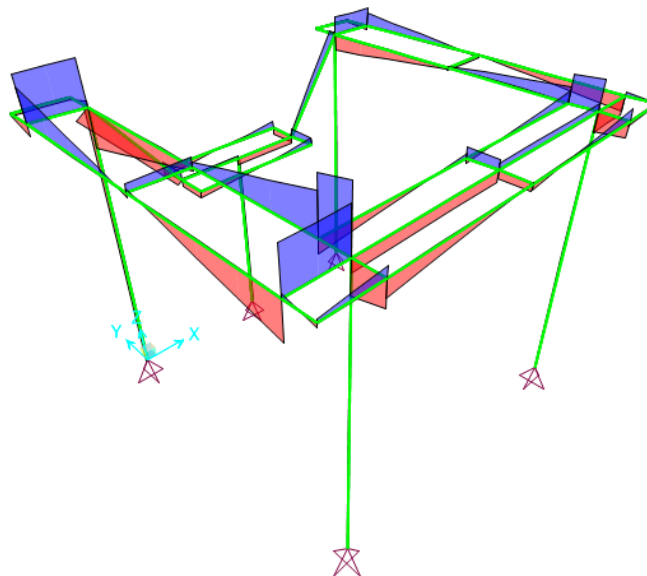
**Tabla 23.**

**Carga axial y torsional máximas**

No. De Elemento	Tipo de Elemento	Carga Axial máxima [N]	Resultante máximo de torsión [N*mm]
7	Columna	-19658	0
8	Columna	-10940	0
11	Columna	-21730	0
12	Columna	-12951	0

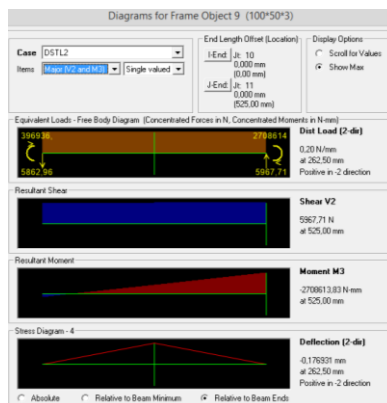
**Deformaciones, momentos y fuerza cortante**

La figura 105 permite observar los elementos de la estructura sometidos a fuerza cortante, momentos y deformación.



**Figura 105. Fuerza cortante y momento en elementos de la estructura**

El programa SAP2000 permite obtener la fuerza cortante, el momento y la deformación máxima de cada elemento como se muestra en la figura siguiente:



**Figura 106. Fuerza cortante y momento máximos del elemento 9**

La tabla 24 muestra los resultados de Fuerzas cortantes, momentos y deformación máxima de los elementos más críticos.

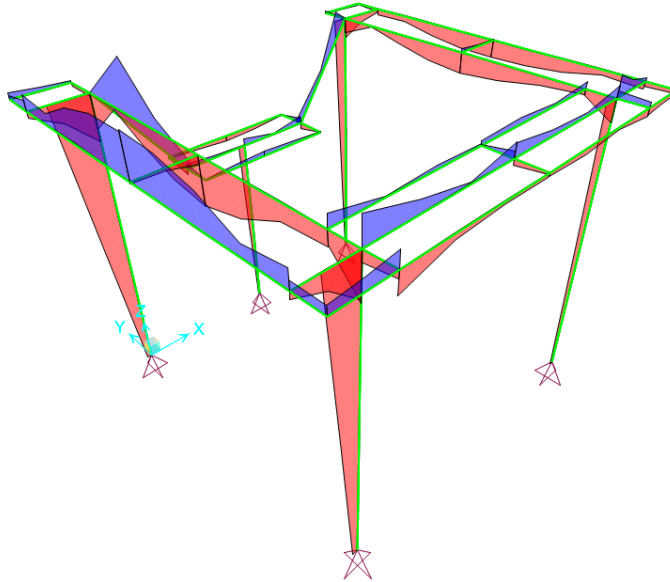
**Tabla 24.**

**Fuerza cortante y momento máximo**

No. De Elemento	Tipo de Elemento	Fuerza cortante máxima [N]	Momento máximo [N*mm]	Deflexión máxima [mm]
1	Viga	-5311	-3270778	0.21
9	Viga	5967	-2708613	0.17
28	Viga	8353	3096058	1.97
29	Viga	-5312	2696869	2.11

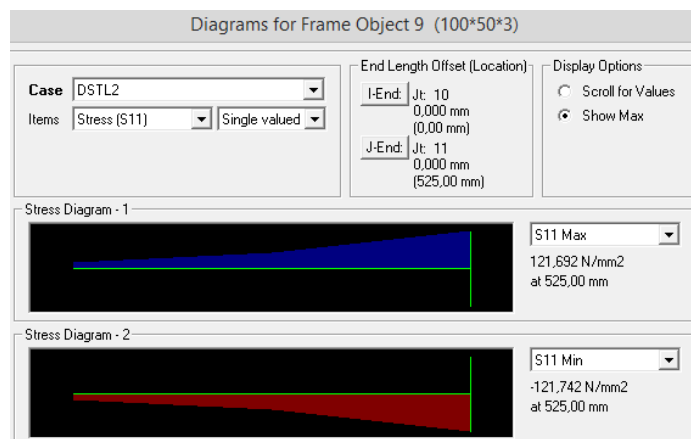
## Esfuerzos

La figura 107 muestra los esfuerzos combinados de los elementos de la estructura.



**Figura 107. Esfuerzos combinados máximos**

El programa SAP2000 permite obtener el esfuerzo combinado máximo de cada elemento como se muestra en la figura siguiente:



**Figura 108. Esfuerzos máximos en el elemento 9**



La tabla 25 muestra los resultados de Esfuerzos máximos y mínimos de los elementos más críticos.

**Tabla 25. Esfuerzos combinados máximos**

No. De Elemento	Tipo de Elemento	Esfuerzo Máximo [MPa]	Esfuerzo mínimo [MPa]
1	Viga	121	-121
7	Columna	91	-123
9	Viga	148	-148
11	Columna	67	-103
28	Viga	137	-139
29	Viga	121	-121

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el análisis de resultados de la estructura de la estación de premezcla se consideran dos criterios:

### Criterio por desplazamiento

El desplazamiento mayor en la estructura es de: 2.11 mm en el elemento 29

La deflexión máxima permitida (AISC) es:

$$\delta_{max} = \frac{L}{500}$$

Donde L es la altura de la estructura:

$$\delta_{max} = \frac{3010}{500} = 6.02 \text{ mm} > \delta_{calc} = 2.11 \text{ mm}$$

Como se observa la deflexión máxima permitida es mayor a la deflexión calculada por lo que la estructura en mención aprueba el criterio de deflexión máxima.

### **Criterio por esfuerzo máximo permisible**

En el criterio de esfuerzo máximo permisible se aplica el concepto de factor de seguridad, ya que el esfuerzo permisible (obtenido mediante la simulación) debe ser menor al esfuerzo de fluencia del material. El esfuerzo de fluencia para el acero A36 es: 250 MPa

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_{falla}}{n}$$

El esfuerzo mayor obtenido mediante la simulación de la estructura se obtiene en el miembro estructural No 9, por lo que se considera a este elemento como el más crítico.

El esfuerzo crítico tiene un valor de 148 MPa, lo que nos permite calcular el factor de seguridad de la estructura.

$$n = \frac{\sigma_{falla}}{\sigma_{perm}} = \frac{250MPa}{148MPa} = 1.7$$

Lo que cumple con el criterio de aceptación de un factor de seguridad mayor a 1.

### **Diseño de placas de anclaje**

La estructura diseñada será anclada al piso mediante placas de anclaje debido a que si la columna fuera apoyada directamente al piso, este no soportaría el esfuerzo producido ya que el área de contacto sería muy pequeña.

El diseño de las placas de anclaje se basa en la resistencia del piso dentro de la nave industrial.

La resistencia del piso es:  $15 \frac{kg}{cm^2}$

La fuerza mayor en el eje Y es:  $21482.23 N = 2189 kg$

La fuerza máxima de soporte (método LRFD Norma AISC Sección J8 pág. 1592) viene dada por:

$$P_u = (0.85 * A_1 * f_c) * \phi_c$$

Donde:

$P_u$ : Carga factorada (reacción en la estructura)

$\phi_c$ : Factor de resistencia de soporte = 0.6 según LRFD

$f_c$ : Resistencia del piso

$A_1$ : Área mínima de la placa

$$A_1 = \frac{P_u}{0.85 * f_c * \phi_c} = \frac{2189 kg}{0.85 * 0.6 * \frac{15kg}{cm^2}} = 286.14 cm^2$$

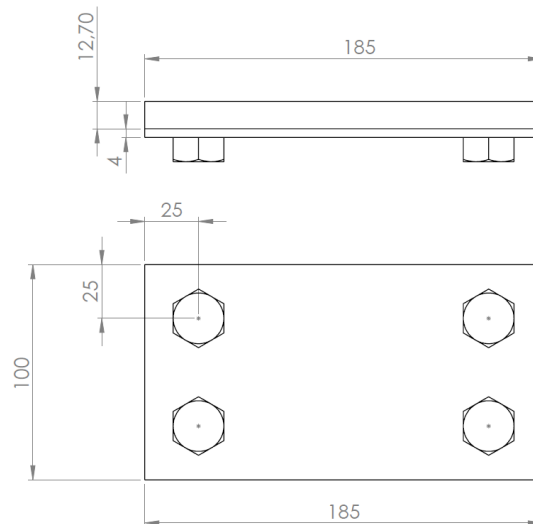
La placa será cuadrada de lado a:

$$a = \sqrt{286.14 cm^2} = 17 cm$$

Se escoge una placa base de 25\*25 cm por 12.7 mm de espesor  
(Disponible en la planta)

## DISEÑO DE LAS PLACAS DE SUJECCIÓN

Las placas y pernos de sujeción se diseñan con criterios de resistencia al aplastamiento y al cortante. La figura 109 muestra la disposición de los pernos en las placas.



**Figura 109. Disposición de los pernos**

Los pernos de esta placa son pernos 5/8" SAE Grado 8 rosca gruesa.

El sistema de pernos debe cumplir la siguiente restricción:

$$F_b \text{ y } F_v > F_{max}$$

Donde:

$F_b$ : Fuerza máxima por aplastamiento permitida en el perno o en el elemento

$F_v$ : Fuerza máxima por cortante permitida en el perno o en el elemento

$F_{max}$ : Fuerza cortante máxima (Calculada en SAP 2000) = 8343 N

### Aplastamiento de los pernos

$$\frac{F_{bperno}}{2td} = \frac{S_p}{n_d}$$

Despejando Fb:

$$F_{bperno} = \frac{S_p * 2td}{n_d}$$

Donde:

$S_p$ : Resistencia de prueba mínima de los pernos (Tabla 8.9 shigley)

$t$ : Espesor menor entre las dos placas

$d$ : Diámetro del perno

$n_d$ : Factor de seguridad en el diseño de juntas emperradas

$$F_{bperno} = \frac{120 \text{ kpsi} * 2 * 4\text{mm} * \frac{1\text{in}}{25.4 \text{ mm}} * \frac{5}{8}\text{in}}{1.5} = 15.74 \text{ klb} = 15740 \text{ lb}$$

$$= 7141.96 \text{ kg}$$

$$F_{bperno} = 70062 \text{ N}$$

Por lo tanto el diseño por aplastamiento si cumple ya que la fuerza máxima permitida es aproximadamente 8 veces mayor (70062 N) a la fuerza cortante máxima producida en la estructura (8343 N)

### Aplastamiento del elemento (Placa)

$$F_{bplaca} = \frac{S_y * 2td}{n_d}$$

Donde:

$S_y$ : Esfuerzo de fluencia de la placa A36

$t$ : Espesor menor entre las dos placas

$d$ : Diámetro del perno

$n_d$ : Factor de seguridad en el diseño de juntas empernadas

$$F_{bplaca} = \frac{36 \text{ kpsi} * 2 * 4 \text{ mm} * \frac{1 \text{ in}}{25.4 \text{ mm}} * \frac{5}{8} \text{ in}}{1.5} = 4.72 \text{ klb} = 4720 \text{ lb}$$

$$= 2142.59 \text{ kg}$$

$$F_{bplaca} = 21018 \text{ N}$$

Por lo tanto el diseño por aplastamiento en la placa si cumple, ya que la fuerza máxima permitida (21018 N) es aproximadamente 2.5 veces mayor a la fuerza cortante máxima (8343) producida en la estructura.

### Cortante del perno

$$\frac{F_{vperno}}{n_{pernos} * A} = 0.577 \frac{S_p}{n_d}$$

Despejando  $F_v$ :

$$F_{vperno} = 0.577 * A * n_{pernos} * \frac{S_p}{n_d}$$

Donde:

$S_p$ : Resistencia de prueba mínima de los pernos (Tabla 8.9 shigley)

A: Área bruta del perno

$n_{pernos}$ : Número de pernos

$n_d$ : Factor de seguridad en el diseño de juntas empernadas

$$F_{vperno} = 0.577 * \frac{\pi * d^2}{4} * n_{pernos} * \frac{S_p}{n_d} = 0.577 * \frac{\pi * \left(\frac{5}{8}\right)^2 \text{ in}^2}{4} * 4 * \frac{120 \text{ kpsi}}{1.5}$$

$$F_{vperno} = 56.64 \text{ klb} = 25690 \text{ kg} = 252020 \text{ N}$$

Por lo tanto el diseño por cortante en los pernos si cumple ya que la fuerza máxima permitida es aproximadamente 30 veces mayor (252020 N) a la fuerza cortante máxima producida en la estructura (8343)

### **Cortante del elemento (Placa)**

$$F_{vplaca} = 0.577 * n_{pernos} * at * \frac{S_y}{n_d}$$

Donde:

$S_y$ : Esfuerzo de fluencia de la placa (A36)

$n_{pernos}$ : Número de pernos

$t$ : Espesor de la placa

$a$ : Distancia desde el extremo tangencial del perno hacia el extremo de la placa

$n_d$ : Factor de seguridad en el diseño de juntas empernadas

$$F_{vplaca} = 0.577 * 4 * 0.672in * 4mm * \frac{in}{25.4 mm} * \frac{36 kpsi}{1.5} = 5.86 klb$$

$$F_{vplaca} = 2658.48 kg = 26079 N$$

Por lo tanto el diseño por cortante en las placas si cumple ya que la fuerza máxima permitida es aproximadamente 3 veces mayor (26079 N) a la fuerza cortante máxima producida en la estructura (8343 N).

### 3.4.3. RED DE TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN

#### 3.4.3.1. REQUERIMIENTOS GENERALES

Como se mencionó en 3.3.5 la red de tuberías de alimentación al recipiente y la de recirculación de asfalto polimerizado tienen la misma bomba de transporte. En 3.3.5 se seleccionó una bomba Viking Pump LS224A, por lo que a continuación se comprobará si dicha selección es suficiente también para el transporte hacia la estación de mezclado.

- Conexiones necesarias para la futura llegada de los otros dos recipientes, ubicados actualmente en la planta de Cashapamba (Planta anterior).
- Bomba encamisada que permita el transporte hacia la línea de mezclado.
- Tubería encamisada durante todo el trayecto.
- La red de transporte no deberá interrumpir, ni causar molestias en el camino de los operadores.



### 3.4.3.2. DISPOSICIÓN DE TUBERÍAS

En la figura 110 se muestra la disposición final de tuberías en la estación de mezclado, donde se ha considerado las instalaciones que a futuro podrían formar parte del sistema. Las conexiones para accesorios que serán parte del sistema en el futuro se las realizará con bridas ciegas (Blind flanges).

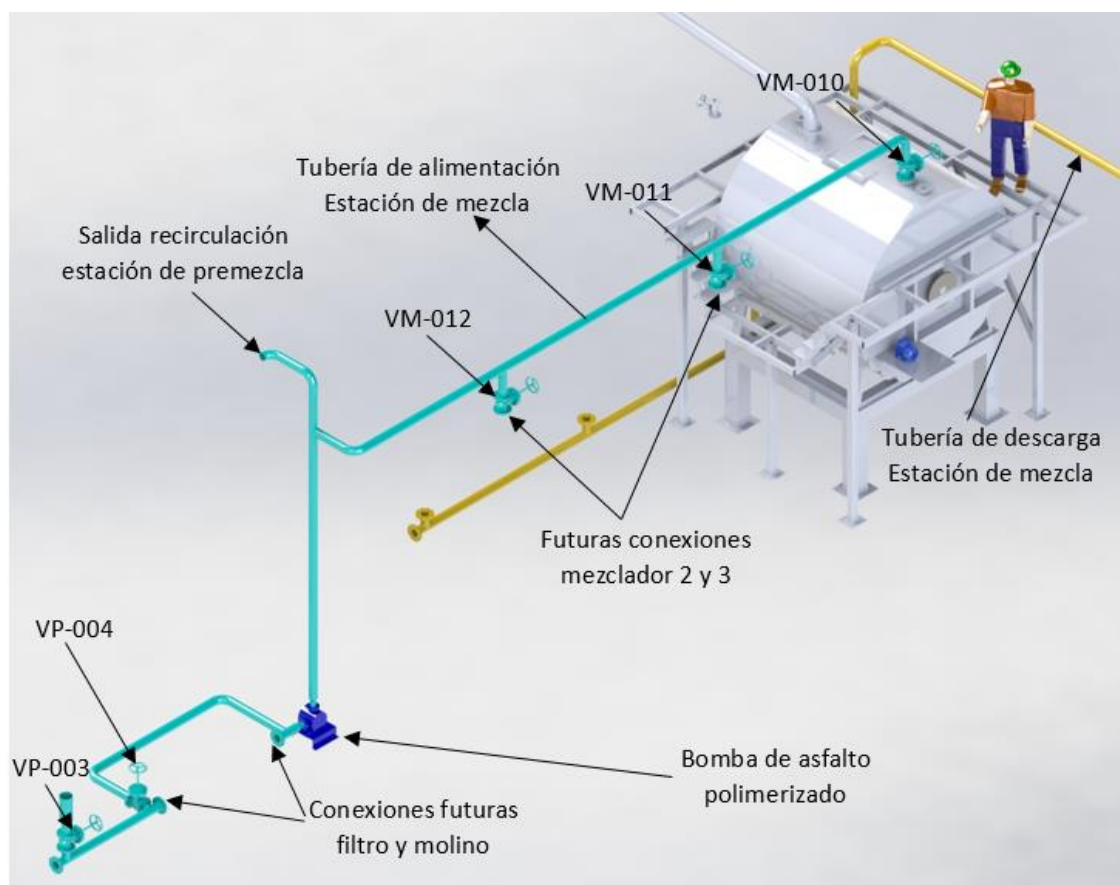


Figura 110. Disposición de tuberías estación de mezclado

### 3.4.3.3. CÁLCULO DE FLUJO

Debido a que se comparte la bomba para la recirculación de asfalto polimerizado, y no se requiere un flujo específico hacia el tanque mezclador se utilizará el flujo calculado para la recirculación de asfalto polimerizado.

Fluido: Asfalto polimerizado

Temperatura de transporte = 200°C

Viscosidad dinámica a 200°C=  $\eta=10.55$  Pa.s

Tubería de transporte: NPS 4 SCH 40

Gravedad específica:  $\gamma=1.007$

Longitud de la tubería: 19.184 m

Diámetro interno de tubería:  $\phi=102.3\text{mm}=0.1023$  m

La velocidad del fluido circulando por la tubería NPS 4 SCH 40 a 130 gpm es:

$$V = 0.9978 \frac{m}{s}$$

$$NRE = 9.7435$$

$$f = 6.5685$$

### 3.4.3.4. CÁLCULO DE PÉRDIDAS

Las pérdidas totales por fricción se calculan mediante la sumatoria de pérdidas mayores y pérdidas menores totales:

$$h_f = h_{LM} + h_{lmTOTAL}$$

## CÁLCULO DE PÉRDIDAS MAYORES

Para el cálculo de pérdidas por fricción en las líneas de tubería, se debe tomar en cuenta la longitud total de la línea de descarga de polimerizado hacia el tanque mezclador. Dicha longitud se obtiene de la suma de las longitudes parciales que se pueden observar en el plano de la tubería de asfalto polimerizado.

$$h_{LM} = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} = 6.5685 * \frac{19.184m * 0.9978^2 \frac{m^2}{s^2}}{0.1023m * 2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 62.5054m$$

## CÁLCULO DE PÉRDIDAS MENORES

La pérdida menor en cada accesorio es calculada mediante:

$$h_{lm} = k * \frac{v^2}{2g} = k * \frac{0.9978^2 \frac{m^2}{s^2}}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.0507 * k$$

Donde el factor k se obtiene mediante:

$$k = \left(\frac{L_e}{D}\right) * f_T$$

Donde los valores de (Le/D) se obtienen del ANEXO I y los valores de  $f_T$  del ANEXO J

### Pérdidas menores en la línea de succión

Los valores de pérdidas en la línea de succión se muestran en la tabla 26. Y son los mismos que la línea de succión en la recirculación de asfalto polimerizado.

Tabla 26.

**Pérdidas en la línea de succión**

Accesorio:	Cantidad	Le/D	ft	k	h <sub>lm</sub>	h <sub>lm</sub> total
Codos 90 <sup>a</sup>	2	30	0,017	0,51	0,025857	0,051714
válvulas de globo	0	340	0,017	5,78	0,1734	0
Válvulas de compuerta	2	8	0,017	0,136	0,00408	0,00816
Tees- con flujos a través de un tramo	0	20	0,017	0,34	0,0102	0
Tees-con flujo a través de una rama	3	60	0,017	1,02	0,0306	0,0918
<b>TOTAL</b>						<b>0,151674</b>

**Pérdidas menores en la línea de descarga**

Los valores de pérdidas en la línea de descarga se muestran en la tabla 27.

Tabla 27.

**Pérdidas en la tubería de descarga**

Accesorio:	Cantidad	Le/D	ft	k	h <sub>lm</sub>	h <sub>lm</sub> total
Codos 90 <sup>a</sup>	2	30	0,017	0,51	0,025857	0,051714
Válvulas de globo	0	340	0,017	5,78	0,1734	0
Válvulas de compuerta	3	8	0,017	0,136	0,00408	0,01224
Tees- con flujos a través de un tramo	2	20	0,017	0,34	0,0102	0,0204
Tees-con flujo a través de una rama	1	60	0,017	1,02	0,0306	0,0306
<b>TOTAL</b>						<b>0,114954</b>

La pérdida en cada línea de tubería (succión y descarga) por pérdidas menores se establece mediante la sumatoria de la pérdida en cada tramo:

$$h_{lmTOTAL} = 0.1517m + 0.1149m = 0.2666m$$

La pérdida total por fricción del sistema de transporte de asfalto polimerizado hacia el tanque mezclador es:

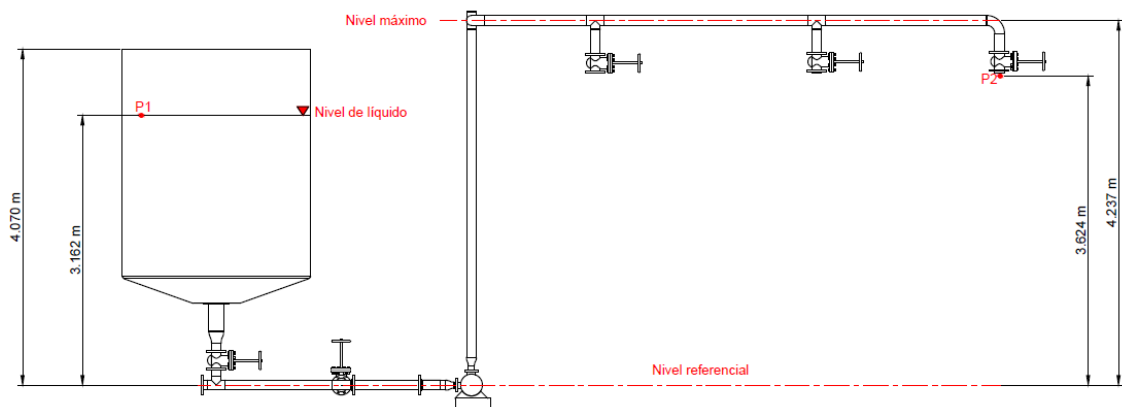
$$h_f = h_L + h_{lmTOTAL} = 62.5054 m + 0.2666m = 62.772m$$

### 3.4.3.5. SELECCIÓN DE LA BOMBA REQUERIDA

La bomba requerida se selecciona mediante el cálculo de la carga dinámica total. La misma que viene planteada por la ecuación

$$h_A = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + z_2 - z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_f$$

Los puntos considerados para la ecuación de la energía se describen en la figura 111. El tanque premezclador con sus respectivas dimensiones se encuentra en el ANEXO G.



**Figura 111. Puntos de la ecuación de la carga dinámica total**

En el punto 1, la presión es igual a cero debido a que la superficie se encuentra expuesta a presión atmosférica. En el punto 2 la corriente del fluido al descargarse también está expuesta a esta presión por lo que el factor dependiente de las presiones en la ecuación de la energía puede descartarse.

La velocidad en la superficie del fluido (punto 1) es cero. La velocidad del punto 2 es 0.9978m/s debido a que es la velocidad de recirculación o de descarga de asfalto polimerizado.

$$h_A = z_2 - z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_f = 3.624 - 3.162 + \frac{0.9978^2 \frac{m^2}{s^2} - 0 \frac{m^2}{s^2}}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} + 62.772$$

$$h_A = 63.28m * \frac{1.42psi}{1m} = 89.93 psi$$

La bomba para transporte de asfalto polimerizado al tanque mezclador es la misma que se usa para el proceso de recirculación, por lo que ya fue seleccionada en 3.3.5. Debido a que el transporte desde la estación de premezcla hacia la estación de mezclado es más crítico se seleccionará nuevamente el motor. El modelo de la bomba preseleccionada es: **LS224 A**

#### 3.4.3.6. SELECCIÓN DEL MOTOR DE LA BOMBA

Para seleccionar el motor de la bomba, es necesario conocer la potencia que la bomba agrega al fluido:

$$P_b = h_a * Q * \gamma$$

$$P_b = 89.93 m * \left( 130 \frac{gal}{min} * \frac{3.7854l * 1m^3 * 1min}{1gal * 1000l * 60s} \right) * \left( 1007 \frac{kg}{m^3} * 9.81 \frac{m}{s^2} \right)$$

$$P_b = 7286.81 W$$

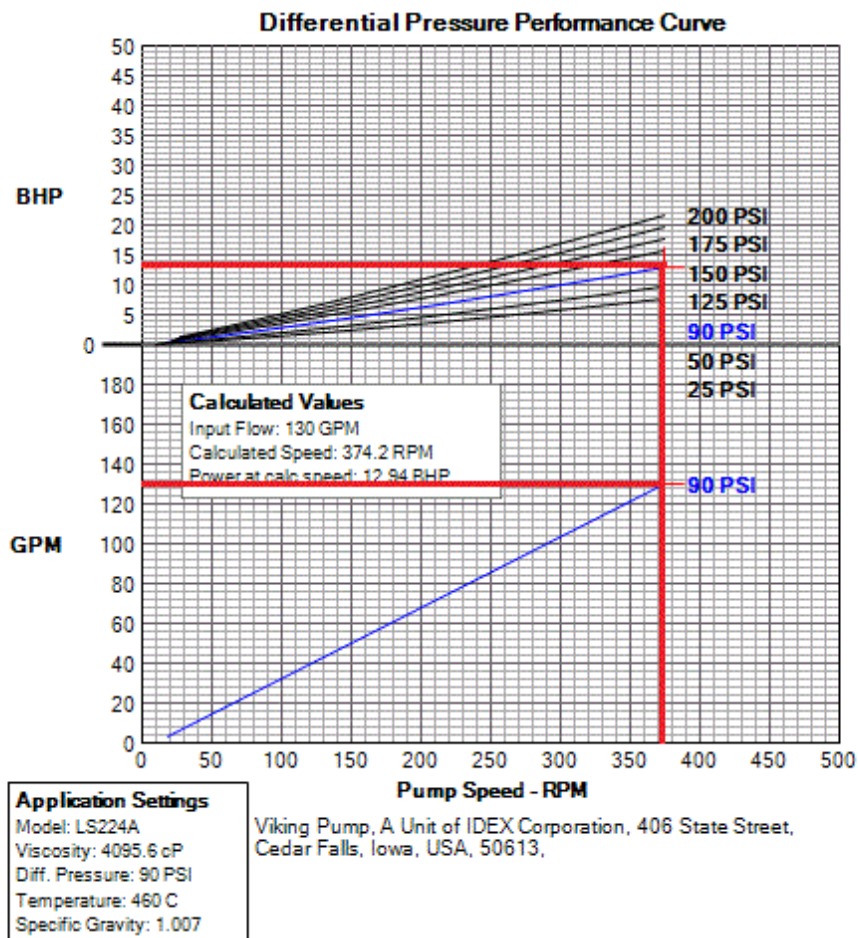
La potencia del motor eléctrico requerido se calcula mediante el cociente de la potencia de salida y la eficiencia mecánica del sistema. Se ha considerado una eficiencia de 70 % (Valor recomendado por Robert. Mott para bombas de desplazamiento positivo)

$$P_m = \frac{P_b}{0.70} = \frac{7286.81 W}{0.70} = 10409.7384 W$$

Transformando a Caballos de fuerza:

$$P_m = 10409.74 W * \frac{1HP}{745.7W} = 13.95 HP$$

Para comprobar si la selección del motor que otorgará la potencia necesaria a la bomba se recurre al software de Viking Pump.



**Figura 112. Presión y motor de la bomba seleccionada**

**Fuente: Viking Pump Selector**

Como se observa el motor requerido es de aproximadamente 13 HP. Por lo que se seleccionará un motor de 15 HP estándar.

### **3.4.4. RED DE TUBERÍA DE DESCARGA**

La tubería de descarga de la estación de mezclado es la encargada de transportar el asfalto modificado, producto final del presente proyecto.

#### **3.4.4.1. REQUERIMIENTOS GENERALES**

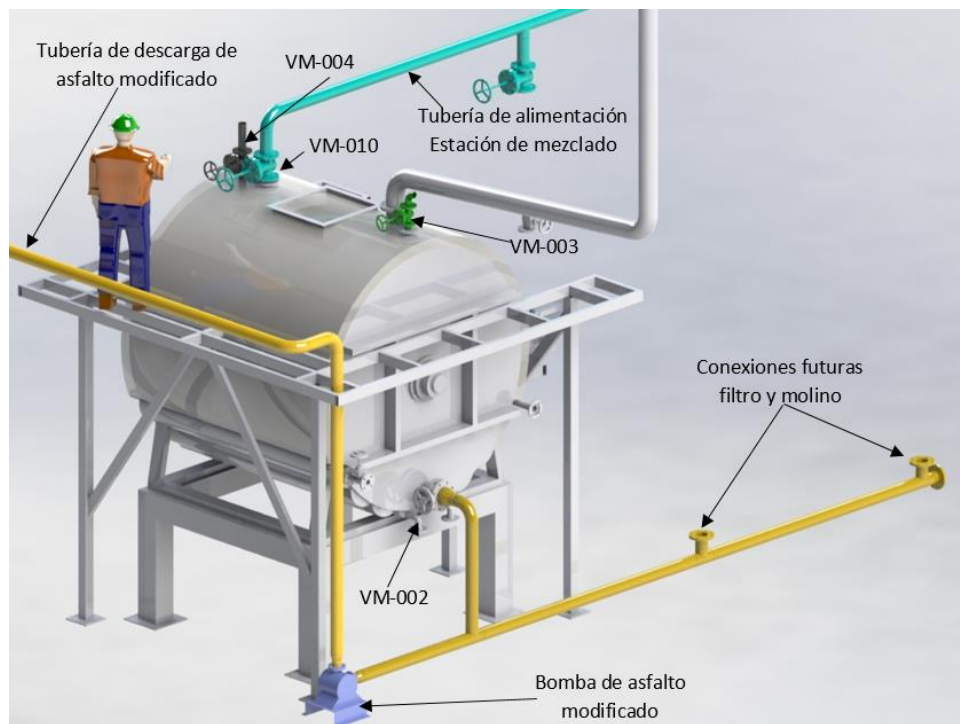
La balsa de impregnación es el destino final del fluido preparado en la estación de mezcla. Por ello es necesario una línea de alimentación de asfalto modificado desde la salida del recipiente mezclador, hasta la entrega en la balsa de impregnación. Dicho sistema de tubería deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- Conexiones a futuro para la otra línea de laminación.
- Bomba dimensionada y encamisada para el transporte del asfalto modificado.
- Tubería encamisada durante todo el trayecto.
- Control de flujo mediante válvulas en la entrega del asfalto modificado.
- Inicio a la salida del recipiente mezclador, final en la llegada de la balsa de impregnación.

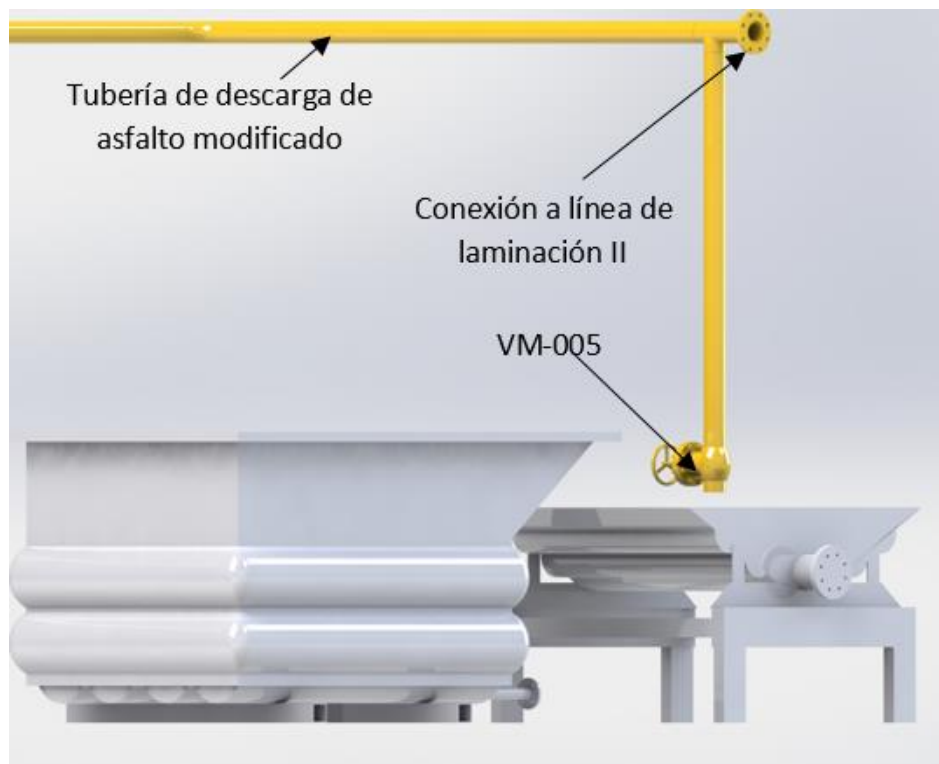
#### **3.4.4.2. DISPOSICIÓN DE TUBERÍAS**

En las figuras 113 y 114 se muestra la disposición final de tuberías en la estación de mezclado, donde se ha considerado las instalaciones que a futuro podrían formar parte del sistema. Las conexiones para accesorios que serán parte del sistema en el futuro se las realizará con bridas ciegas (Blind flanges).





**Figura 113. Disposición de tuberías de descarga**



**Figura 114. Disposición de tuberías de descarga**

### 3.4.4.3. CÁLCULO DEL FLUJO

Para calcular el flujo requerido desde la estación de mezclado hacia la balsa de impregnación, se considera que la bomba seleccionada debe ser capaz de abastecer un flujo a las dos líneas de laminación (la existente y otra a futuro) y tener una capacidad de otorgar un flujo extra, en caso de requerir una mayor producción. Para seleccionar el flujo volumétrico se considerará al producto IMPERPOL 4000. Los detalles y características de este producto se detallan en el ANEXO K

Las líneas de laminación están diseñadas para fabricar 4 rollos por minuto de IMPERPOL 4000. Las características dimensionales de este producto se consideran a continuación:

**Tabla 28.**

#### Características de Imperpol 4000

IMPERPOL 3000 Y 4000	
Largo	10 a 10.10 m
Ancho	0.99 a 1.01 m
Espesor	3.80 a 4.20 mm

**Fuente: Chova del Ecuador S.A.**

Considerando los valores más altos (condición crítica de flujo volumétrico) el volumen de asfalto modificado en cada rollo sería:

$$V_{\text{rollo}} = \text{largo} * \text{ancho} * \text{espesor} = 10.10\text{m} * 1.01\text{m} * 0.0042\text{m}$$

$$V_{\text{rollo}} = 0.0428442 \text{ m}^3$$

Considerando que son cuatro rollos por minuto en cada línea de laminación.

$$V_{8\text{rollos}} = V_{\text{rollo}} * 8 = 0.0428442 \text{ m}^3 * 8 \frac{\text{rollos}}{\text{minuto}} = 0.3427536 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

Transformando a unidades de selección de bombas:

$$Q_{requerido} = 0.3427536 \frac{m^3}{min} * \frac{1000 l}{1 m^3} * \frac{1 gl}{3.7854 l} = 98.47 gpm \approx 100 gpm$$

#### 3.4.4.4. CÁLCULO DE PÉRDIDAS

Las pérdidas totales por fricción se calculan mediante la sumatoria de pérdidas mayores y pérdidas menores totales:

$$h_f = h_{LM} + h_{lmTOTAL}$$

#### CÁLCULO DE PÉRDIDAS MAYORES

La velocidad del fluido circulando por la tubería NPS 4 SCH 40 a 100 gpm es:

$$V = \frac{Q}{A} = 100 \frac{gl}{min} * \frac{4}{0.1023^2 m^2 * \pi} * \frac{3.7854 l}{1 gl} * \frac{1 m^3}{1000 l} * \frac{1 min}{60 s} = 0.7675 \frac{m}{s}$$

Calculando el número de Reynolds:

$$NRE = \frac{v * \phi * \rho}{\eta} = \frac{0.7675 \frac{m}{s} * 0.1023 m * 1007 \frac{kg}{m^3}}{12.73 \frac{kg * m}{s^2 m^2} * s} = 6.2115$$

Debido a que NRE es menor a 4000 el flujo es laminar. Para flujo laminar el factor de fricción es:

$$f = \frac{64}{NRE} = \frac{64}{6.2115} = 10.3035$$

Para el cálculo de pérdidas por fricción en las líneas de tubería, se debe tomar en cuenta la longitud total de la línea de descarga de asfalto modificado. Dicha longitud se obtiene de la suma de las longitudes parciales que se pueden observar en el plano de tuberías de asfalto modificado.

$$h_{LM} = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} = 10.3035 * \frac{37.63m * 0.7675^2 \frac{m^2}{s^2}}{0.1023m * 2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 113.78m$$

## CÁLCULO DE PÉRDIDAS MENORES

La pérdida menor en cada accesorio es calculada mediante:

$$h_{lm} = k * \frac{v^2}{2g} = k * \frac{0.7675^2 \frac{m^2}{s^2}}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.03 * k$$

Donde el factor k se obtiene mediante:

$$k = \left(\frac{L_e}{D}\right) * f_T$$

Donde los valores de (Le/D) se obtienen del ANEXO I y los valores de ft del anexo J

### Pérdidas en la línea de succión

Los valores de pérdidas en la línea de succión se muestran en la tabla 29

**Tabla 29.**

#### Pérdidas menores en la línea de succión

Accesorio:	Cantidad	Le/D	ft	k	hlm	hlm total
Codos 90 <sup>a</sup>	1	30	0,017	0,51	0,0153	0,0153
válvulas de globo	0	340	0,017	5,78	0,1734	0
Válvulas de compuerta	1	8	0,017	0,136	0,00408	0,00408
Tees- con flujos a través de un tramo	2	20	0,017	0,34	0,0102	0,0204
Tees-con flujo a través de una rama	1	60	0,017	1,02	0,0306	0,0306
					TOTAL	0,07038

### Pérdidas en la línea de descarga

Los valores de pérdidas en la línea de descarga se muestran en la tabla 30.

**Tabla 30.**

### Pérdidas en la línea de descarga

Accesorio:	Cantidad	Le/D	ft	k	h <sub>lm</sub>	h <sub>lm total</sub>
Codos 90 <sup>a</sup>	3	30	0,017	0,51	0,0153	0,0459
Válvulas de globo	1	340	0,017	5,78	0,1734	0,1734
Válvulas de compuerta	0	8	0,017	0,136	0,00408	0
Tees- con flujos a través de un tramo	0	20	0,017	0,34	0,0102	0
Tees-con flujo a través de una rama	1	60	0,017	1,02	0,0306	0,0306
					TOTAL	0,2499

Las pérdidas menores totales (succión y descarga) se establece mediante la sumatoria de la pérdida en cada tramo:

$$h_{lmTOTAL} = 0.070m + 0.2499m = 0.3199m$$

La pérdida total por fricción del sistema de descarga de asfalto modificado es:

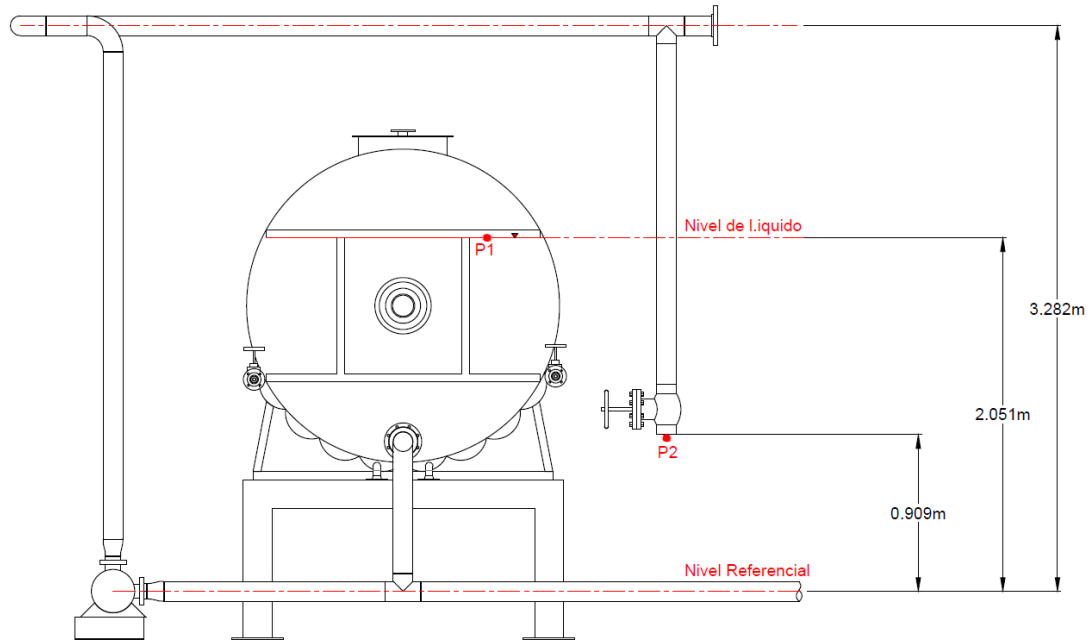
$$h_f = h_L + h_{lmTOTAL} = 113.78m + 0.3199m = 114.10m$$

#### 3.4.4.5. SELECCIÓN DE LA BOMBA REQUERIDA

La bomba requerida se selecciona mediante el cálculo de la carga dinámica total. La misma que viene planteada por la ecuación

$$h_A = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + z_2 - z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_f$$

Los puntos considerados para la ecuación de la energía se describen en la figura 115.



**Figura 115. Puntos de la ecuación de carga dinámica total**

En el punto 1, la presión es igual a cero debido a que la superficie se encuentra expuesta a presión atmosférica. En el punto 2 la corriente del fluido al descargarse también está expuesta a esta presión por lo que el factor dependiente de las presiones en la ecuación de la energía puede descartarse.

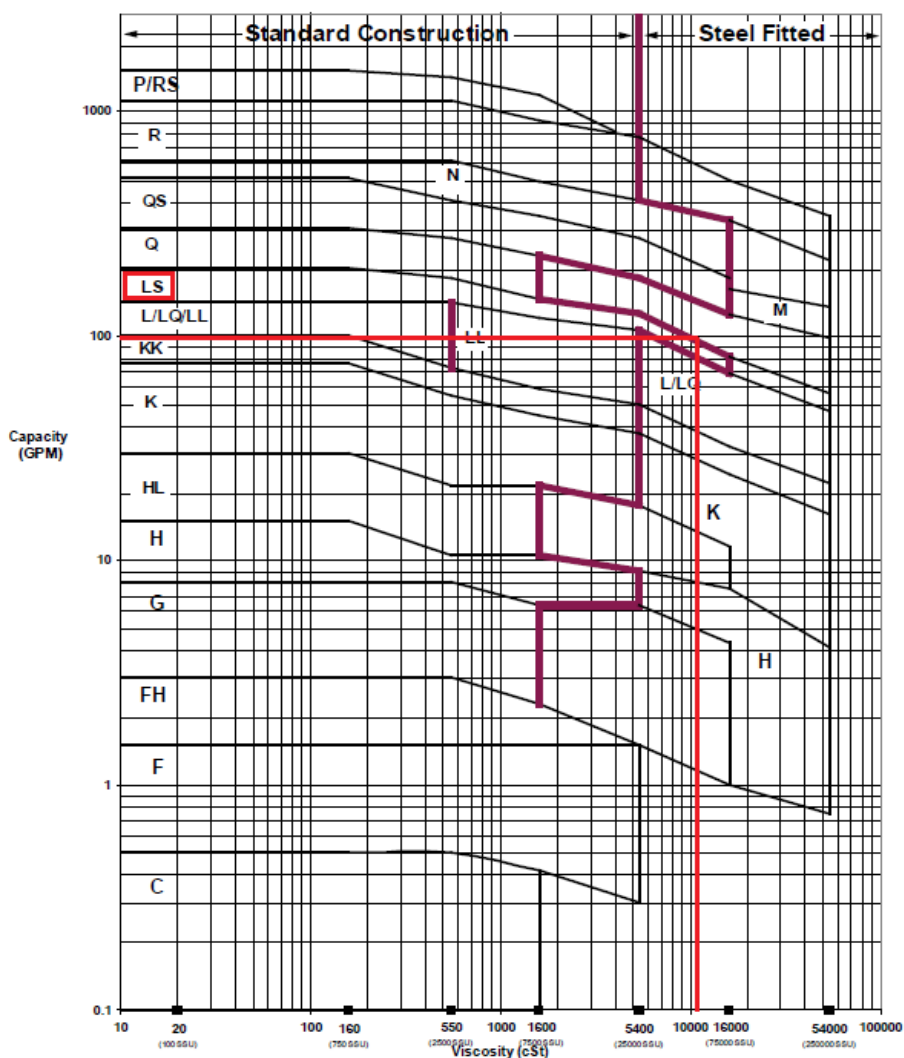
La velocidad en la superficie del fluido (punto 1) es cero. La velocidad del punto 2 es 0.7675m/s debido a que es la velocidad de descarga en la balsa de impregnación.

$$h_A = z_2 - z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_f$$

$$h_A = 0.909 - 2.051 + \frac{0.7675^2 \frac{m^2}{s^2} - 0 \frac{m^2}{s^2}}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} + 113.78$$

$$h_A = 112.66m * \frac{1.42psi}{1m} = 160psi$$

Para seleccionar el tamaño de la bomba se recurre a la gráfica del fabricante para selección de tamaños.



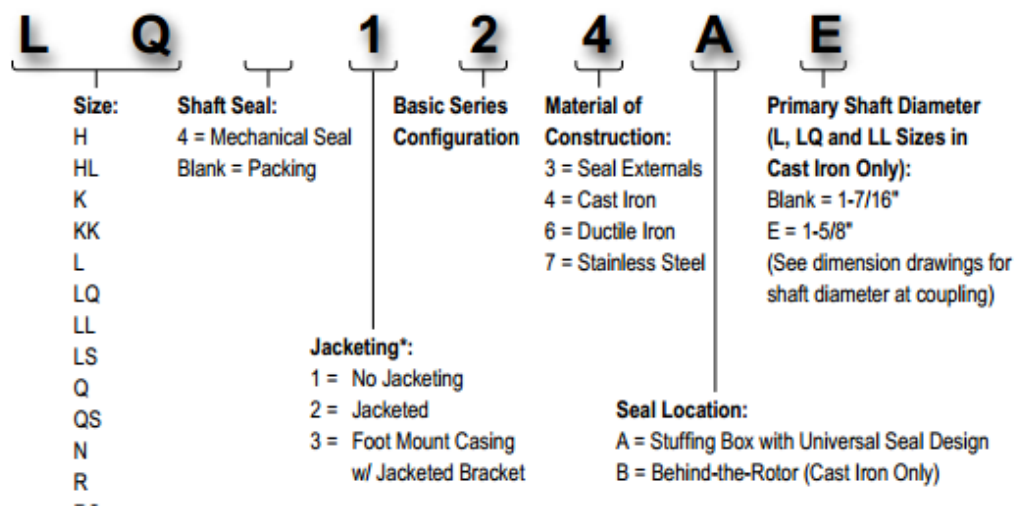
**Figura 116. Curva de caudal vs viscosidad**

**Fuente: Viking Pump Manual**

A una viscosidad de 12730 cSt y 100 galones por minuto de flujo el tamaño de bomba requerido es de la serie LS.

A continuación se seleccionará el modelo de bomba basado en la nomenclatura de las series de Viking Pump.

### Model Number Key



**Figura 117. Nomenclatura de bombas de Viking Pump**

**Fuente: Viking Pump Manual**

Debido a que el fluido necesita estar a temperatura alta (250°C) se escogerá una bomba enchaquetada (jacketed) que permita el paso de aceite térmico al sistema, evitando el enfriamiento y solidificación dentro de la bomba.

El material óptimo para fluidos a altas temperaturas es el hierro fundido (cast iron), recomendado por el fabricante para bombas, ya que son las más económicas y abastecen correctamente al proceso.

La caja simple de empaques (universal) permite disminuir los costos de mantenimiento, de tal manera que se escogerá este modelo.

Con las condiciones presentadas, el modelo de bomba seleccionado para la descarga de asfalto modificado es: **LS 224 A**



### 3.4.4.6. SELECCIÓN DEL MOTOR DE LA BOMBA

Para seleccionar el motor de la bomba, es necesario conocer la potencia que la bomba agrega al fluido:

$$P_b = h_a * Q * \gamma$$

$$P_b = 112.68m * \left( 100 \frac{gal}{min} * \frac{3.7854l * 1m^3 * 1min}{1gal * 1000l * 60s} \right) * \left( 1007 \frac{kg}{m^3} * 9.81 \frac{m}{s^2} \right)$$

$$P_b = 7022.73 W$$

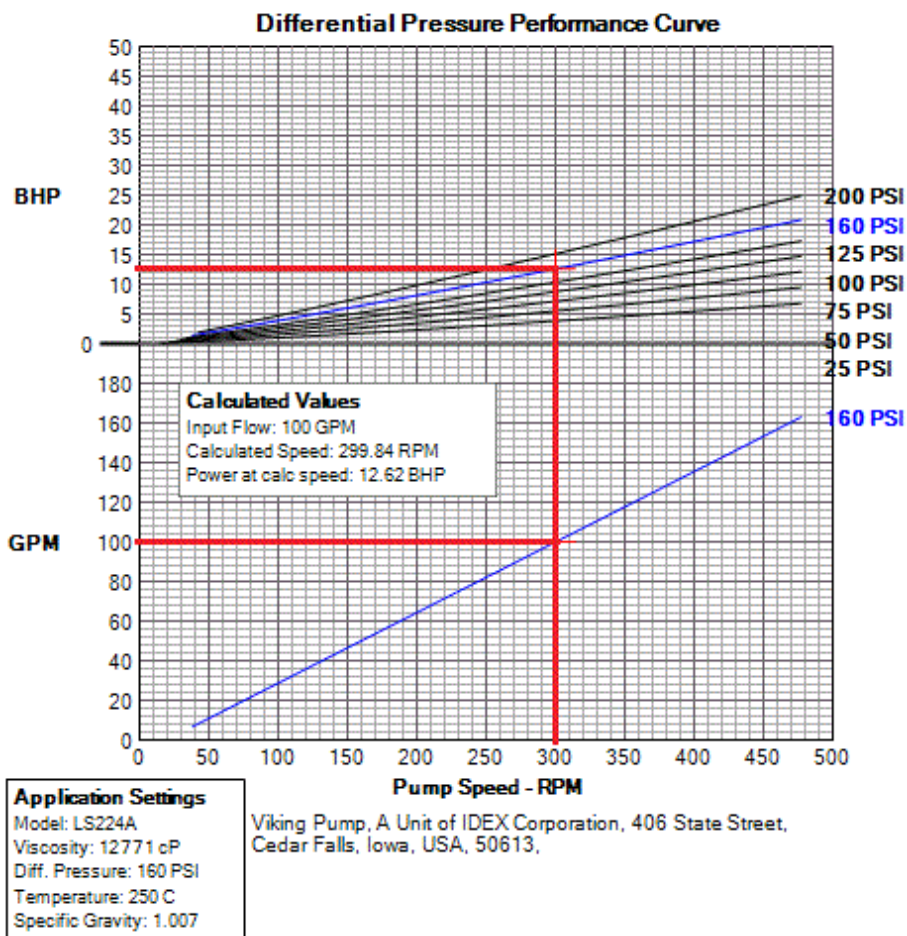
La potencia del motor eléctrico requerido se calcula mediante el cociente de la potencia de salida y la eficiencia mecánica del sistema. Se ha considerado una eficiencia de 70 % (Valor recomendado por Robert Mott para bombas de desplazamiento positivo)

$$P_m = \frac{P_b}{0.70} = \frac{7022.73 W}{0.70} = 10032.47 W$$

Transformando a Caballos de fuerza:

$$P_m = 10032.47 W * \frac{1HP}{745.7W} = 13.45 HP$$

Para comprobar si la selección del motor que otorgará la potencia necesaria a la bomba se recurre al software de Viking Pump.



**Figura 118. Curva característica bomba de asfalto modificado**

**Fuente: Viking Pump Selector**

Como se observa el motor requerido es de aproximadamente 13 HP. Por lo que se seleccionará un motor de 15 HP estándar.

### **3.5. TUBERÍA DE ASFALTO AC-20**

Se ha considerado un diseño aislado de la tubería de asfalto AC-20, ya que esta línea es encargada de suministrar dicho fluido a varias estaciones, por lo que se considera un sistema global dentro del presente proyecto. La línea de asfalto AC-20 partirá desde la salida de los tanques de almacenamiento de asfalto

#### **3.5.1. REQUERIMIENTOS EN RED DE TUBERÍA DE ASFALTO AC-20**

- Tubería encamisada que permita que el asfalto a ser transportado no disminuya de 150°C de temperatura.
- Alimentación a recipiente premezclador.
- Alimentación a recipiente mezclador.
- Alimentación a balsa de pre impregnación.
- Conexiones a futuro para un recipiente premezclador en la estación de premezcla.
- Conexiones a futuro para dos recipientes más en la estación de mezcla.
- El transporte de asfalto se lo realizará mediante una bomba ubicada en la conexión de salida de los recipientes de almacenamiento de asfalto.

#### **3.5.2. DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN (P&ID)**

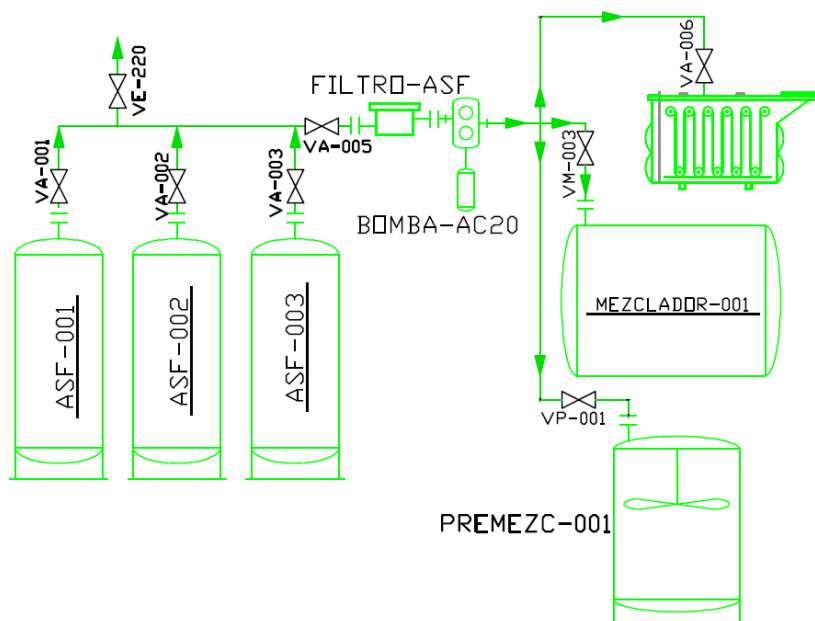
En la figura 119 se muestra el diagrama de tuberías e instrumentación donde la línea de tubería verde muestra la alimentación de asfalto AC-20.

Las válvulas VA-001, VA-002 y VA-003 controlan cuál de los tres tanques de almacenamiento es el que va a proveer de asfalto AC-20 al sistema.

Debido a que los tanques no solo proveen de asfalto al área de fabricación de láminas impermeabilizantes, sino también a la planta de emulsiones, con la válvula VE-220 se controla el paso hacia la zona de emulsiones y con la válvula VA-005 se controla el paso a la línea de laminación. La válvula VA-005 es una válvula de compuerta ya que el flujo será controlado por la bomba. La bomba de asfalto AC-20 que entregará la energía necesaria al fluido para transportarse tiene un filtro característico de Chova del Ecuador S.A., para sedimentar en el fondo las impurezas.

Cuando se encienda la bomba se deberá abrir la válvula VP-001 para llenar el recipiente de premezclado. Cuando la cantidad de asfalto AC-20 que se requiere en el premezclador se encuentra completa, se procederá a cerrar dicha válvula y se abrirá la válvula VM-003 para proceder a la carga en el recipiente de mezclado. Las dos válvulas necesarias también serán de compuerta pues el flujo es dependiente de la bomba.

Por último al momento de fabricar las láminas impermeabilizantes se requiere una preimpregnación de asfalto en la armadura por lo que la válvula VA-006 permite el paso de asfalto a la balsa de pre impregnación.

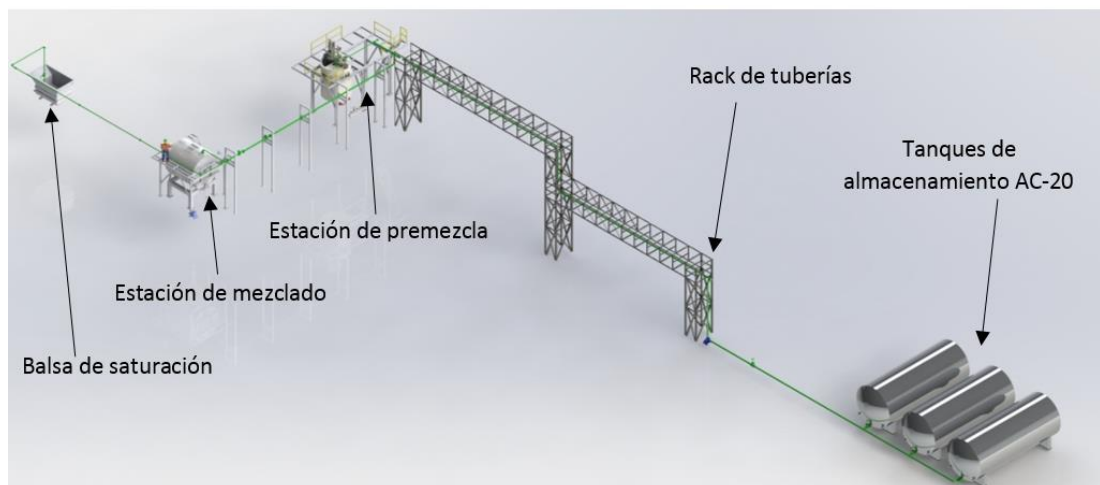


**Figura 119. Diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) de la tubería de asfalto AC-20**

### 3.5.3. DISPOSICIÓN DE TUBERÍAS

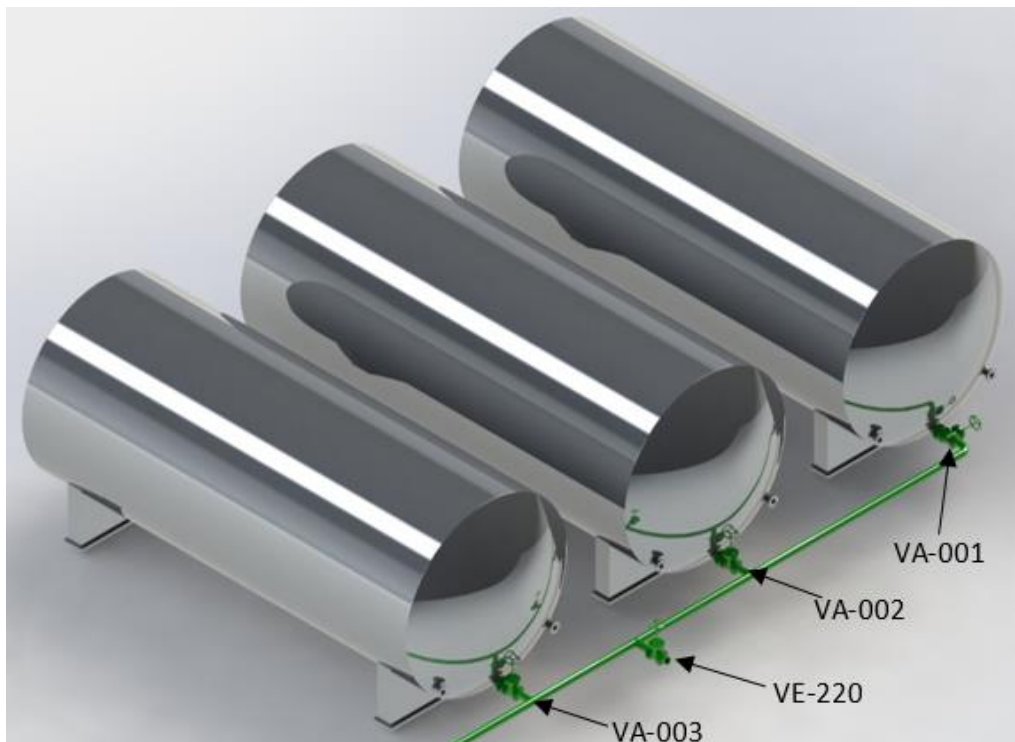
De la figura 120 hasta la 125 se muestra la disposición final de tuberías en la estación de mezclado, donde se ha considerado las instalaciones que a futuro podrían formar parte del sistema. Las conexiones para accesorios que serán parte del sistema en el futuro se las realizará con bridas ciegas (Blind flanges).

Como se observa en la figura 120 la red de tubería de asfalto abastece a todos los sistemas del presente proyecto (Estación de Premezclado, Estación de Mezclado, línea de laminación) y empieza en los tanques de almacenamiento y termina en la balsa de pre impregnación o saturación (punto más lejano).



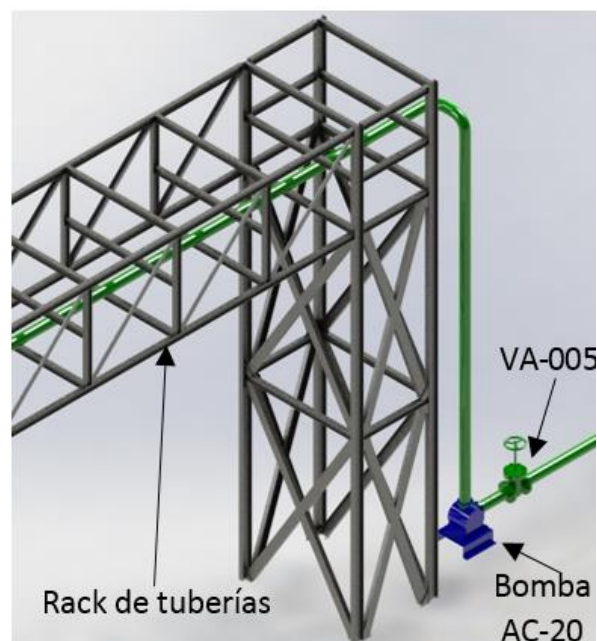
**Figura 120. Red de tubería de asfalto**

Las válvulas VA-001, VA-002 y VA-003 permiten la descarga de cualquiera de los tanques de almacenamiento. La válvula VE-220 permite la descarga de asfalto al otro proceso (Emulsiones)



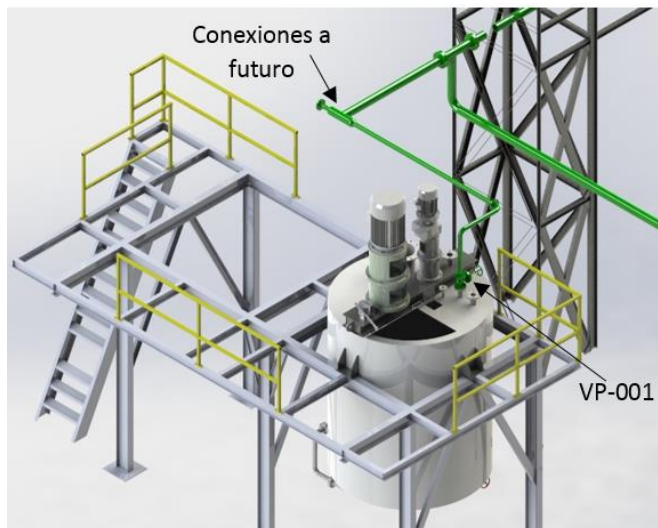
**Figura 121. Recipientes de almacenamiento de asfalto**

En el diseño de la línea se consideró una bomba y la válvula que controla el paso a la línea de laminación. La ubicación de estos dos elementos es previo a la elevación de fluido en el rack de tuberías.



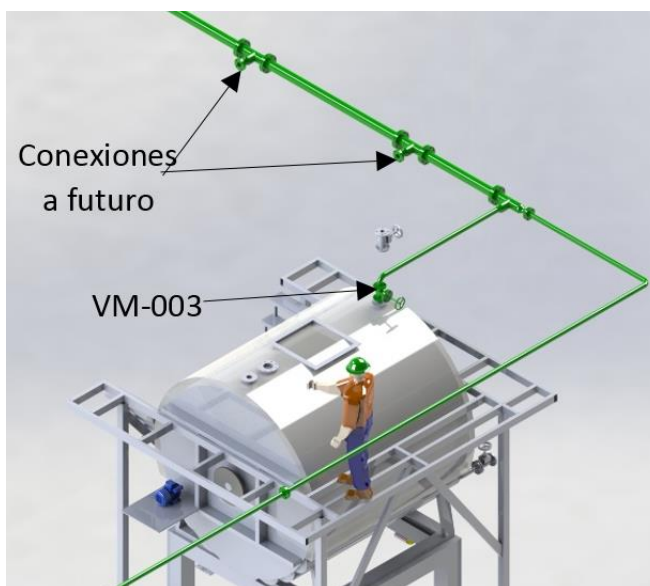
**Figura 122. Bomba y Rack de tuberías**

En la estación de premezcla se considera un crecimiento a futuro, por lo que el sistema cuenta con instalaciones que permiten conexiones futuras



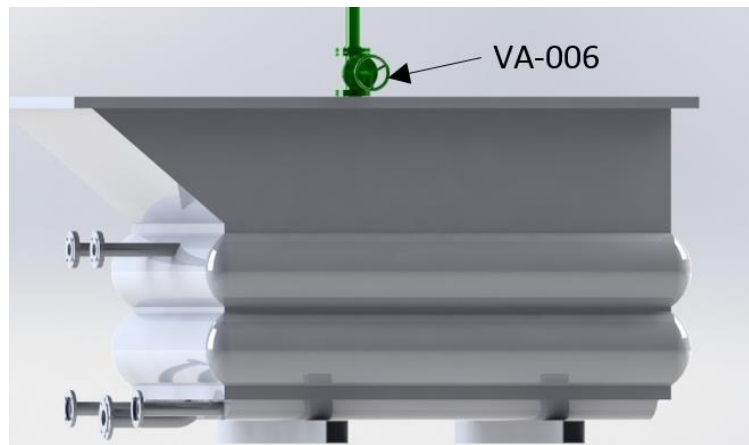
**Figura 123. Tubería de asfalto AC-20 en la estación de mezclado**

En la estación de mezclado también se consideran conexiones a futuro para los otros tanques mezcladores.



**Figura 124. Tubería de asfalto AC-20 en la estación de mezclado**

La instalación en la balsa de saturación



**Figura 125. Tubería de asfalto en la balsa de saturación**

#### 3.5.4. CÁLCULO DEL FLUJO

Datos:

Fluido: Asfalto AC-20

Temperatura de transporte = 150°C

Viscosidad dinámica a 150°C=  $\eta=0.30$  Pa.s

Tubería de transporte: NPS 4 SCH 40 y NPS 2 SCH 40

Gravedad específica a 150°C:  $\gamma=1.01$

Diámetro interno de tubería:  $\varphi=102.3\text{mm}=0.1023$  m

En el proceso de preparación de asfalto modificado el elemento principal es el asfalto AC-20, que llega puro de la refinería y se receipta en los tanques de almacenamiento. El proceso de preparación inicia propiamente en la estación de premezcla donde el proceso de premezclado dura aproximadamente dos horas. Es por eso que la carga de asfalto AC-20 en el recipiente premezclador debe ser en el menor tiempo posible. En el presente



diseño se pretende que la carga de asfalto (aproximadamente 5000 litros) no dure más de 5 minutos.

$$V = 5000 \text{ l}$$

Dividiendo el volumen para el tiempo estimado de carga:

$$Q = \frac{5000 \text{ l}}{5 \text{ min}} * \frac{1 \text{ gl}}{3.7854 \text{ l}} = 264.20 \text{ gpm} \approx 300 \text{ gpm}$$

### 3.5.5. CÁLCULO DE PÉRDIDAS

Las pérdidas totales por fricción se calculan mediante la sumatoria de pérdidas mayores y pérdidas menores totales:

$$h_f = h_{LM} + h_{lmTOTAL}$$

### CÁLCULO DE PÉRDIDAS MAYORES

$$h_{LM} = h_{LM4NPS} + h_{LM2NPS}$$

Para el cálculo de pérdidas por fricción en las líneas de tubería, se debe considerar la de mayor longitud correspondiente al fluido AC-20. Esta línea empieza a la salida del recipiente e almacenamiento No. 1 y termina en la balsa de saturación. Sin embargo, a la fecha de realización del proyecto no está siendo utilizada la línea de saturación, por lo que para el cálculo de pérdidas que permita seleccionar la bomba se toma en cuenta la línea que alimenta de asfalto al mezclador. Debido a que dicha longitud tiene dos diámetros de tubería diferentes, se ha dividido las pérdidas mayores en 2 secciones:

## PÉRDIDAS MAYORES TUBERÍA 4NPS SCH40

La longitud con diámetro 4 NPS SCH 40 es:

$$L_{4NPS} = 79.724 \text{ m.}$$

La velocidad del fluido circulando por la tubería 4NPS SCH 40 a 300 gpm es:

$$V = \frac{Q}{A} = 300 \frac{\text{gl}}{\text{min}} * \frac{4}{0.1023^2 \text{m}^2 * \pi} * \frac{3.7854 \text{l}}{1 \text{gl}} * \frac{1 \text{m}^3}{1000 \text{l}} * \frac{1 \text{min}}{60 \text{s}} = 2.3027 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Calculando el número de Reynolds:

$$NRE = \frac{v * \phi * \rho}{\eta} = \frac{2.3027 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.1023 \text{m} * 1010 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{0.3 \frac{\text{kg} * \text{m}}{\text{s}^2 \text{m}^2} * \text{s}} = 793.08$$

Debido a que NRE es menor a 4000 el flujo es laminar. Para flujo laminar el factor de fricción es:

$$f = \frac{64}{NRE} = \frac{64}{396.54} = 0.0807$$

$$h_{LM} = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} = 0.0807 * \frac{79.724 \text{m} * 2.3027^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{0.1023 \text{m} * 2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 16.9962 \text{ m}$$

## PÉRDIDAS MAYORES TUBERÍA 2NPS SCH40

La longitud con diámetro 2 NPS SCH 40 empieza en la Tee donde se reduce el diámetro de 4NPS a 2NPS y termina en el recipiente mezclador. La longitud se muestra en el Plano de la tubería AC-20

$$L_{2NPS} = 3 \text{ m.}$$

La velocidad del fluido circulando por la tubería NPS 2 SCH 40 a 300 gpm es:

$$V = \frac{Q}{A} = 300 \frac{gl}{min} * \frac{4}{0.0525018^2 m^2 * \pi} * \frac{3.7854l}{1gl} * \frac{1m^3}{1000l} * \frac{1min}{60s} = 8.7427 \frac{m}{s}$$

Calculando el número de Reynolds:

$$NRE = \frac{v * \phi * \rho}{\eta} = \frac{8.7427 \frac{m}{s} * 0.0525018m * 1010 \frac{kg}{m^3}}{0.3 \frac{kg * m}{s^2 m^2} * s} = 1545.32$$

Debido a que NRE es menor a 4000 el flujo es laminar. Para flujo laminar el factor de fricción es:

$$f = \frac{64}{NRE} = \frac{64}{1545.32} = 0.04142$$

$$h_{LM} = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} = 0.04142 * \frac{3m * 8.7427^2 \frac{m^2}{s^2}}{0.0525018m * 2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 9.22 m$$

Por lo tanto las pérdidas mayores en la tubería de asfalto AC-20 serían:

$$h_{LM} = h_{LM4NPS} + h_{LM2NPS} = 16.9962 + 9.22m = 26.2162 m$$

## CÁLCULO DE PÉRDIDAS MENORES

La pérdida menor en cada accesorio de 4 NPS es calculada mediante:

$$h_{lm} = k * \frac{v^2}{2g} = k * \frac{2.3027^2 \frac{m^2}{s^2}}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.2702 * k$$

La pérdida menor en cada accesorio de 2 NPS es calculada mediante:

$$h_{lm} = k * \frac{v^2}{2g} = k * \frac{8.7427^2 \frac{m^2}{s^2}}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 3.89 * k$$

Donde el factor k se obtiene mediante:

$$k = \left(\frac{L_e}{D}\right) * f_T$$

Donde los valores de (Le/D) se obtienen del ANEXO I y los valores de ft del ANEXO J

### Pérdidas en la línea de succión

La línea de succión se encuentra conformada en toda su longitud con tubería 4 NPS, por lo que los valores de pérdidas en la línea de succión se muestran en la tabla 31.

**Tabla 31.**

#### Pérdidas menores en la línea de succión

Diámetro	Velocidad	Accesorio:	Cantidad	Le/ D	ft	k	hlm	hlm total	
4NPS	2,192	Codos 90 <sup>a</sup>	1	30	0,0	0,5	0,1378	0,1378	
					17	1	02	02	
	2,192	Válvulas de globo	0	34	0,0	5,7	1,5617	0	
					0	17	8	56	
	2,192	Válvulas de compuerta	3	8	0,0	0,1	0,0367	0,1102	
						17	36	472	416
2,192	Tees- con flujos a través de un tramo	2	20	0,0	0,3	0,0918	0,1837		
					17	4	68	36	
2,192	Tees-con flujo a través de una rama	0	60	0,0	1,0	0,2756	0		
					17	2	04		
<b>TOTAL</b>							<b>0.4318</b>		

## Pérdidas en la línea de descarga

La línea de descarga se encuentra conformada con tubería 4 NPS al inicio y después sufre una reducción a 2 NPS. Los valores de pérdidas en la línea de succión se muestran en la tabla 32.

**Tabla 32.**

### Pérdidas menores en la línea de descarga

Diámetro	Velocidad	Accesorio:	Cantidad	Le/ D	ft	k	h <sub>lm</sub>	h <sub>lm</sub> total
4NPS	2,192	Codos 90 <sup>a</sup>	5	30	0,01 7	0,51	0,137802	0,68901
	2,192	Válvulas de globo	0	340	0,01 7	5,78	1,561756	0
	2,192	Válvulas de compuerta	0	8	0,01 7	0,13 6	0,036747	0
	2,192	Tees- con flujos a través de un tramo	2	20	0,01 7	0,34	0,091868	0,18373 6
	2,192	Tees-con flujo a través de una rama	1	60	0,01 7	1,02	0,275604	0,27560 4
2NPS	8,1598	Codos 90 <sup>a</sup>	1	30	0,01 9	0,57	2,2173	2,2173
	8,1598	Válvulas de globo	0	340	0,01 9	6,46	25,1294	0
	8,1598	Válvulas de compuerta	1	8	0,01 9	0,15 2	0,59128	0,59128
	8,1598	Tees- con flujos a través de un tramo	0	20	0,01 9	0,38	1,4782	0
	8,1598	Tees-con flujo a través de una rama	1	60	0,01 9	1,14	4,4346	4,4346
<b>TOTAL</b>								<b>8,39153</b>

Las pérdidas menores en la tubería (succión y descarga) se establece mediante la sumatoria de la pérdida en cada tramo:

$$h_{lmTOTAL} = 0.4318m + 8.3915m = 8.8233m$$

La pérdida total por fricción del sistema de descarga de asfalto modificado es:

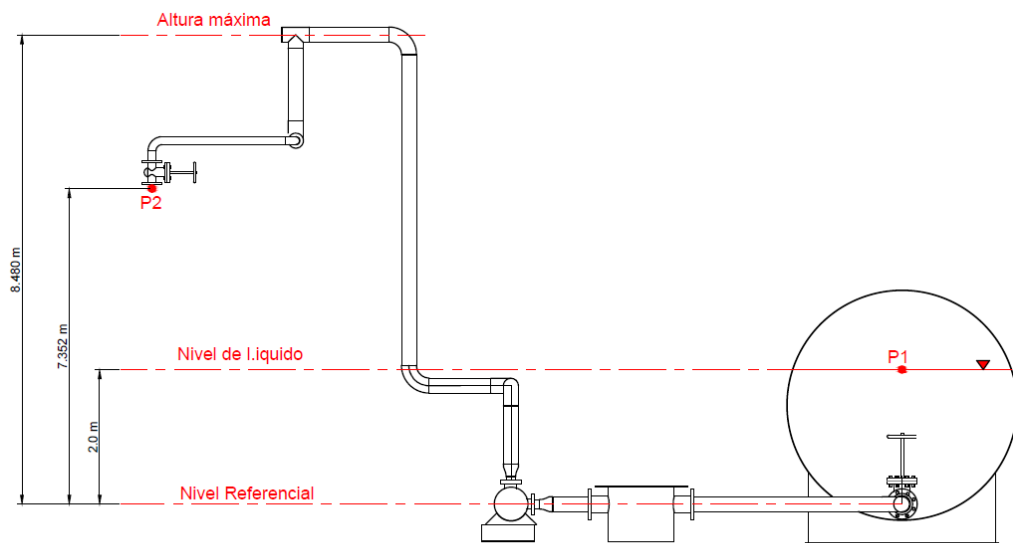
$$h_f = h_L + h_{lmTOTAL} = 26.2162\text{m} + 8.8233\text{m} = 35.0395\text{m}$$

### 3.5.6. SELECCIÓN DE LA BOMBA

La bomba requerida se selecciona mediante el cálculo de la carga dinámica total. La misma que viene planteada por la ecuación:

$$h_A = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + z_2 - z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_f$$

Los puntos considerados para la ecuación de la energía se describen en la figura 126.



**Figura 126. Puntos de la ecuación de carga dinámica total**

En el punto 1, la presión es igual a cero debido a que la superficie se encuentra expuesta a presión atmosférica. En el punto 2 la corriente del fluido al descargarse también está expuesta a esta presión por lo que el factor dependiente de las presiones en la ecuación de la energía puede descartarse.

La velocidad en la superficie del fluido (punto 1) es aproximadamente cero. La velocidad del punto 2 es 8.7427m/s debido a que es la velocidad de descarga en el tanque mezclador.

$$h_A = z_2 - z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_f$$

$$h_A = 7.352 - 2.0 + \frac{8.7427^2 \frac{m^2}{s^2} - 0 \frac{m^2}{s^2}}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} + 35.0395$$

$$h_A = 44.29m * \frac{1.42psi}{1m} = 62.90 psi$$

Para seleccionar el tamaño de la bomba se recurre a la gráfica del fabricante para selección de tamaños.

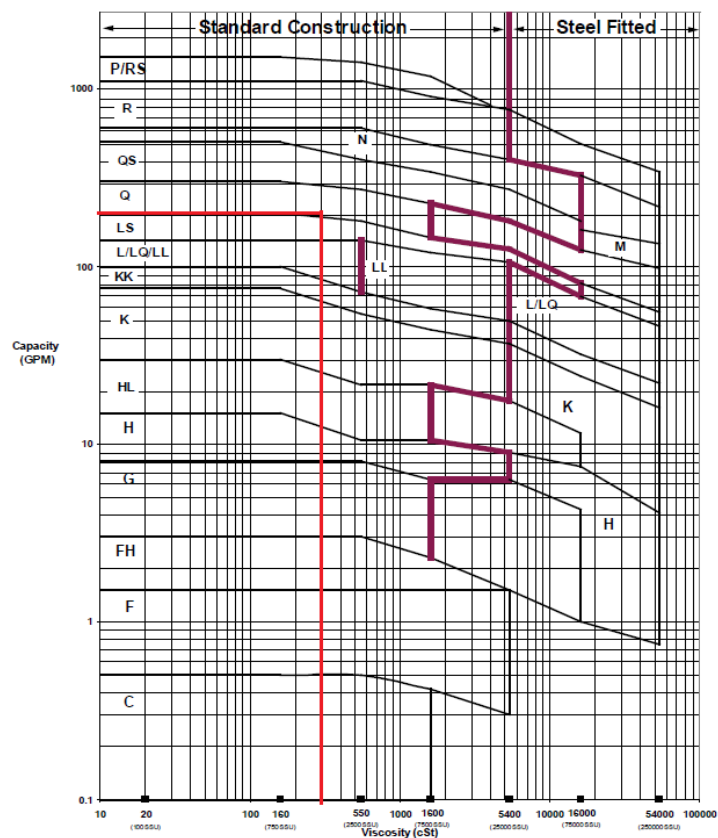
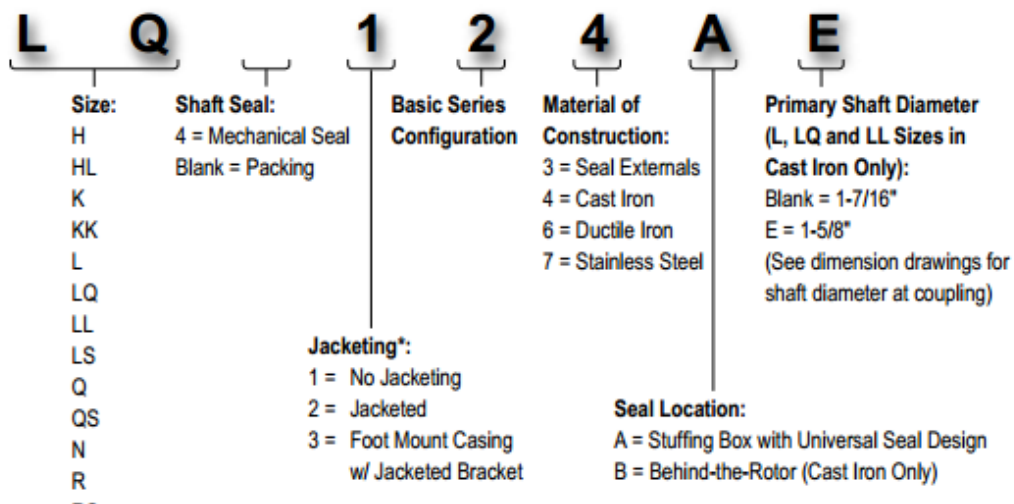


Figura 127. Gráfica para seleccionar tamaño de la bomba

A una viscosidad de 300 cSt y 300 galones por minuto de flujo el tamaño de bomba requerido es de la serie Q.

A continuación se seleccionará el modelo de bomba basado en la nomenclatura de las series de Viking Pump.

### Model Number Key



**Figura 128. Nomenclatura de las Bombas Viking Pump**

Debido a que el fluido necesita estar a temperatura alta (mayor a 150°C) se escogerá una bomba enchaquetada (jacketed) que permita el paso de aceite térmico al sistema, evitando el enfriamiento y solidificación dentro de la bomba.

El material óptimo para fluidos a altas temperaturas es el hierro fundido (cast iron), recomendado por el fabricante para bombas, ya que son las más económicas y abastecen correctamente al proceso.

Se necesita una caja de empaque simple.

Con las condiciones presentadas, el modelo de bomba seleccionado para la descarga de asfalto modificado es: **Q 224 A**



### 3.5.7 SELECCIÓN DEL MOTOR DE LA BOMBA

Para seleccionar el motor de la bomba, es necesario conocer la potencia que la bomba agrega al fluido:

$$P_b = h_A * Q * \gamma$$

$$P_b = 44.29m * \left( 300 \frac{gal}{min} * \frac{3.7854l * 1m^3 * 1min}{1gal * 1000l * 60s} \right) * \left( 1010 \frac{kg}{m^3} * 9.81 \frac{m}{s^2} \right)$$

$$P_b = 8305 W$$

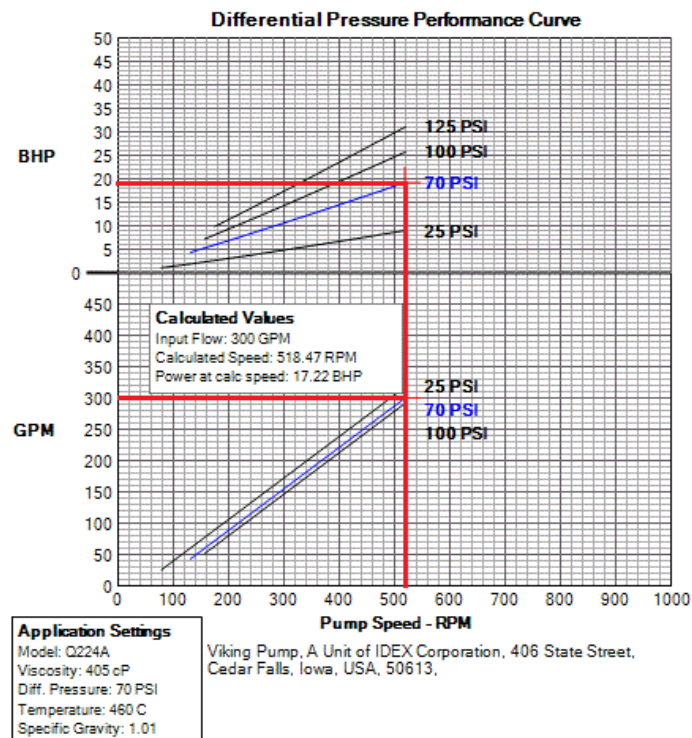
La potencia del motor eléctrico requerido se calcula mediante el cociente de la potencia de salida y la eficiencia mecánica del sistema. Se ha considerado una eficiencia de 70 % (Valor recomendado por Robert Mott para bombas de desplazamiento positivo)

$$P_m = \frac{P_b}{0.70} = \frac{8305 W}{0.70} = 11865.33 W$$

Transformando a caballos de fuerza:

$$P_m = 11865.33 W * \frac{1HP}{745.7W} = 16 HP$$

Para comprobar si la selección del motor que otorgará la potencia necesaria a la bomba se recurre al software de Viking Pump.



**Figura 129. Curva de la Bomba LQ224A**

Como se observa el motor requerido es de aproximadamente 17 HP. Por lo que se seleccionará un motor de 20 HP estándar.

### 3.6. CÁLCULO DEL ESPESOR MÍNIMO EN TUBERÍAS Y BRIDAS

#### 3.6.1. CÁLCULO DE ESPESOR DE LA TUBERÍA

Previamente se seleccionó una tubería de 4 NPS de SCH 40, con todos los requerimientos que se planteó en el diseño, por lo cual a continuación se comprobará si la misma se encuentra dentro de los parámetros de cumplimiento de espesor mínimo.

Para seleccionar la presión de diseño, se escoge la mayor presente en las siguientes redes de tubería:

**Tabla 33.****Presiones en los sistemas.**

<b>Red de Tubería</b>	<b>Presión</b>
<b>Zona de Mezcla (Alimentación a la balsa de impregnación)</b>	160 psi
<b>Alimentación al mezclador</b>	90 psi
<b>Recirculación Premezclador</b>	90 psi
<b>Asfalto</b>	63 psi

De acuerdo a la tabla 33 se observa que la presión mayor se produce en la tubería de descarga de la estación de mezclado, su valor es de 160 psi.

Para el cálculo de la presión de diseño, la norma ASME sugiere que seleccione el mayor valor obtenido entre el 10% de la presión o el aumento en 30 psi a la presión inicial. (Villavicencio, 2010)

**Tabla 34. Parámetros de diseño de tubería****Parámetro de diseño de tubería**

<b>Parámetro</b>	<b>Presión de Diseño en Tuberías</b>
<b>10%</b>	176 psi
<b>Más 30 psi</b>	190 psi



Por lo tanto la tubería seleccionada NPS 4 SCH 40 cumple las condiciones de espesor mínimo.

$$t_{NPS4\_SCH40} = 6.0198mm > t_{minimo} = 3.80mm$$

Para calcular el factor de seguridad en el diseño mecánico de la tubería se calcula el esfuerzo circunferencial (tangencial) producido en la tubería.

$$S_t = \frac{P * D}{2t} = \frac{190psi * 4.5in}{2 * 0.237} = 1803 psi$$

$$n = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_{adm}} = \frac{17100psi}{1803psi} = 9.48$$

### 3.6.2. SELECCIÓN DE CLASE DE BRIDAS

#### Tubería 2 NPS

$$Pd = 93 psi$$

#### Tubería 4NPS

$$Pd = 190 psi$$

T = 200 °C Para poder entrar a la tabla de selección de bridas se debe transformar la temperatura a grados F

$$F = C * \frac{9}{5} + 32 = 200^{\circ}C * \frac{9}{5} + 32 = 392 F$$

**PRESSURE – TEMPERATURE RATINGS**  
FOR STEEL PIPE FLANGES AND FLANGED FITTINGS  
American National Standard ANSI B16.5-1996/1998 ADDENDA

Class	150 lb.	300 lb.	400 lb.	600 lb.	900 lb.	1,500 lb.	2,500 lb.
Hydrostatic test pressure, psig	450	1,125	1,500	2,225	3,350	5,575	9,275
Temperature, F	MAXIMUM ALLOWABLE NON-SHOCK PRESSURE PSIG.						
-20 to 100	285	740	990	1,480	2,220	3,705	6,170
200	260	675	900	1,350	2,025	3,375	5,625
300	230	655	875	1,315	1,970	3,280	5,470
400	200	635	845	1,270	1,900	3,170	5,280
500	170	600	800	1,200	1,795	2,995	4,990
600	140	550	730	1,095	1,640	2,735	4,560
650	125	535	715	1,075	1,610	2,685	4,475
700	110	535	710	1,065	1,600	2,665	4,440
750	95	505	670	1,010	1,510	2,520	4,200
800	80	410	550	825	1,235	2,060	3,430
850	65	270	355	535	805	1,340	2,230
900	50	170	230	345	515	860	1,430
950	35	105	140	205	310	515	860
1,000	20	50	70	105	155	260	430

**Figura 131. Selección de la clase de brida**

Mediante la figura 131 se concluye que para la red de tubería de asfalto, asfalto polimerizado y asfalto modificado, se requieren bridas de clase 150 libras de presión.

### 3.7. DISEÑO TÉRMICO

El sistema térmico permite a las tuberías, bombas, tanques, balsa de saturación, balsa de impregnación mantener una temperatura de proceso adecuada en el asfalto AC-20, asfalto polimerizado o asfalto modificado.

### **3.7.1. REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO DEL ACEITE TÉRMICO**

El sistema de distribución de aceite térmico debe:

- Tener un sistema centralizado de distribución de aceite térmico a las líneas de tuberías y equipos (Manifold).
- Permitir que la temperatura de la tubería de asfalto no sea menor que 150 °C.
- Permitir que la temperatura de la tubería de asfalto polimerizado y la de asfalto modificado no disminuya de 200 °C.
- El sistema de distribución de aceite térmico debe estar a contraflujo.
- Contar con válvula de alivio de presión.
- Conexiones adecuadas de alimentación.
- Conexiones para futuros equipos.

### **3.7.2. DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN (P&ID)**

El diseño completo del diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) de la tubería de aceite térmico se muestra en el ANEXO L. Se muestran las líneas de tuberías existentes en el proyecto y la dirección de flujo de cada una de estas.

Se ha dispuesto de un manifold central ubicado en el interior de la nave industrial para controlar el aceite térmico dirigido a varias direcciones.

### **3.7.3. CÁLCULO**

Para el cálculo es necesario saber que la caldera actualmente tiene la capacidad de calentar un flujo de 286 gpm con una temperatura de ingreso de 150 °C y una salida de 220 °C. Por lo que el diseño debe cumplir con estos parámetros.

**DATOS**

Temperatura de salida del caldero:  $T_{\text{cal}} = 220^{\circ}\text{C}$

Los datos mostrados a continuación son de aceite térmico a  $200^{\circ}\text{C}$ :

Calor específico del aceite térmico:  $2740 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{K}}$

Densidad:  $730 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

El coeficiente de transferencia de calor por convección para aire a  $20^{\circ}\text{C}$  estándar es:

$$h_c = 25 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{K}}$$

El flujo másico de aceite térmico es:

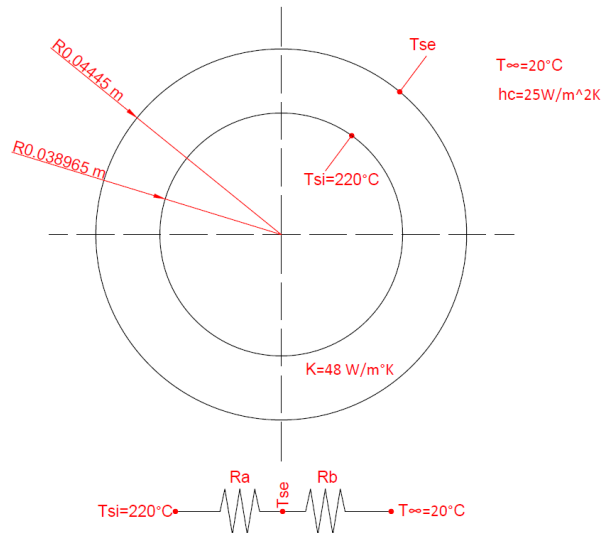
$$286 \frac{\text{gal}}{\text{min}} * \frac{3.7854\text{l}}{1\text{gal}} * \frac{0.73\text{kg}}{1\text{l}} * \frac{1\text{min}}{60\text{s}} = 13.17 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

**3.7.3.1. TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN 1**

La tubería de alimentación 1 es la encargada de transportar el aceite térmico que se encuentra a la salida de la caldera hacia el manifold (Observar diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID)) ubicado en la nave industrial. Esta tubería circula por el rack de tuberías expuesto a temperatura ambiente. A continuación se calcula el calor perdido por esta tubería y la temperatura de llegada al manifold, ya que esta temperatura será la temperatura inicial de alimentación a los sistemas encamisados de tubería y a los equipos. Para realizar este cálculo se considera que toda la superficie interna de la tubería se encuentra a temperatura de  $220^{\circ}\text{C}$ . La tubería por la que circula el aceite térmico es de 3NPS SCH 40. La conductividad térmica del material de la tubería a esta temperatura es:  $48 \frac{\text{W}}{\text{m}^{\circ}\text{K}}$  (Cengel, 2010)



En la figura 132 se especifican las condiciones del sistema y se aplica la analogía de transferencia de calor por resistencias:



**Figura 132. Diagrama térmico de tubería de alimentación No 1**

Se calcula la resistencia térmica de la pared:

$$R_a = \frac{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}{\pi k} = \frac{\ln\left(\frac{0.04445}{0.038965}\right)}{\pi * 48 \frac{W}{m^{\circ}K}} = 8.73 * 10^{-4} \frac{m^{\circ}K}{W}$$

Como se observa, la resistencia térmica de la pared es muy baja por lo que se puede omitir este valor.

Se calcula la resistencia térmica por convección:

$$R_a = \frac{1}{\pi k} = \frac{1}{\pi * R_2 * h_a} = \frac{1}{\pi * 0.04445 \text{ m} * 25 \frac{W}{m^2 \cdot K}} = 0.29 \frac{m^{\circ}K}{W}$$

Se calcula el calor perdido por unidad de longitud:

$$q = \frac{(T_{si} - T_{\infty})}{R_a + R_b} = \frac{(493 - 293)^{\circ}\text{K}}{(8.73 * 10^{-4} + 0.29) \frac{\text{m}^{\circ}\text{K}}{\text{W}}} = 687.58 \frac{\text{W}}{\text{m}}$$

La tubería tiene una longitud de 47 metros, por lo tanto el calor perdido es:

$$Q = 687.58 \frac{\text{W}}{\text{m}} * 47\text{m} = 32316 \text{ W}$$

Con este calor perdido se procede a calcular la temperatura de salida del aceite en el manifold de distribución:

$$Q = m * C_p * (T_i - T_s) = 32316 \text{ W}$$

Despejando la temperatura de Salida:

$$T_s = T_i - \frac{Q}{m * C_p} = 220^{\circ}\text{C} - \frac{32316\text{W}}{13.17 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * 2740 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{K}}} = 219^{\circ}\text{C}$$

Por lo tanto esta será la temperatura de entrada a todos los sistemas de calentamiento.

En los cálculos posteriores se omite la resistencia de las paredes de la tubería, pues como se demostró en el literal anterior, esta resulta despreciable comparado con los otros factores.

Para todos los diseños en las tuberías se asume que la temperatura de retorno de aceite térmico a la caldera es de 160 °C

### 3.7.3.2. DISEÑO TÉRMICO EN LA TUBERÍA DE ASFALTO AC-20

Obsérvese en el diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) que el sistema térmico de la tubería se divide en dos secciones, la primera empieza en la estación de premezclado y termina en el inicio de los tanques de almacenamiento de asfalto, y la segunda empieza en la tee de bifurcación para la estación de mezclado y termina en la tubería de retorno.

#### Datos de asfalto

$$\text{Calor específico del asfalto Ac-20: } C_{pAS} = 1000 \frac{J}{kg \text{ } ^\circ K}$$

$$\text{Densidad: } \rho_{AS} = 1010 \frac{kg}{m^3}$$

$$\text{Flujo másico: } m_{AS} = 300 \frac{gl}{min} * \frac{3.7854l}{1gl} * \frac{1m^3}{1000l} * \frac{1min}{60s} * \frac{1010 kg}{1m^3} = 19.12 \frac{kg}{s}$$

$$\text{Temperatura de salida de los tanques de almacenamiento: } T_{iAS} = 150^\circ C$$

#### Datos de aceite térmico

Los datos mostrados a continuación son de aceite térmico a 219 °C:

$$\text{Temperatura de salida del manifold: } T_{cal} = 219^\circ C$$

$$\text{Calor específico del aceite térmico: } 2740 \frac{J}{kg \text{ } ^\circ K}$$

$$\text{Densidad: } 730 \frac{kg}{m^3}$$

El flujo másico de aceite térmico se debe calcular.

El coeficiente de transferencia de calor por convección para aire a 20°C estándar es:

$$h_c = 25 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ K}$$

$$\text{Radio externo 6 NPS SCH 40: } R_{out6NPS} = \frac{6.625}{2} in = 0.0841375 m$$

## CÁLCULO

El presente diseño permite que el asfalto proveniente de los tanques de almacenamiento no disminuya su temperatura durante el transporte a un valor menor de  $150^{\circ}\text{C}$ , para ello el calor entregado por el flujo de aceite térmico debe ser superior al calor perdido en el ambiente.

El aceite térmico proveniente de la válvula MA-061 en el manifold pequeño empieza su recorrido en la tubería de descarga de asfalto en el premezclador 1 y continúa a contraflujo siguiendo la dirección de la tubería de asfalto AC-20, terminando en el retorno en los tanques de almacenamiento de asfalto. La longitud de esta tubería es de 65 m.

El fluido de trabajo (asfalto AC-20) no sufre calentamiento ni adición de calor en este proceso, por lo tanto el calor proveniente del aceite térmico se disipa solamente en el ambiente.

La figura 133 muestra el flujo de calor del sistema.

### TRAMO 1

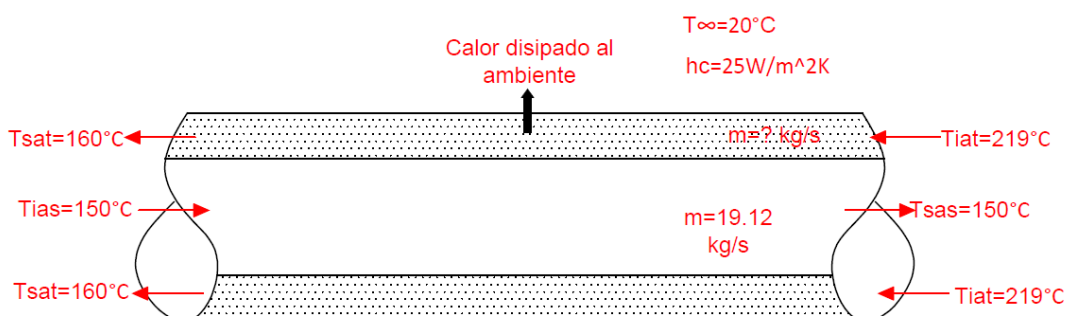


Figura 133. Esquema de transferencia de calor en tubería

Realizando una ecuación de balance de energía en el sistema se tiene:

$$Q_{AT} = Q_{amb} + Q_{asf}$$

Donde:

$Q_{AT}$ : Calor disponible en el aceite térmico

$Q_{amb}$ : Calor disipado al ambiente

$Q_{asf}$ : Calor entregado al asfalto

### Calor disipado en el ambiente

Para calcular el calor disipado en el ambiente se procede a obtener una temperatura media del aceite térmico:

$$T_{mAT} = \frac{T_{iAT} - T_{sAT}}{2} = \frac{219 + 160}{2} = 189.5 \text{ } ^\circ\text{C} = 462.5 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$R_{amb} = \frac{1}{h_c * R_{out\ 6NPS} * \pi} = \frac{1}{25 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ\text{K} * 0.0810375 \text{ m} * \pi} = 0.1513 \frac{m}{W \text{ } ^\circ\text{K}}$$

$$Q_{amb} = \frac{T_{mAT} - T_{\infty}}{R_{amb}} * L = \frac{(462.5 - 293) \text{ } ^\circ\text{K}}{0.1513 \frac{m}{W \text{ } ^\circ\text{K}}} * 65 \text{ m} = 72818.90 \text{ W}$$

### Calor requerido en el asfalto:

$$Q_{asf} = m_{Asf} C_{pAsf} * (T_{sAsf} - T_{iAsf}) = 19.12 \frac{kg}{s} * 1000 \frac{J}{kg \text{ } ^\circ\text{K}} * (0 \text{ } ^\circ\text{K}) = 0 \text{ W}$$

El calor requerido que el Aceite térmico debe entregar es:

$$Q_{AT} = Q_{amb} + Q_{asf} = 72818.90 \text{ W} + 0 \text{ W} = 72818.90 \text{ W}$$

**El flujo másico requerido de aceite térmico para entregar es:**

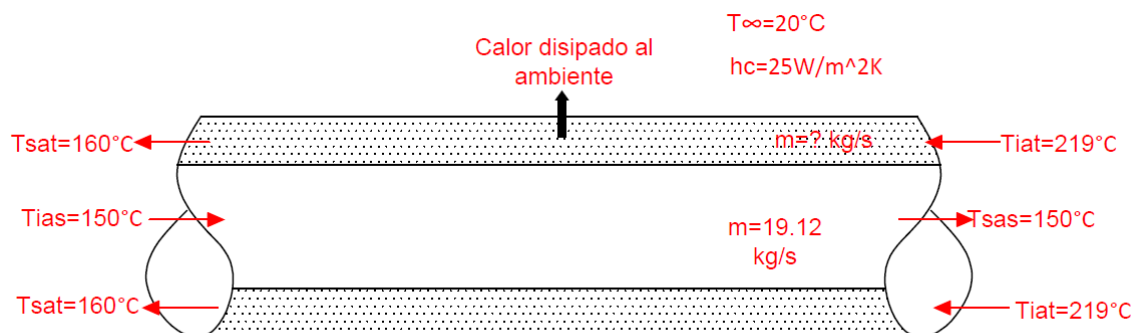
$$m_{At} = \frac{Q_{At}}{C_{pAt} * (T_{iAT} - T_{sAT})} = \frac{72818.90 \text{ W}}{2740 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{°K}} * (219 - 160) \text{°K}} = 0.68 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

El presente tramo permite que la temperatura del asfalto no disminuya de 150 °C. El control de flujo se lo realiza mediante el control de la válvula MA-061 que se encuentra ubicada en el manifold pequeño.

## TRAMO 2

El análisis del segundo tramo es aquel que parte de la bifurcación de la línea de asfalto y se dirige a la estación de mezclado y balsa de saturación. La longitud de este tramo es: 44.82m.

En el inicio de este tramo el asfalto se encuentra a una temperatura de 150°C. Se requiere mantener esta temperatura durante este trayecto, sin que el asfalto AC-20 sufra pérdida de calor.



**Figura 134. Esquema de transferencia de calor**

Realizando una ecuación de balance de energía en el sistema se tiene:

$$Q_{AT} = Q_{amb} + Q_{asf}$$

Donde:

$Q_{AT}$ : Calor disponible en el aceite térmico

$Q_{amb}$ : Calor disipado al ambiente

$Q_{asf}$ : Calor entregado al asfalto

### Calor disipado en el ambiente

Para calcular el calor disipado en el ambiente se procede a obtener una temperatura media del aceite térmico:

$$T_{mAT} = \frac{T_{iAT} - T_{sAT}}{2} = \frac{219 + 160}{2} = 189.5 \text{ } ^\circ\text{C} = 462.5 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$R_{amb} = \frac{1}{h_c * R_{out \ 6NPS} * \pi} = \frac{1}{25 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ\text{K} * 0.0810375 \text{ m} * \pi} = 0.1513 \frac{m}{W \text{ } ^\circ\text{K}}$$

$$Q_{amb} = \frac{T_{mAT} - T_{\infty}}{R_{amb}} * L = \frac{(462.5 - 293) \text{ } ^\circ\text{K}}{0.1513 \frac{m}{W \text{ } ^\circ\text{K}}} * 44.82 = 50211 \text{ W}$$

### Calor requerido en el asfalto:

$$Q_{asf} = m_{Asf} C p_{Asf} * (T_{sAsf} - T_{iAsf}) = 19.12 \frac{kg}{s} * 1000 \frac{J}{kg \text{ } ^\circ\text{K}} * (0) \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_{asf} = 0 \text{ W}$$

**El calor requerido que el aceite térmico debe entregar es:**

$$Q_{AT} = Q_{amb} + Q_{asf} = 50211W + 0 W = 50211 W$$

**Flujo másico requerido de aceite térmico para entregar es:**

$$m_{At} = \frac{Q_{At}}{Cp_{At} * (T_{iAT} - T_{sAT})} = \frac{50211 W}{2740 \frac{J}{kg \cdot ^\circ K} * (219 - 160)^\circ K} = 0.47 \frac{kg}{s}$$

El presente tramo permite mantener la temperatura de asfalto AC-20 en el segundo tramo de tubería en 150°C. El control de flujo se lo realiza mediante el control de la válvula MA-063 ubicada en el manifold pequeño.

### **3.7.3.3. DISEÑO TÉRMICO TUBERÍA DE ASFALTO POLIMERIZADO**

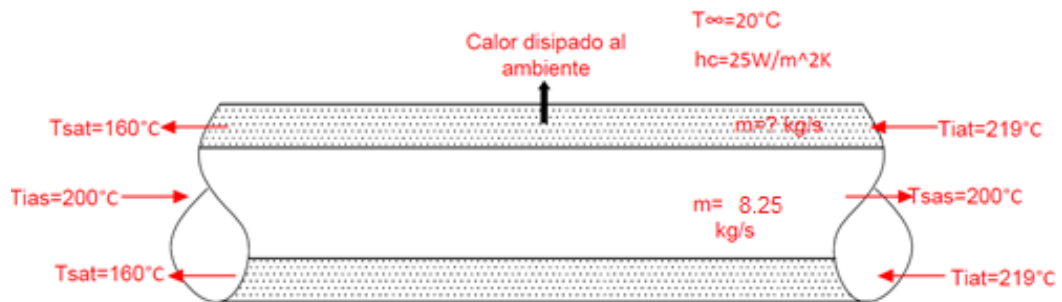
El presente diseño permite que el asfalto polimerizado proveniente del tanque premezclador mantenga una temperatura constante de 200°C.

El aceite térmico proveniente de la válvula MA-006 en el manifold grande empieza su recorrido en la tubería de descarga de asfalto polimerizado en la parte inferior del premezclador 1 y continúa a contraflujo siguiendo la dirección de la tubería de asfalto polimerizado, terminando en el retorno posterior a los tanques de mezclado. La longitud de esta tubería es de 31.59 m.

En la presente tubería el calor del aceite térmico no debe agregar calor al asfalto polimerizado, ya que no es necesario calentarlo, sino solo debe actuar como aislamiento, para ello debe vencer el calor que se disipa en el ambiente.



La figura 135 muestra el flujo de calor del sistema.



**Figura 135. Esquema de transferencia de calor**

Realizando una ecuación de balance de energía en el sistema se tiene:

$$Q_{AT} = Q_{amb} + Q_{asf}$$

Donde:

$Q_{AT}$ : Calor disponible en el aceite térmico

$Q_{amb}$ : Calor disipado al ambiente

$Q_{asf}$ : Calor disipado al asfalto polimerizado

### Calor disipado en el ambiente

Para calcular el calor disipado en el ambiente se procede a obtener una temperatura media del aceite térmico:

$$T_{mAT} = \frac{T_{iAT} - T_{SAT}}{2} = \frac{219 + 160}{2} = 189.5 \text{ °C} = 462.5 \text{ °K}$$

$$R_{amb} = \frac{1}{h_c * R_{out\ 6NPS} * \pi} = \frac{1}{25 \frac{W}{m^2} \text{ °K} * 0.0810375 \text{ m} * \pi} = 0.1513 \frac{m}{W \text{ °K}}$$

$$Q_{amb} = \frac{T_{mAT} - T_{\infty}}{R_{amb}} * L = \frac{(462.5 - 293)^{\circ}K}{0.1513 \frac{m}{W^{\circ}K}} * 31.59m = 35389.98 W$$

**Calor requerido en el asfalto polimerizado:**

$$Q_{asf} = m_{Asf} C_{pAsf} * (T_{sAsf} - T_{iAsf}) = 8.25 \frac{kg}{s} * 1000 \frac{J}{kg^{\circ}K} * (0^{\circ}K) = 0W$$

**El calor requerido que el aceite térmico debe entregar es:**

$$Q_{AT} = Q_{amb} + Q_{asf} = 35389.98 W + 0 W = 35389.98 W$$

**El flujo másico requerido de aceite térmico para entregar es:**

$$m_{At} = \frac{Q_{At}}{C_{pAt} * (T_{iAT} - T_{sAT})} = \frac{35389.98 W}{2740 \frac{J}{kg^{\circ}K} * (219 - 160)^{\circ}K} = 0.22 \frac{kg}{s}$$

El presente tramo mantiene la temperatura de asfalto polimerizado en 200°C. El control de flujo se lo realiza mediante el control de la válvula MA-006 ubicada en el manifold grande.

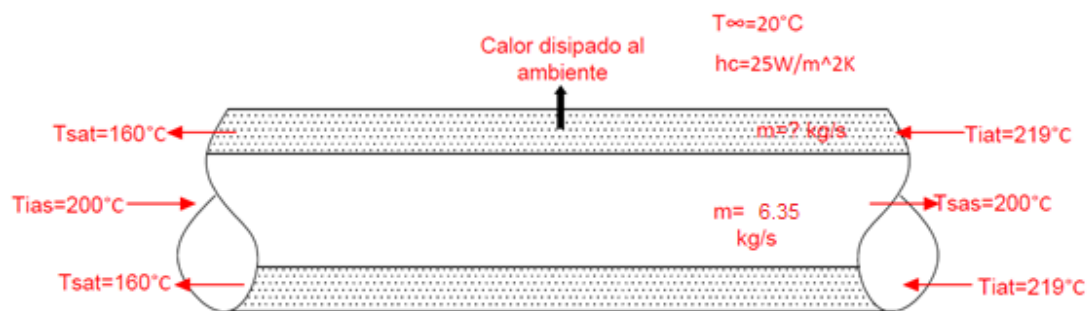
### **3.7.3.4. DISEÑO TÉRMICO DE LA TUBERÍA DE ASFALTO MODIFICADO**

El presente diseño permite que el asfalto modificado que se dirige desde el tanque mezclador mantenga hacia la balsa de impregnación una temperatura constante de 200°C.

El aceite térmico proveniente de la válvula MA-002 en el manifold grande empieza su recorrido en la tubería de asfalto modificado que sale del mezclador 3 y termina en el retorno posterior a la balsa de impregnación. La longitud de esta tubería es de 37.63 m.

En la presente tubería el calor del aceite térmico no debe agregar calor al asfalto modificado, ya que no es necesario calentarlo, sino solo debe actuar como aislamiento, para ello debe vencer el calor que se disipa en el ambiente.

La figura 136 muestra el flujo de calor del sistema.



**Figura 136. Transferencia de calor en el sistema**

Realizando una ecuación de balance de energía en el sistema tenemos:

$$Q_{AT} = Q_{amb} + Q_{asf}$$

Donde:

$Q_{AT}$ : Calor disponible en el aceite térmico

$Q_{amb}$ : Calor disipado al ambiente

$Q_{asf}$ : Calor disipado al asfalto

### Calor disipado en el ambiente

Para calcular el calor disipado en el ambiente se procede a obtener una temperatura media del aceite térmico:

$$T_{mAT} = \frac{T_{iAT} - T_{sAT}}{2} = \frac{219 + 160}{2} = 189.5 \text{ } ^\circ\text{C} = 462.5 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$R_{amb} = \frac{1}{h_c * R_{out\ 6NPS} * \pi} = \frac{1}{25 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ\text{K} * 0.0810375 \text{ m} * \pi} = 0.1513 \frac{m}{W \text{ } ^\circ\text{K}}$$

$$Q_{amb} = \frac{T_{mAT} - T_{\infty}}{R_{amb}} * L = \frac{(462.5 - 293) \text{ } ^\circ\text{K}}{0.1513 \frac{m}{W \text{ } ^\circ\text{K}}} * 37.63 = 42032.19 \text{ W}$$

### Calor requerido en el asfalto modificado:

$$Q_{asf} = m_{Asf} C_{pAsf} * (T_{sAsf} - T_{iAsf}) = 19.12 \frac{kg}{s} * 1000 \frac{J}{kg \text{ } ^\circ\text{K}} * (0 \text{ } ^\circ\text{K}) = 0 \text{ W}$$

### El calor requerido de aceite térmico para entregar es:

$$Q_{AT} = Q_{amb} + Q_{asf} = 42032.19 \text{ W} + 0 \text{ W} = 42032.19 \text{ W}$$

### El flujo másico requerido de aceite térmico para entregar es:

$$m_{At} = \frac{Q_{At}}{C_{pAt} * (T_{iAT} - T_{sAT})} = \frac{42032.19 \text{ W}}{2740 \frac{J}{kg \text{ } ^\circ\text{K}} * (219 - 160) \text{ } ^\circ\text{K}} = 0.26 \frac{kg}{s}$$

El presente tramo mantiene la temperatura de asfalto modificado en 200°C. El control de flujo se lo realiza mediante el control de las válvulas ATM-01 ubicada en el inicio de la tubería de asfalto modificado y MA-002 ubicada en el manifold Grande.

### **DISEÑO TÉRMICO DEL RECIPIENTE DE PREMEZCLADO**

Como se calculó en el prediseño del recipiente de premezclado, al asfalto polimerizado se le tienen que adicionar 275000000 J de energía para elevar su temperatura de 150°C a 200°C. Considerando que dicho proceso se lo realizará en diez minutos (600 segundos) y que la temperatura del aceite térmico no debe ser menor a 180°C. El flujo adecuado de aceite térmico sería:

$$m_{At} = \frac{Q_{At}}{C_{pAt} * (T_{iAT} - T_{sAT})} = \frac{275000000 \text{ J}}{600\text{s} * 2740 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{K}} * (219 - 180)^\circ\text{K}} = 4.28 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Lo que se puede regular mediante la válvula MA-003 de control de aceite térmico ubicadas en el manifold.

## **CAPÍTULO IV**

### **4. CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN**

En el presente capítulo se describe el proceso de construcción, implementación y montaje del presente proyecto, así como los planos de construcción y montaje.

#### **4.1. DOCUMENTACIÓN PARA LA MANUFACTURA Y MONTAJE**

##### **4.1.1. DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN (P&ID)**

El diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) del proyecto se detalla en el ANEXO L. Donde se describen las conexiones en la línea de aceite térmico, direcciones de flujo y los equipos y accesorios del proyecto.

##### **4.1.2. PLANOS CONSTRUCTIVOS Y DE ENSAMBLAJE**

Los planos de construcción se detallan en el ANEXO M.

##### **4.1.3. DIAGRAMAS DE PROCESO**

Los diagramas de proceso empleados en la construcción se detallan en el ANEXO N.

#### **4.2. CONSTRUCCIÓN**

##### **4.2.1. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA ESTACIÓN DE PREMEZCLA**

Mediante los planos y elementos de ensamblaje se procede a la construcción de la estructura que permite el soporte de los dos recipientes pre mezcladores y permite el acceso a los mismos.

La estructura en su totalidad se encuentra soldada y anclada al piso de la nave industrial mediante placas de media pulgada de espesor y pernos de anclaje.

Dentro de sus principales características la estructura soporta dos tanques premezcladores, tiene una zona de carga, escaleras de acceso, pasamanos de seguridad y piso corrugado antideslizante.

Para la construcción de la estructura de premezclado se utilizaron los equipos, herramientas y materiales que se muestran a continuación en la Tabla 35.

**Tabla 35.**

**Materiales, equipos y herramientas utilizados en la construcción de la estructura de la estación de premezclado**

<b>Materiales, equipos y herramientas</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Vigas IPE 200	8 unidades
Vigas IPE 120	3 unidades
Perfiles cuadrados 40*40*2	4 unidades
Canal C 200*50*3	2 unidades
Canal C 100*50*3	3
Canal C 150*50*3	2 unidades
Plancha para placas e= 6mm	1 plancha
Plancha para placas e= 1/2"	1 plancha
Electrodos 6010	1 kg
Electrodos 7018	1 kg
Discos de corte	4 unidades
Discos de desbaste	2 unidades
Pintura base anticorrosiva	1 litro
Pintura de esmalte	1 galón
Thiñer	2 litros
Nivel	2 unidades
Escuadras	2 unidades
Pernos completos para pasamanos 3/8"	30 unidades
Soldadora SMAW	1
Corte oxiacetilénico	1
Escalera	1
Flexómetro	3



**Figura 137. Perfiles IPE 200 e IPE 120 para la estructura**



**Figura 138. Cortes y Biselado de vigas y columnas**



**Figura 139. Nivelación vertical en columnas de soporte**





**Figura 140. Columnas de soporte colocadas a medida**



**Figura 141. Armadura principal ensamblada**

#### 4.2.2. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA ESTACIÓN DE MEZCLADO

Mediante los planos y elementos de ensamblaje se procede a la construcción de la estructura que permite el acceso al recipiente mezclador.

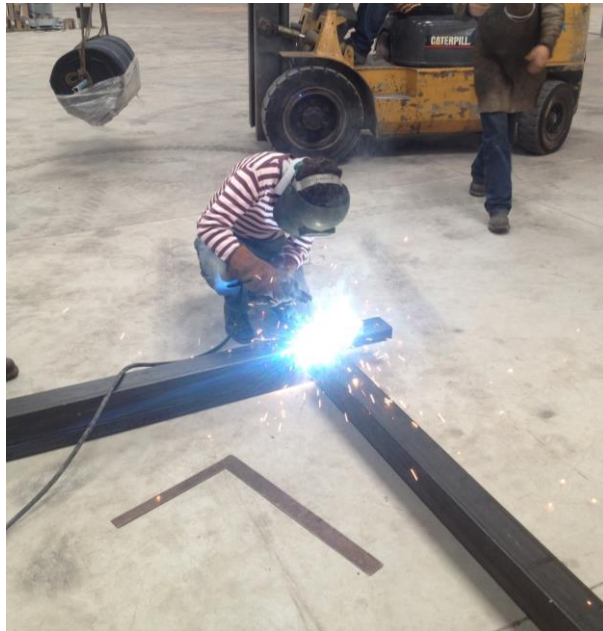
La estructura está unida mediante el sistema de pernos y placas, lo que facilitará el mantenimiento y desmontaje futuro.

Para la construcción de la estructura de mezclado se utilizaron los equipos, herramientas y materiales que se muestran a continuación en la Tabla 36.

**Tabla 36.**

**Materiales equipos y herramientas utilizadas en la construcción de la estructura de mezclado**

<b>Materiales, equipos y herramientas</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Perfiles cuadrados 100*100*3	3 unidades
Perfiles rectangulares 100*50*3	12 unidades
Perfiles cuadrados 40*40*2 (Pasamanos)	8 unidades
Canal C 200*50*3 (Escaleras)	2 unidad
Platina e=3/8 in (Placas)	1 unidad
Platina e=1/8 in (Placas)	1 unidad
Electrodos 6010	1 kg
Electrodos 7018	1 kg
Discos de corte	4 unidades
Discos de desbaste	2 unidades
Pintura base anticorrosiva	1 litro
Pintura de esmalte	1 galón
Thiñer	2 litros
Nivel	2 unidades
Escuadras	2 unidades
Pernos y arandelas 5/8"	104 unidades
Pernos y arandelas (1/2")	22 unidades
Soldadora SMAW	1
Corte oxiacetilénico	1
Escalera	1
Flexómetro	3



**Figura 142. Soldadura de los arcos principales**



**Figura 143. Arcos principales (soldados)**



**Figura 144. Montaje de largueros superiores**



**Figura 145. Escaleras para evitar tubería**



**Figura 146. Construcción de placas y pasamanos**

## 4.2.2 CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍAS

Mediante los planos se procede a la construcción de las tuberías que serán instaladas en la planta. Para la construcción de tuberías se usaron los equipos, herramientas y materiales que se muestran en la Tabla 37.

Las tuberías que transportan fluidos asfálticos son construidas mediante un sistema de doble tubería como se indican en las figuras 147 a 154

**Tabla 37.**

**Materiales, equipos y herramientas utilizados en la construcción de tubería**

Materiales, equipos y herramientas	
Descripción	Cantidad
Tubería 1 NPS SCH 40	Especificado en planos
Tubería 2 NPS SCH 40	Especificado en planos
Tubería 3 NPS SCH 40	Especificado en planos
Tubería 4 NPS SCH 40	Especificado en planos
Tubería 6 NPS SCH 40	Especificado en planos
Bridas 1 NPS SCH 40	Especificado en planos
Bridas 2 NPS SCH 40	Especificado en planos
Bridas 3 NPS SCH 40	Especificado en planos
Bridas 4 NPS SCH 40	Especificado en planos
Bridas 6 NPS SCH 40	Especificado en planos
Plancha e=1/2" (Rodelas)	2/tubería
Electrodos 6010	1 kg
Electrodos 7018	1 kg
Discos de corte	4 unidades
Discos de desbaste	2 unidades
Pintura base anticorrosiva	1 litro
Pintura de esmalte	1 galón
Thiñer	2 litros
Nivel	2 unidades
Escuadras	2 unidades
Pernos completos para bridas	Especificado en planos
Soldadora SMAW	1
Corte oxiacetilénico	1
Flexómetro	3



**Figura 147. Soldadura de rodela**



**Figura 148. Rodelas para tubería**



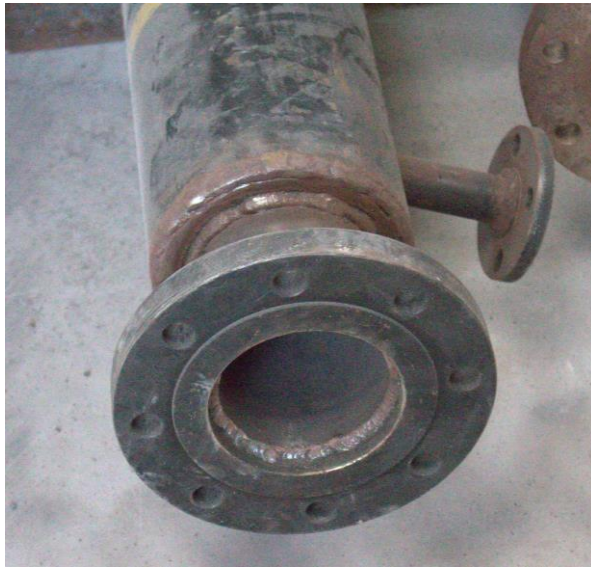
**Figura 149. Montaje de rodela**



**Figura 150. Montaje de tubería interna**



**Figura 151. Tubería encamisada sin brida**



**Figura 152. Tubería encamisada con bridas**



**Figura 153. Tuberías de aceite térmico (Sin camisa)**



**Figura 154. Tuberías para productos asfálticos**



### 4.2.3. MONTAJE E INSTALACIÓN DE RECIPIENTE PREMEZCLADOR

El recipiente premezclador fue construido e instalado por la empresa ACINDEC S.A. El montaje del recipiente se observa en las figuras 155 y 156



**Figura 155. Llegada de recipiente premezclador**



**Figura 156. Posicionamiento del recipiente sobre la estructura**

#### 4.2.4. MONTAJE DE BOMBAS

Las instalaciones las bombas se las realizaron de acuerdo a los planos y a los catálogos de fabricantes.



**Figura 157. Instalación de bombas**

#### 4.2.5. MONTAJE E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS

Después de ubicar correctamente los tanques y equipos, se procede a montar las tuberías construidas, siguiendo las especificaciones de los planos.

El sistema de tuberías es un sistema bridado que permite mejoras en el mantenimiento. El diseño permitió evitar la soldadura “en sitio” para tuberías. Solo en algunos casos se procedió con la soldadura en el lugar de la tubería

Para el montaje e instalación de las tuberías se utilizaron los elementos de la tabla 38.

Tabla 38.

**Materiales, equipos y herramientas utilizadas en el montaje de las tuberías**

<b>Materiales, equipos y herramientas</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Tubería 1 NPS SCH 40</b>	Especificado en planos
<b>Tubería 2 NPS SCH 40</b>	Especificado en planos
<b>Tubería 3 NPS SCH 40</b>	Especificado en planos
<b>Tubería 4 NPS SCH 40</b>	Especificado en planos
<b>Tubería 6 NPS SCH 40</b>	Especificado en planos
<b>Bridas 1 NPS SCH 40</b>	Especificado en planos
<b>Bridas 2 NPS SCH 40</b>	Especificado en planos
<b>Bridas 3 NPS SCH 40</b>	Especificado en planos
<b>Bridas 4 NPS SCH 40</b>	Especificado en planos
<b>Bridas 6 NPS SCH 40</b>	Especificado en planos
<b>Llave 19</b>	2
<b>Llaves 17</b>	2
<b>Llaves 15</b>	2
<b>Empaques</b>	Especificado en planos
<b>Pernos de unión de tuberías</b>	Especificado en planos



**Figura 158. Montaje de tubería de aceite térmico**



**Figura 159. Conexiones de aceite térmico**



**Figura 160. Montaje de tubería de asfalto polimerizado**



**Figura 161. Montaje de tubería de premezclador**

#### 4.2.6. ENSAMBLE FINAL

Las imágenes mostradas a continuación muestran el ensamble final de la construcción del presente proyecto:



**Figura 162. Bomba de asfalto polimerizada AC-20 VIKING PUMP LS224-A**



**Figura 163. Estación de premezcla**



**Figura 164. Estación de mezclado**



**Figura 165. Red de Tuberías de aceite térmico, asfalto AC20 y Asfalto modificado**



## **CAPÍTULO V**

### **5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

En el presente capítulo se detallan la descripción de las pruebas realizadas a la estación de premezclado y mezclado de asfalto, el control de calidad del producto final del proyecto y los resultados obtenidos.

#### **5.1. PROCEDIMIENTO PARA PRUEBAS**

La construcción e instalación de la estación de premezclado y mezclado tiene el fin de proveer de asfalto modificado a la línea de laminación.

Si bien es cierto el producto final de este proyecto es el asfalto modificado, el producto final de la empresa Chova del Ecuador S.A. son los rollos impermeabilizantes, motivo por el cual las presentes pruebas consisten en satisfacer las condiciones de calidad en el producto IMPERPOL 3000 en cuanto a asfalto modificado se refiere.

Debido a que las cantidades de mezcla de los productos asfálticos son reservados y propiedad de la empresa, el procedimiento que se efectuó para las pruebas de la estación de premezclado y mezclado se describe con ciertas modificaciones.

Las pruebas del presente proyecto y de la línea de laminación se realizaron el día 1 de noviembre de 2014. El procedimiento que se efectuó es el mismo del manual de procedimientos para la fabricación de IMPERPOL 3000 se detalla a continuación:

- a) Encender la bomba de circulación de aceite térmico en frío. La bomba se enciende desde el tablero de control ubicado en la zona de calderos y se encuentra ubicada en la parte inferior de la figura

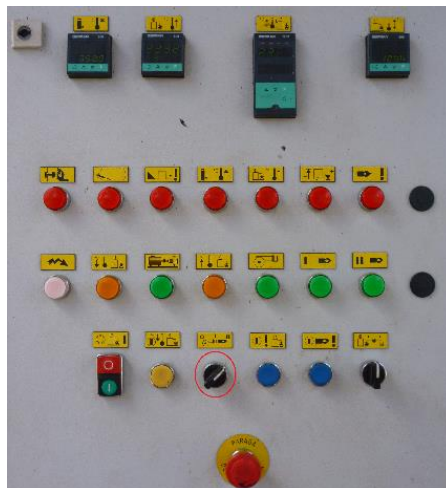


166. Esperar 20 minutos a que el aceite térmico circule por todo el sistema



**Figura 166. Bomba de aceite térmico y zona de calderos**

b) Encender el quemador del caldero mediante el tablero de control



**Figura 167. Tablero del caldero**

c) Con las válvulas MA-003, MA-006, MA-004, se espera a que el sistema de transporte de asfalto AC-20, tubería de recirculación de asfalto y descarga de asfalto polimerizado, y recipiente premezclador se calienten hasta que el caldero muestre una

temperatura constante a la entrada y salida del caldero. La temperatura de salida es aproximadamente 220 °C y la de entrada 160°C.

- d) Si la temperatura de asfalto AC-20 dentro de los recipientes de almacenamiento, se encuentra en 150 °C, se procede a abrir las válvulas VA-001, VA-002 o VA-003, dependiendo del recipiente que se vaya a realizar la descarga. La válvula VA-005 permite el paso de asfalto hacia la zona ubicada dentro de la nave industrial. Se decidió descargar del recipiente No 2.



**Figura 168. Control Panel de recipientes de almacenamiento**

- e) Se procede a abrir la válvula VP-001 y a encender la bomba LQ-224 A. Para encender esta bomba, el panel de control aún no se encontraba instalado por el departamento eléctrico por lo que se improvisó un switch.



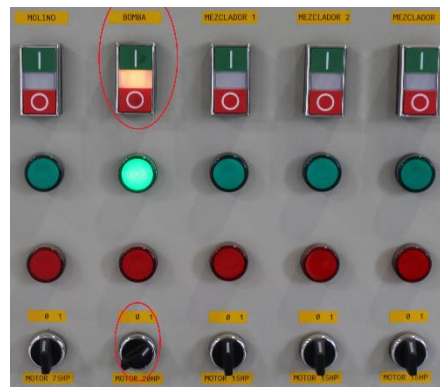
**Figura 169. Bomba de asfalto AC-20 LQ224A**

- f) Mediante la diferencia de peso (peso inicial – peso final) en el tanque de almacenamiento seleccionado o mediante las marcas ubicadas en el premezclador, se termina la descarga de asfalto AC-20 en este recipiente por lo que se procede a cerrar la válvula VP-001. Se cargaron 4700 kilogramos de asfalto AC-20 en el recipiente de premezcla.
- g) Mediante la apertura de la válvula VP-001 en la estación de mezclado se procede a cargar 3500 kg de asfalto AC-20 al recipiente mezclador. La carga de asfalto en el sistema se encuentra lista, por lo que se puede cerrar las válvulas VM-001 y VP-001 encargadas del suministro de este fluido a las estaciones. Se procede también a apagar la bomba LQ224A
- h) Para aprovechar al máximo la energía de aceite térmico, se procede a cerrar las válvulas MA-061 y MA-063 que dan suministro de aceite térmico a las líneas de asfalto AC-20, ubicados en el manifold.

- i) Se procede a accionar la bomba LS224A, encargada de la recirculación en la estación de premezclado. Previamente se observa que la válvula que permite el paso al recipiente mezclador se encuentre cerrada y la válvula de recirculación abierta. La bomba de recirculación se enciende mediante el tablero eléctrico, como se muestra en la figura 170.



**Figura 170. Bomba de recirculación**



**Figura 171. Tablero de control**

- j) Una vez que el asfalto AC-20 está siendo recirculado y calentado en el tanque premezclador, se procede a accionar los motores dispensor y agitador del recipiente mediante el tablero 2.

- k) Se espera que la temperatura de asfalto AC-20 dentro del recipiente llegue a  $195^{\circ}\text{C}$  (especificación del producto), medido mediante la termocupla PT100 ubicada en el recipiente.



**Figura 172. Tablero de temperatura premezclador**

- l) Se procede a realizar la carga de polímero. En esta ocasión se cargaron 300 kg de polímero LG SBS 411.



**Figura 173. Carga de polímero SBS 411**

- m) Debido a que posteriormente se utilizará el recipiente mezclador se procede con la apertura de la válvula MA-006 que controlan el aceite térmico en el manifold para precalentar el recipiente mezclador que contiene el asfalto AC-20 y contendrá las cargas minerales y el asfalto polimerizado.
- n) Se espera que la dispersión de polímero en el asfalto AC-20 se encuentre completa, para ello se realizan dos pruebas de calidad por el operador, donde extendiendo una película de asfalto polimerizado se observa si existen grumos en el mismo. En caso de existir grumos, el proceso continúa hasta que la homogeneización del material se encuentre completa. El proceso de dispersión durante las pruebas duró aproximadamente 125 minutos.



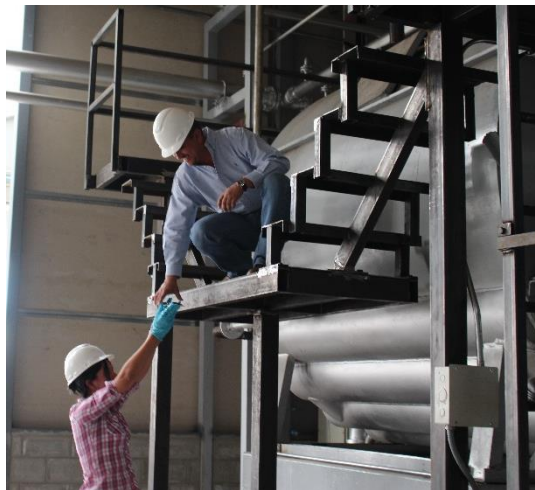
**Figura 174. Mezcla incompleta con grumos**



**Figura 175. Mezcla homogénea y dispersa**

- o) Una vez que la dispersión se encuentra completa, se procede a enviar el asfalto polimerizado al recipiente mezclador mediante el cierre de la válvula de recirculación VP-002 y la apertura de la válvula VM-010. Una vez transportado el asfalto polimerizado se puede cerrar las válvulas MA-003 y MA-006 que mantienen calientes el recipiente y la línea de asfalto polimerizado, ya que no se necesita mantener caliente la línea de polimerizado y el tanque premezclador.
  
- p) Se procede a encender el motor del recipiente mezclador, el cual ya fue precalentado. Se procede a cargar los fillers de minerales mediante el sistema de tornillo sin fin. Se cargaron 4000 kg de carbonato y 1400 de caolín. El proceso de carga tiene una duración de aproximadamente una hora.

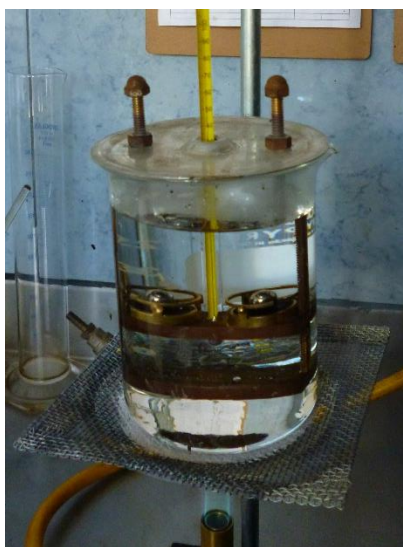
- q) Se procede a precalentar la tubería de transporte de asfalto modificado hacia la balsa de impregnación mediante el accionamiento de las válvulas MA-002 y ATM-01 ubicada en el manifold. También se abre la válvula que permite el calentamiento de la balsa de impregnación.
- r) Una vez que toda la carga se encuentra dentro del recipiente mezclador el proceso de homogeneización dura aproximadamente 30 minutos.
- s) Una vez que la mezcla de asfalto modificado se encuentra lista se procede a realizar el control de calidad del punto de reblandecimiento para esta mezcla. Para ello se toma la primera muestra de asfalto modificado en la nueva planta.



**Figura 176. Entrega del primer asfalto modificado de la nueva planta a control de calidad**



- t) A la muestra de asfalto modificado se le realiza la prueba de reblandecimiento donde se coloca la muestra en un anillo circular normado y una esfera de acero encima. El punto de reblandecimiento es la temperatura a la que la esfera cae hacia el fondo del recipiente que contiene glicerina, el cual está siendo calentado.



**Figura 177. Prueba de reblandecimiento**

El departamento del control de calidad aprueba el paso de asfalto modificado a la línea de laminación. Y se procede a abrir la válvula VM-002 ubicada en el tanque mezclador y la VM-005 ubicada en la balsa de impregnación. Se enciende la bomba LS224A de la estación de mezclado y se obtiene así la primera prueba de asfalto modificado a la línea de laminación.



**Figura 178. Llegada de asfalto modificado a la balsa de impregnación**

## **5.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Para comprobar que el sistema esté funcionando de acuerdo a lo diseñado se evaluaron los siguientes parámetros

### **5.2.1. PARÁMETROS MECÁNICOS**

#### **5.2.1.1. FLUJOS EN LAS BOMBAS DE TRANSPORTE**

Debido a que los dispositivos para medir flujo de materiales asfálticos existentes en el mercado son muy caros, se decidió calcular el flujo mediante la razón entre el volumen depositado y el tiempo que conlleva realizar esta tarea. Obteniendo los siguientes resultados.

##### **Flujo en bomba de alimentación de asfalto Viking Pump LQ224A**

Para obtener un flujo aproximado de bombeo en la línea de asfalto AC-20 se tomaron los tiempos de llenado del tanque pre mezclador y se obtuvo

la relación entre volumen y tiempo obteniendo un flujo de 292 gpm lo cual se considera aceptable en el proceso, ya que el diseño se planificó para 300 gpm

**Tabla 39.**

**Medición de Flujo en bomba de asfalto LQ224A**

<b>Bomba LQ224A para asfalto AC-20</b>		
<b>Flujo de diseño</b>	<b>Flujo medición</b>	<b>Error</b>
300 gpm	292 gpm	2.66%

**Flujo de bomba de recirculación y descarga de asfalto polimerizado**

Para obtener un flujo aproximado de bombeo en la línea de recirculación y descarga de asfalto polimerizado se tomó el tiempo que conlleva transportar todo el asfalto dentro del tanque pre mezclador hacia el mezclador una vez que la mezcla de asfalto polimerizado se encuentra lista. El flujo obtenido es de aproximadamente 137 gpm, que comparado con los 130 gpm de diseño es aceptable.

**Tabla 40.**

**Medición de flujo en bomba de asfalto polimerizado LS224A**

<b>Bomba LQ224A para asfalto polimerizado</b>		
<b>Flujo de diseño</b>	<b>Flujo medición</b>	<b>Error</b>
130	136 gpm	4.6%

**Flujo de bomba de asfalto modificado**

Para obtener un flujo aproximado de bombeo en la línea de asfalto modificado se tomó el tiempo que conlleva llenar la balsa de impregnación con asfalto modificado. El flujo obtenido es de aproximadamente 98 gpm, que comparado con los 100 gpm de diseño es aceptable.

La tabla 41 muestra el resumen de los datos obtenidos y los datos de diseño, obteniendo un error relativo.

**Tabla 41.**

**Medición de flujo en bomba de asfalto modificado LS224A**

<b>Bomba LQ224A para asfalto modificado</b>		
<b>Flujo de diseño</b>	<b>Flujo medición</b>	<b>Error</b>
100	98	2%

Las bombas cumplen con su diseño en cuanto a flujo requerido dentro de las instalaciones del presente proyecto.

**5.2.1.2. AMPERAJE EN LOS MOTORES DE LAS BOMBAS**

Los amperajes al que están trabajando las bombas del presente proyecto deben ser menores a los amperajes nominales de cada motor. El trabajo a amperajes mayores a los nominales podría causar sobreesfuerzo en el motor provocando el daño irremediable de este. El amperaje funcional se lo tomó mediante una pinza amperimétrica perteneciente a la empresa.



**Figura 179. Medición de amperaje con pinza amperimétrica**

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

**Tabla 42.**

**Medida de amperaje en motores**

<b>Medición de amperajes en motores de bombas</b>			
<b>Motor</b>	<b>Amperaje Nominal</b>	<b>Amperaje medido</b>	<b>Criterio de aceptación</b>
<b>LQ224A AC-20</b>	24.7	17.2	Cumple
<b>LS224A Polimerizado</b>	21.2	11.5	Cumple
<b>LS224A Modificado</b>	21.2	12.3	Cumple

Como se observa claramente los motores se encuentran trabajando a un amperaje nominal menor que el especificado, lo que garantiza un buen funcionamiento de los mismos

**Temperaturas en tanques**

La medición de las temperaturas se la realiza para comprobar si el sistema térmico funciona adecuadamente y permite alcanzar las temperaturas requeridas para los procesos. Las medidas fueron tomadas mediante el sistema de adquisición de datos de la empresa.

**Tabla 43.**

**Medición de temperaturas en tanques**

<b>Medición de temperaturas en tanques</b>			
<b>Tanque</b>	<b>Rango de Temperatura</b>	<b>Temperatura medida</b>	<b>Criterio de aceptación</b>
<b>Premezclador</b>	190-220	214	Cumple
<b>Mezclador</b>	190-210	204.5	Cumple
<b>Balsa de impregnación</b>	140-150	158	No Cumple

La medición de la temperatura en la balsa de impregnación no satisfizo los requerimientos de laminación, sin embargo la medida resultó mayor a la temperatura requerida en el proceso, por lo que garantiza que con un adecuado manejo de flujo de aceite térmico la balsa de impregnación esté a temperatura adecuada.

### **5.3. CONTROL DE CALIDAD EN PRODUCTO FINAL**

Una vez realizadas las pruebas mecánicas y de funcionamiento de los equipos y accesorios que forman parte del presente proyecto, se elaboró el primer rollo de lámina impermeabilizante, mediante la puesta en marcha del tren de laminación aprobando todos los requisitos de control de calidad en cuanto a asfalto modificado se refiere. Para realizar los ensayos se recurrió al laboratorio de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, donde se midieron los parámetros de control de calidad. Los resultados del laboratorio se encuentran en el anexo O.



**Figura 180. Primer rollo de la planta El Inga**



## **CAPÍTULO VI**

### **6. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO**

En el presente capítulo se compara el costo del proyecto con los correspondientes beneficios que obtiene la empresa Chova del Ecuador S.A. por la financiación de la estación de premezclado y mezclado.

#### **6.1. ANÁLISIS FINANCIERO**

La realización del análisis financiero permite evaluar y determinar los costos totales o la inversión que la empresa ha realizado a fin de desarrollar el proyecto y compararlos con los beneficios que se obtiene del mismo o los resultados futuros que se esperan alcanzar a través de su implementación.

Los costos han sido divididos para una mejor comprensión en: costo de materiales directos, costo de mano de obra directa y costos indirectos de producción.

##### **6.1.1. COSTOS DE MATERIALES DIRECTOS**

Constituyen la suma de los materiales y equipos adquiridos o utilizados en el desarrollo del proyecto.

**Tabla 44.**



### Costo de materiales directos en el andén de la estación de mezclado

No	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unit [\$]	Total [\$]
1	Tubo Rectangular (100*50*3)mm	6 m	12	41.74	500.88
2	Tubo cuadrado (100*100*3) mm	6 m	3	71	213
3	Canal C  (200*50*3) mm	6 m	2	38.05	76.1
4	Platina (e=1/8")	100*185 mm	10	3.99	39.9
5	Tubo Cuadrado (40*40*2) mm	6 m	4	19	76
6	Pernos de Anclaje	5/8 "	20	1.35	27
7	Pernos, arandelas y tuercas	5/8 "	104	0.33	34.32
8	Platina (e=3/8")	100*185 mm	1	21	21
9	Perfil Cuadrado (60*40*3) mm	6 m	2	35.2	70.4
10	Pernos, arandelas y tuercas	1/2"	22	0.5	11
11	Lámina Corrugada (e=3 mm)	1220*2440 mm	2	32.1	64.2
12	Plancha para anclaje (e=1/2")	250*250 mm	5	9.871	49.355
				<b>Subtotal</b>	<b>1183.16</b>
				<b>IVA 12%</b>	<b>141.98</b>
				<b>Total</b>	<b>1325.13</b>

Tabla 45.

### Costo de materiales directos en el andén de la estación de premezclado

No	Descripción	Unidad	Cantida d	P. Unit [\$]	Total [\$]
1	Vigas IPE 200	6 m	8	194.29	1554.32
2	Vigas IPE 120	12 m	3	161.68	485.04
3	Canal C (200*50*3) mm	6 m	2	38.05	76.1
4	Canal C (150*50*3) mm	6 m	2	33.02	66.04
5	Tubo Cuadrado (40*40*2) mm	6 m	4	19	76
6	Perfil Canal U (100*50*3) mm	6 m	3	23.04	69.12
7	Plancha para anclaje (e=1/2")	400*400 mm	6	29.613	177.678
8	Platina (e=3/8")	120*44 mm	5	21	105
9	Pernos de Anclaje	5/8 "	24	1.35	32.4
10	Pernos, arandelas y tuercas	3/8"	38	0.56	21.28
11	Arandelas	3/8"	38	0.28	10.64
12	Lámina Corrugada (e=3 mm)	1220*2440 mm	4	32.1	128.4
				<b>Subtotal</b>	<b>2802.02</b>
				<b>IVA 12%</b>	<b>336.24</b>
				<b>Total</b>	<b>3138.26</b>

Tabla 46.

### Costo de Recipiente Premezclador

No	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unit [\$]	Total [\$]
1	Tanque Premezclador Asfalto	5500 litros	1	49859	49859
2	Alquiler de Brazo Hidráulico para instalación del recipiente	5 Ton	1	350	350
				<b>Subtotal</b>	<b>50209</b>
				<b>IVA 12%</b>	<b>6025.08</b>
				<b>Total</b>	<b>56234.08</b>

Tabla 47.

**Costo de consumibles**

No	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unit [\$]	Total [\$]
1	Electrodo 6010	1/8 "	25 kg	3.36	84
2	Electrodo 7018	1/8 "	25 kg	5.98	149.5
3	Disco de Corte	7 " * 1/8 7/8	194	3.88	752.72
4	Disco de Desbaste	7" * 1/4 7/8	194	3.88	752.72
5	Rodillos para pintar	30 cm	12	5.2	62.4
6	Brochas	4"	17	2.77	47.09
7	Brochas	3"	17	1.71	29.07
8	Desoxidadente		33 gal	7.78	256.74
9	Tizas		53	0.25	13.25
10	Pintura para el Fondo		41 canecas	64.2	2632.2
11	Pintura Esmalte		41 canecas	29.72	1218.52
				<b>Subtotal</b>	<b>5998.21</b>
				<b>IVA 12%</b>	<b>719.79</b>
				<b>Total</b>	<b>6718.00</b>

Tabla 48.

### Costos de materiales directos en la línea de asfalto

No	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unit [\$]	Total [\$]
1	Tubo AC 4" SCH 40 (Asfalto)	4NPS	85	27.3	2320.5
2	Tubo AC 4" SCH 40 (Encamisado tubería 2")	4NPS	50	27.3	1365
3	Tubo AC 6" SCH 40 (Encamisado tubería 4")	6NPS	85	49.4	4199
4	Tubo AC 1" SCH 40 (Teléfonos encamisado)	1NPS	20	11.2	224
5	Tubo AC 2" SCH 40	6NPS	50	12.7	635
6	Bomba Viking Q224A	20 HP	1	13912.49	13912.49
7	Tee P/S SCH 40	2"	2	18	36
8	Tee P/S SCH 40	4"	9	26	234
9	Codos 90° soldables SCH 40	4"	5	21	105
10	Codos 90° soldables SCH 40	2"	5	14	70
11	Válvula de Compuerta Bridada 150lb	4"	7	622.7	4358.9
12	Bridas Slip On Clase 150 lb.	4"	50	30	1500
13	Bridas Slip On Clase 150 lb.	2"	28	8.5	238
14	Bridas Slip On Clase 150 lb.	1"	28	6.3	176.4
15	Reducciones	4"*2"	8	23	184
16	Brida Ciega SCH 40"	2"	4	38.64	154.56
				<b>Subtotal</b>	<b>29712.85</b>
				<b>IVA 12%</b>	<b>3565.54</b>
				<b>Total</b>	<b>33278.39</b>

**Tabla 49.**

### Costo de materiales directos en la línea de asfalto polimerizado

No	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unit [\$]	Total [\$]
1	Tubo AC 4" SCH 40	4NPS	30	27.3	819
2	Tubo AC 6" SCH 40 (Encamisado tubería 4")	6NPS	30	49.4	1482
3	Codos 90° soldables SCH 40	4"	3	21	63
4	Tee P/S SCH 40	4"	8	26	208
5	Brida Ciega SCH 40"	4"	7	38.64	270.48
6	Bridas Slip On Clase 150 lb.	4"	26	30	780
7	Tubo AC 1" SCH 40 (Teléfonos encamisado)	1NPS	10	11.2	224
8	Bridas Slip On Clase 150 lb.	1"	26	6.3	176.4
9	Válvula de Compuerta Bridada 150lb	4"	6	622.7	3736.2
10	Bomba Viking LS224A	15 HP	1	9560.1	9560.1
11	Reducciones	6"*4"	1	40	40
12	Reducciones	4"*2"	3	23	69
				<b>Subtotal</b>	<b>17428.18</b>
				<b>IVA 12%</b>	<b>2091.38</b>
				<b>Total</b>	<b>19519.56</b>

Tabla 50.

### Costos materiales directos en línea de asfalto modificado

No	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unit [\$]	Total [\$]
1	Tubo AC 6" SCH 40 (Encamisado tubería 4")	6NPS	40	49.4	1976
2	Tubo AC 4" SCH 40	6NPS	40	27.3	1092
3	Válvula de Globo Bridada 150lb	4"	1	585.99	585.99
4	Bomba Viking LS224A	15 HP	1	9560.1	9560.1
5	Codos 90° soldables SCH 40	4"	3	21	63
6	Tee P/S SCH 40	4"	4	9	36
7	Bridas Slip On Clase 150 lb.	4"	20	30	600
8	Bridas Slip On Clase 150 lb.	4"	20	30	600
9	Tubo AC 1" SCH 40 (Teléfonos encamisado)	1NPS	12	11.2	224
10	Brida Ciega SCH 40"	4"	4	38.64	154.56
11	Reducciones	6"*4"	1	40	40
12	Reducciones	4"*2"	2	23	46
				<b>Subtotal</b>	<b>14977.65</b>
				<b>IVA 12%</b>	<b>1797.32</b>
				<b>Total</b>	<b>16774.97</b>

Tabla 51.

### Costos de materiales directos en la línea de aceite térmico

No	Descripción	Dimension	Cantidad	P. Unit [\$]	Total [\$]
1	Aceite TEXATHERM 46	55 gal	12	638.88	7666.56
3	Tubo AC 2" SCH 40	2NPS	55	12.7	698.5
4	Tubo AC 3" SCH 40	3NPS	100	19.5	1950
6	Válvula de Globo Bridada 150lb	3"	2	415	830
7	Válvula de Compuerta Bridada 150lb	2"	12	220	2640
8	Válvula de Globo Bridada 150lb	2"	4	215	860
9	Codos 90° soldables SCH 40	2"	12	8	96
10	Codos 90° soldables SCH 40	3"	12	14	168
11	Bridas Slip On Clase 150 lb.	3"	30	18	540
12	Tee P/S SCH 40	3"*3"	6	18	108
13	Bridas Slip On Clase 150 lb.	2"	30	14	420
12	Tee P/S SCH 40	2"*2"	6	18	108
				<b>Subtotal</b>	<b>16085.06</b>
				<b>IVA 12%</b>	<b>1930.21</b>
				<b>Total</b>	<b>18015.27</b>

Tabla 52.

### Costos totales de materiales y equipos

PARTES	COSTOS PARCIALES
Andén de la estación de Premezclado	1325.13
Estructura de la estación de Premezclado	3138.26
Recipiente Premezclador	56234.08
Consumibles	6718.00
Línea de Asfalto	33278.39
Línea de Asfalto Polimerizado	19519.56
Línea de Asfalto Modificado	16774.97
Línea de Aceite Térmico	18015.27
<b>COSTO TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>155003.66</b>

#### 6.1.2. COSTO DE MANO DE OBRA DIRECTA

Constituyen los gastos en los que se incurre por el pago del personal que interviene en los diferentes procesos de manufactura.

**Tabla 53.**

#### Costo de mano de obra directa

No	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unit [\$]	Total [\$]
1	Cortador y Ensamblador	Semanas	22	140	3080
2	Soldador	Semanas	22	400	8800
3	Pintor	Semanas	7	140	980
4	Ayudante	Semanas	22	100	2200
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>15060</b>



### 6.1.3. COSTO INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN

Representan todos aquellos costos que no se encuentran directamente relacionados con el proyecto. Chova del Ecuador S.A. asume estos costos directamente, por este motivo no se incluyen en el análisis financiero.

**Materiales Indirectos:** Dentro de éstos se puede considerar a la energía empleada para las máquinas, combustibles, herramientas, repuestos y suministros, y se los cuenta dentro de los gastos propios de la empresa por lo que no influyen en el desarrollo del proyecto.

**Mano de obra indirecta:** Son los gastos incurridos en pago de personal de supervisión, guardias, personal de turno, control de calidad, etc. También se puede considerar dentro de este costo el pago al director, codirector y tesistas.

Los salarios del director y codirector de tesis son adjudicados por la ESPE, los costos de ingeniería de los tesistas han sido asumidos por los mismos y el resto de gastos de personal son responsabilidad de la empresa.

**Gastos indirectos de fabricación:** Se puede considerar dentro de los mismos a la depreciación de la maquinaria, servicios básicos, mantenimiento de equipos, etc., razón por la cual pasan a ser responsabilidad de Chova del Ecuador S.A.

#### 6.1.4. COSTOS TOTALES DEL PROYECTO

Se obtiene de la suma de costos de materiales directos y mano de obra directa.

**Tabla 54.**

##### Costos totales del proyecto

COSTOS PARCIALES	\$
Materiales Directos	155003.66
Mano de Obra Directa	15060
<b>COSTOS TOTALES DEL PROYECTO</b>	<b>170063.66</b>

## 6.2. ANÁLISIS ECONÓMICO

La evaluación económica es la que permite determinar, mediante sus respectivos indicadores, si la inversión realizada por la empresa Chova del Ecuador S.A., ha sido aprovechada y en cuánto tiempo se estima su recuperación.

### 6.2.1. INVERSIÓN

**Tabla 55.**

##### Detalle de la Inversión realizada por Chova del Ecuador S.A.

INVERSIÓN	\$
<b>COSTOS TOTALES DEL PROYECTO</b>	<b>170063.66</b>

## **6.2.2. BENEFICIO**

Para el análisis de los beneficios del presente proyecto se toma en consideración los siguientes factores:

- A. Satisfacción del crecimiento de la demanda: En la planta de Cashapamba la producción era realizada con un recipiente premezclador. Actualmente, en la nueva planta del Inga, gracias al desarrollo del presente proyecto, se cuenta con un nuevo recipiente premezclador, que sumado al existente en Cashapamba, permite incrementar la capacidad de producción del tren de Laminación a fin de satisfacer el crecimiento de la demanda. Cabe recalcar, que el recipiente antiguo será trasladado de Cashapamba en el segundo trimestre del año 2015 a las instalaciones del Inga.
  
- B. Reducción de la pérdida de producción por paras de mantenimiento: En la planta Cashapamba se contaba con 2 recipientes mezcladores. Con el presente proyecto, se incrementa un recipiente mezclador adicional, lo que permite que al realizar el mantenimiento de los recipientes en mención, la producción pase a reducirse del 50% a únicamente el 33,33%. Los mantenimientos contemplados dentro del Plan de Mantenimiento anual de estos equipos, tardan aproximadamente 15 días y se realizan en dos períodos (Julio y Diciembre), por lo que en global, contemplan un período de 30 días de producción.

### **6.2.2.1. SATISFACCIÓN DEL CRECIMIENTO DE LA DEMANDA**

Para el cálculo, se procede a proyectar los valores de producción comprendidos entre los años 2011-2014. Estos datos se encuentran dados en kilogramos de producción, ya que los volúmenes de ventas, constituyen datos reservados de la empresa. Por esta razón, se selecciona un producto, que se le considerará como estándar, del cual se conoce el precio por metro

cuadrado. Se calcula el precio por kilogramo de producción estándar, teniendo en cuenta el peso del rollo que cuenta con 10 metros cuadrados. El producto a ser analizado es el Imperpol 3000.

**Datos:**

Peso por metro cuadrado: 5 kg

Metros cuadrados por rollo: 10

Precio promedio del rollo: 30 USD

$$\text{Peso total del rollo} = 5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 10\text{m}^2 = 50\text{kg}$$

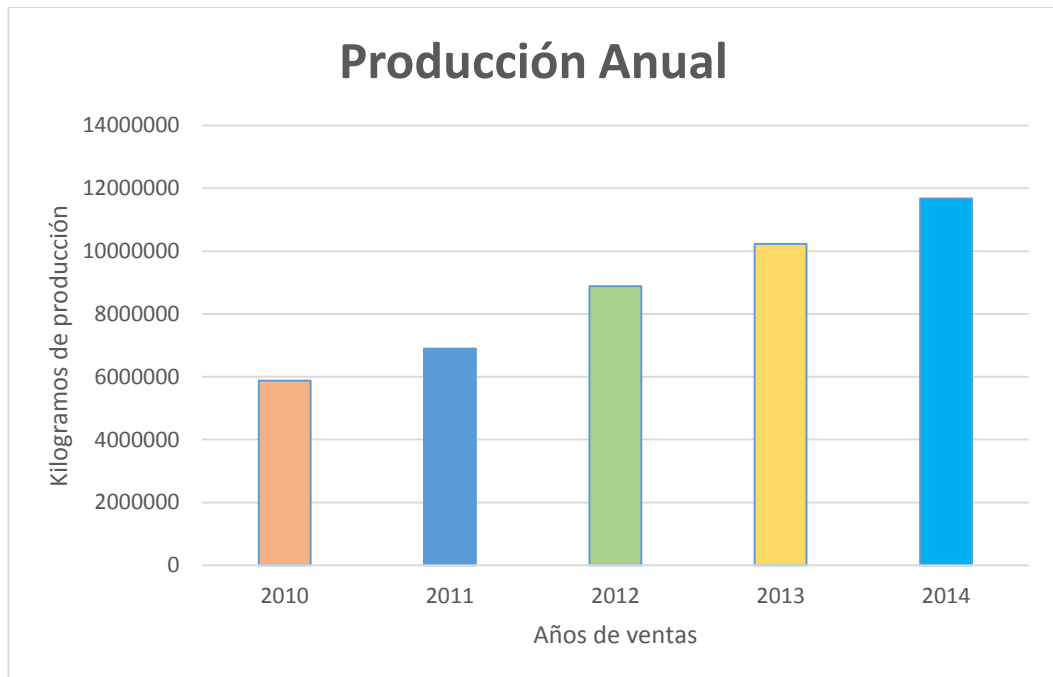
$$\text{Costo por kilogramo estándar} = \frac{30 \text{ USD}}{50 \text{ kg}} = 0.6 \frac{\text{USD}}{\text{kg}}$$

**Tabla 56.**

**Proyección anual de ventas**

Año de producción	Kilogramos Estimados	Estimado anual de ventas en relación al producto estándar (\$)
2010	5881752	3529051
2011	6896110	4137666
2012	8889275	5333565
2013	10229902	6137941
2014	11679285	7007571
2015	13128669	7877201

**Fuente: Chova del Ecuador S.A.**



**Figura 181. Producción anual de Chova del Ecuador**

**Tabla 57.**

**Ganancias estimadas por producción y ventas**

<b>INGRESOS</b>	<b>GANANCIAS ESTIMADAS (\$)</b>	<b>7877201</b>
<b>EGRESOS</b>	50% COSTOS DE PRODUCCIÓN (MATERIALES Y MANO DE OBRA)	3938600.6
	5% GASTOS ADMINISTRATIVOS Y DE VENTAS	393860.06
	<b>GANANCIA BRUTA ANUAL (\$)</b>	<b>3544740.54</b>
	<b>GANANCIA BRUTA MENSUAL (\$)</b>	<b>295395.05</b>

### 6.2.2.2. REDUCCIÓN DE LA PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN POR PARAS DE MANTENIMIENTO

Como anteriormente se explicó, durante 30 días al año aproximadamente, se produce con el 50% de la capacidad de la planta, ya que se realiza el mantenimiento de los tanques mezcladores (uno por período de mantenimiento). Por esta razón se puede considerar que antes del desarrollo del proyecto, se perdía el equivalente al 50% de un mes de producción. Con la puesta en marcha de las mejoras y la adición de un recipiente mezclador únicamente se pierde el 33,33% durante las paras por mantenimiento:

**Tabla 58.**

#### Ganancia proyectada por ahorro de mantenimiento

PORCENTAJES	VALOR EN USD
50%	147697.52
33.33%	97480.36
<b>AHORRO</b>	<b>50217.16</b>

A continuación se procede a proyectar el flujo de caja proyectado a 10 años, el mismo que permite ver en cuanto tiempo se recupera la inversión.

### 6.2.3. ÍNDICES ECONÓMICOS / FINANCIEROS DEL PROYECTO

**Tabla 59.**

#### Flujo de caja proyectado a 10 años

Mes	Inversión	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
<b>Egresos</b>	<b>-170063.7</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ingresos</b>	<b>0</b>	<b>50,217</b>	50,217	50,217	50,217	50,217	50,217	50,217	50,217	50,217	50,217
<b>Saldo</b>	<b>-170,064</b>	50,217	50,217	50,217	50,217	50,217	50,217	50,217	50,217	50,217	50,217
<b>Saldo Acumulado</b>	<b>-170,064</b>	-119,847	-69,629	-19,412	30,805	81,022	131,239	181,456	231,674	281,891	332,108

#### 6.2.3.1. VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Es un método de valoración de inversiones que se define como la diferencia entre el valor actualizado de los cobros y los pagos originados por una inversión. Es aquel que proporciona una medida de la rentabilidad del proyecto.

El VAN para este proyecto corresponde a \$113674, es decir que el proyecto representa una buena inversión para la institución y satisface con un valor superior a cero la tasa de descuento.

#### 6.2.3.2. TASA INTERNA DE RETORNO (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.

El TIR para este proyecto corresponde al valor positivo de 27%, es decir que la inversión realizada generará ganancias superiores a la rentabilidad esperada.

### 6.2.3.3. FACTOR BENEFICIO- COSTO (B/C)

La relación Beneficio/Costo es el cociente de dividir el valor actualizado de los beneficios del proyecto (ingresos) entre el valor actualizado de los costos (egresos) a una tasa de actualización o tasa de evaluación.

El valor encontrado para este proyecto corresponde al factor de 1.87. Se puede afirmar que el proyecto justifica su ejecución, obteniendo \$1,87 por cada \$1 invertido.

### 6.2.3.4. TASA DE RECUPERACIÓN

La tasa de recuperación es el tiempo en que se recuperará el presente proyecto, basado en la proyección del flujo de caja.

La tasa de recuperación del presente proyecto es 3.39 años, lo que implica que en aproximadamente tres años y medio el proyecto habrá recuperado totalmente la inversión inicial.

#### Tabla 60.

#### Resumen de Índices económicos / financieros del proyecto

ÍNDICES	
V.A.N.=	113,674
T.I.R. =	27%
B/C. =	1.87
T. Recuperación =	3.39
Tasa Descuento =	12%





## CAPÍTULO VII

### 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1. CONCLUSIONES

- El diseño, construcción e implementación de las estaciones de premezclado y mezclado de asfalto modificado se realizó de forma satisfactoria, cumpliendo con los requerimientos (control de calidad del producto) y parámetros establecidos en la elaboración (tiempo de producción) del bitumen utilizado en la impregnación de láminas impermeabilizantes.
- En el diseño de las estaciones se consideraron las mejores alternativas, teniendo en consideración factores como: requisitos de diseño, costos, disposición en el mercado, facilidad de mantenimiento y la posibilidad de modificación futura y adaptabilidad de las respectivas estaciones. En dicho proyecto se necesitaron plasmar los conocimientos de varias áreas de la energía y mecánica tales como: Mecánica de fluidos, Reología, Mecánica de Materiales, Estructura Metálicas, Diseño Mecánico, Diseño de Elementos Mecánicos, Sistemas CAD-CAM, Diseño y Evaluación de Proyectos, entre otras, lo que permite aseverar que en el presente proyecto se aplicaron los conocimientos adquiridos en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE de una manera multidisciplinaria.
- El prediseño del recipiente premezclador fue realizado tomando en consideración la capacidad de 5500 litros que la producción requiere, permitiendo la elaboración de asfalto polimerizado. Posteriormente los planos fueron enviados a la empresa ACINDEC, encargada de la revisión y corrección de planos y de la construcción del respectivo recipiente.
- La estructura de la estación de premezcla, diseñada por los tesisistas y construida dentro de la empresa, tiene la capacidad de soportar dos recipientes premezcladores de 10 toneladas (llenos)

cada uno, además cuenta con dos zonas de carga, pasamanos y andenes de acceso a los recipientes para facilitar la movilización de los operadores. El factor de seguridad de la estructura es de 1.45

- La estructura de acceso a la estación de mezclado fue diseñada y construida de manera que sea completamente desmontable para facilitar el mantenimiento de los recipientes mezcladores. La estructura cuenta con piso antideslizante, pasamanos de seguridad y una pequeña zona de carga en caso de que el sistema tornillo sin fin detenga su funcionamiento. La estructura presenta un factor de seguridad de 1.7
- El sistema de redes de tuberías permite abastecer de asfalto AC-20, asfalto polimerizado y asfalto modificado a los equipos que requieren estos fluidos. Las bombas que forman parte del sistema de tuberías fueron seleccionadas e instaladas de manera que se evite el sobredimensionamiento excesivo.
- El sistema térmico instalado permite el control de flujo de aceite térmico en todos los equipos y tuberías que demanden este fluido. Esto permite garantizar el ahorro energético, ya que no se pierde energía calórica en segmentos o puntos que no necesitan mantener una temperatura alta.
- El proyecto cumple con la capacidad de producción requerida, permitiendo que la línea de laminación cuente con un flujo continuo de asfalto modificado durante toda la producción.
- El producto final de este proyecto fue elaborado en la primera producción de la nueva planta y cumplió con todos los estándares de calidad que un producto Chova del Ecuador S.A. requiere.
- El costo total o la inversión del proyecto es de 170063 dólares y la tasa de recuperación de la inversión realizada indica un periodo de 3.39 años (41 meses aproximadamente), además el proyecto tiene un factor costo/ beneficio de 1.87 lo que justifica su ejecución ya que se obtiene \$1.87 por cada \$1 invertido.

## 7.2. RECOMENDACIONES

- Para la puesta en marcha de las estaciones es necesario un profundo conocimiento del sistema que ha sido especificado en el diagrama de tuberías e instrumentación, para manipular correctamente las válvulas y accesorios de productos asfálticos y evitar fallas o daños en los equipos.
- A fin de evitar pérdidas energéticas en la tubería y equipos se recomienda aislar todas las tuberías y equipos (mezclador, balsa de saturación y balsa de impregnación), para que de este modo no se disipe energía calórica en el ambiente y se aproveche completamente el calor generado por el caldero.
- Se debe considerar la instalación del molino trigonal, ubicado en la planta de Cashapamba, ya que esto permitiría reducir el tiempo de dispersión en la estación de premezclado a la mitad.
- Instalar el filtro MK-2000 para garantizar la limpieza del asfalto polimerizado que ingresa a los tanques mezcladores, evitando así futuros fallos por calidad en el asfalto modificado.
- Para mejorar el consumo de energía es necesario que los trabajadores y operadores comprendan adecuadamente el plano Diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID), ya que ahí se detalla las válvulas de control de flujo del aceite térmico.
- La adquisición de un nuevo caldero (consta dentro de la planificación futura de la empresa), requiere de una comprensión meticulosa de las conexiones adecuadas en el plano P&ID para garantizar que dentro de la red de tubería exista el flujo adecuado y correcto.

## BIBLIOGRAFÍA

Ahmsa. (s.f.). *Esfuerzos Permisibles y resistencias de diseño*. Obtenido de Manual de Diseño para la Construcción con acero: [http://www.ahmsa.com/Acero/Complem/Manual\\_Construccion\\_2013/Capitulo\\_2b.pdf](http://www.ahmsa.com/Acero/Complem/Manual_Construccion_2013/Capitulo_2b.pdf)

Archivos ASME . (2010). *Normas ASME en Castellano*. Obtenido de <http://files.asme.org/Catalog/Codes/PrintBook/34364.pdf>

ASME. (2010). *Norma ASME B31.3*.

ASME. (2010). *NORMA B31*. ASME.

ASME. (s.f.). *Jacketed Piping Issues*. Obtenido de <http://pipingdesigners.info/jacketed-piping-design/>

Bloch, H. P. (1998). *Process Plant Machinery*. United States of America: Butterworth- Heinemann.

CALTEX LUBRICANTS. (2012). *TEXATHERM 46*. Obtenido de <http://www.caltex.com.au/FPL%20PDS/Texatherm.pdf>

Cengel, Y. (2010). *Transferencia de Calor Fundamentos* .

CHOVA DEL ECUADOR S.A. (2014). *Tabla de parámetros para proceso de preparación y laminación*. Quito.

Chova del Ecuador S.A. (s.f.). *Caso de Éxito - Sistema de Gestión de Calidad*. Obtenido de Universidad Andina Simón Bolívar: [http://www.uasb.edu.ec/UserFiles/381/File/CALIDAD\\_CHOVA\(1\).pdf](http://www.uasb.edu.ec/UserFiles/381/File/CALIDAD_CHOVA(1).pdf)

Crespo, P. (2013). Diseño, construcción e implementación de un sistema automatizado de calentamiento de agua mediante aceite térmico para la empresa CHOVA DEL ECUADOR S.A.

CRP. (2014). <http://www.crp.co.uk/piping.aspx?page=332>. Obtenido de <http://www.crp.co.uk/piping.aspx?page=332>

DIPAC. (2011). *Catálogo de Productos*. Quito: DIPAC.

Emulsin. (2014). *Ficha técnica Asfalto AC-20*. Obtenido de <http://www.emulsin.com.mx/pdf/AC-20.pdf>

EuroBitumen. (2014). *What is Bitumen?* Obtenido de <http://www.eurobitume.eu/bitumen/what-bitumen>

FENERCOM. (2014). *Calderas Industriales eficientes*. Obtenido de <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-basica-calderas-industriales-eficientes-fenercom-2013.pdf>

IMPTEK. (2014). *Historia y Evolución de Chova del Ecuador S.A.* Obtenido de IMPTEK: <http://www.imptek.com/index.php/historia>

Invest Northern Ireland. (Marzo de 2010). *Technical Investigation into Thermal Oil Technology*. Obtenido de <http://secure.investni.com/static/library/invest-ni/documents/thermal-oil-technology-technical-investigation-report-sd-march-2010.pdf>

Joe Evans, P. (September de 2009). *Positive Displacement Pumps (Part One): Reciprocating Pumps*. Obtenido de Pumps and Systems:

<http://www.pumpsandsystems.com/topics/pumps/reciprocating-pumps/positive-displacement-pumps-part-one-reciprocating-pumps?page=2>

Joe Evans, P. (Octubre de 2009). *Positive Displacement Pumps (Part Two): Rotary Pumps*. Obtenido de Pumps and Systems: <http://www.pumpsandsystems.com/topics/pumps/rotary-pumps/positive-displacement-pumps-part-two-rotary-pumps?page=2>

Karassik, I. J. (1997). *Special Effect Pumps*. Springer US.

Khalil, E. E. (s.f.). *Types and Performance of Pumps and Compressors*. Cairo: Cairo University. Obtenido de Cairo University.

LG CHEM. (2013). SBS. Obtenido de LG CHEM: <http://www.lgchem.com/global/rubber-resin/sbs-styrene-butadiene-styrene>

McNaughton, K. (1989). *Bombas: Selección, Uso y Mantenimiento*. México: Mc Graw-Hill.

Megyesy, E. (2001). *Pressure Vessel Handbook*.

Naveda, V. (Junio de 2013). *El sector de la construcción, Ecuador, Colombia y Perú*. Obtenido de CLAVE!: [http://www.clave.com.ec/956-El\\_sector\\_de\\_la\\_construcci%C3%B3n\\_Ecuador\\_Colombia\\_y\\_Per%C3%BA.html](http://www.clave.com.ec/956-El_sector_de_la_construcci%C3%B3n_Ecuador_Colombia_y_Per%C3%BA.html)

Nayyar, M. (2000). *Piping Handbook*. New York: Mc Graw-Hill.

Nesbitt, B. (2006). *Handbook of Pumps and Pumping*. Great Britain: Elsevier.

Pump School. (2007). *When to use a positive displacement pump*. Obtenido de Pump School: <http://www.pumpschool.com/intro/pd%20vs%20centrif.pdf>

Pump School. (2014). *External Gear Pumps*. Obtenido de Pump School: <http://www.pumpschool.com/principles/external.asp>

Pump School. (2014). *Internal Gear Pumps*. Obtenido de Pump School: <http://www.pumpschool.com/principles/internal.asp>

Sahu, G. K. (2000). *Pumps: Rotodynamic and Positive Displacement Types (Theory, Design and Applications)*. New Dehli: New Age.

TEXACO. (2004). *TEXACO TEXATHERM 46*. Obtenido de <http://www.mercantiloccidental.com/pdf/TEXATHERM.pdf>

Thermal Engineering. (2014). *Calentadores y sistema de fluido térmico*. Obtenido de [http://www.thermal.cl/prontus\\_thermal/site/artic/20110602/asocfile/20110602102250/articulo\\_calentador\\_y\\_sistemas\\_de\\_fluido\\_termico\\_a.pdf](http://www.thermal.cl/prontus_thermal/site/artic/20110602/asocfile/20110602102250/articulo_calentador_y_sistemas_de_fluido_termico_a.pdf)

Tuberías VISA. (s.f.). *Bridas*. Obtenido de [http://www.tuberiasvisa.com.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=71&Itemid=73](http://www.tuberiasvisa.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=71&Itemid=73)



Viessmann. (s.f.). *Guía de Calderas Industriales Eficientes*. Obtenido de FENERCOM: [http://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/13-01-23\\_Jornada%20calderas%20industriales/02-Tipologia-de-calderas-VIESSMANN-fenercom-2013](http://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/13-01-23_Jornada%20calderas%20industriales/02-Tipologia-de-calderas-VIESSMANN-fenercom-2013)

Villavicencio, A. (2010). *Apuntes de Diseño Mecánico*. Quito.

Zubicaray, M. V. (2004). *Bombas: Teoría, Diseño y Aplicaciones*. México: Limusa.

**ANEXOS**